

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**

**PROYECTO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERÍA**

**LEVANTAMIENTO Y REESTRUCTURACIÓN DE LA RED
ANALÓGICA DE RADIOCOMUNICACIONES DE LA ESPE Y
PROPUESTA DE MIGRACIÓN A LA RADIO DIGITAL CON
PRUEBAS Y APLICACIONES**

PABLO ALEJANDRO ANDRADE VILLAFUERTE

DARIO JAVIER TIPÁN OSCULLO

SANGOLQUÍ – ECUADOR

2012

Declaración de Responsabilidad

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

**PABLO ALEJANDRO ANDRADE VILLAFUERTE
DARIO JAVIER TIPAN OSCULLO**

DECLARO QUE:

El proyecto de grado denominado “Levantamiento y reestructuración de la Red Analógica de Radiocomunicaciones de la ESPE y propuesta de migración a la Radio Digital con pruebas y aplicaciones”, ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan al pie, de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de mi autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Sangolquí, 20 de Septiembre de 2012

Pablo Alejandro Andrade Villafuerte

Darío Javier Tipán Oscullo

Autorización de publicación

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

AUTORIZACIÓN

Nosotros, Pablo Alejandro Andrade Villafuerte & Darío Javier Tipán Oscullo

Autorizo a la Escuela Politécnica del Ejército la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución del trabajo “Levantamiento y reestructuración de la Red Analógica de Radiocomunicaciones de la ESPE y propuesta de migración a la Radio Digital con pruebas y aplicaciones”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría

Sangolquí, 20 de Septiembre de 2012

Pablo Alejandro Andrade Villafuerte

Darío Javier Tipán Oscullo

Certificado de tutoría

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

CERTIFICADO

Ing. Flavio Pineda Msc
Ing. Derlin Morocho

CERTIFICAN

Que el trabajo titulado “Levantamiento y reestructuración de la Red Analógica de Radiocomunicaciones de la ESPE y propuesta de migración a la Radio Digital con pruebas y aplicaciones”, realizado por Pablo Alejandro Andrade Villafuerte & Darío Javier Tipán Oscullo, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Escuela Politécnica del Ejército.

Debido a que se trata de un trabajo de investigación recomiendan su publicación.

El mencionado trabajo consta de un documento empastado y un disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat (pdf). Autorizan a Pablo Alejandro Andrade Villafuerte & Darío Javier Tipán Oscullo que lo entregue al Coronel Edwin Chávez, en su calidad de Coordinador de la Carrera.

Sangolquí, 20 de Septiembre de 2012

Ing. Flavio Pineda Msc
DIRECTOR

Ing. Derlin Morocho
CODIRECTOR

RESUMEN

En el presente proyecto de grado se propuso el Levantamiento, Reestructuración de la Red Analógica de Radiocomunicaciones de la ESPE y su propuesta de migración a la Radio Digital, centrándose básicamente en el estudio de los requerimientos de comunicación de datos para todas las sedes de la ESPE.

Se procedió al levantamiento de la red analógica de la ESPE, al realizar inspecciones en las distintas sedes y lugares donde la ESPE cuenta con equipos e infraestructura de radiocomunicaciones. Después, se procede a presentar un análisis de la situación actual de la red donde se determinan los parámetros técnicos y diagramas de cobertura, para posteriormente, realizar la reestructura de la red, donde se determino nuevos grupos de trabajo y asignación de tonos, e instalación de equipos de radio en puntos prioritarios para la ESPE.

Además, se realizó el diseño de la red digital de radiocomunicaciones de la ESPE, la cual integra a todas las sedes que se encuentran en Quito, Sangolquí, Latacunga y Santo Domingo; en donde se realiza un estudio técnico de cada uno de los puntos que conformarán los nuevos enlaces, diseño de cada radio enlace, cálculos radioeléctricos, diagrama de red y de cobertura.

Se realizó también el dimensionamiento de la infraestructura total requerida para los nuevos enlaces, presentando un listado de varios fabricantes de equipos, con el propósito de escoger las soluciones más rentables. También se presentan los resultados y análisis de las pruebas sobre las aplicaciones de la tecnología digital realizadas en la ESPE Matriz.

Y finalmente, se elabora un análisis económico de la propuesta técnica para la migración de la red de radiocomunicaciones a la radio digital considerando todos los elementos necesarios para su implementación: costos de equipos, costos de infraestructura y costos adicionales para la instalación y puesta en marcha de la propuesta.

DEDICATORIA

A DIOS por realizar su voluntad durante todo el transcurso de mi vida.

A mis abuelitos, Juan y Alfonso, a quienes no tuve el gusto de conocerles pero por relatos de mis familiares y amigos de la familia, se que fueron personas trabajadoras y humildes.

A mis abuelitas, Mercedes y Rosario, con quienes si tuve el gusto de compartir ciertos años de mi vida y comprendí el significado de un abrazo sincero y con mucho cariño.

A mis padres, Jaime Darío y Pilar, y a mi hermanita Liz por ser las personas que me dan un consejo y una critica para ser un mejor ser humano, por los sacrificios realizados para que yo pueda culminar esta etapa de mi vida, por compartir mis alegrías y ser ese apoyo incondicional en los momentos más críticos de mi vida.

A Edilma, Lucita, Carmita y Mirian, quienes a más de ser amigas de la familia, se han convertido en parte de la misma, con sus consejos y criticas, siempre buscando el bienestar y el progreso de mi hermana y el mío, como si fuéramos sus propios hijos.

A David Erraez, quien fue como un hermano por todo lo que vivimos y a pesar de que ahora esta en la compañía de DIOS, su recuerdo siempre esta presente.

Darío Javier Tipán Oscullo

A DIOS por bendecirme en cada uno de los aspectos de mi vida y porque su voluntad fue y ha sido siempre para mi bienestar.

A mis padres, Hugo Andrade y Eugenia Villafuerte, por estar a mi lado siempre brindándome su apoyo para sobresalir de cualquier adversidad y cumplir mis sueños; a mi madre por su amor incondicional y velar siempre por el bienestar mío y el de toda mi familia; a mi padre por su paciencia y dedicar su esfuerzo de vida para hacer de mis hermanos y de mi personas triunfadoras y de bien.

A mis hermanos, Santiago y Lucía por su apoyo incondicional, a mi hermana por darme fuerzas ante cualquier problema y a mi hermano por brindarme sus consejos y ejemplo de perseverancia y actitud frente a la vida.

A todos mis familiares por acogerme siempre con felicidad; a mis abuelitos, Bolívar y Aidé, por su apoyo constante y por habernos regalado la bendición de tener una madre bella en todo sentido; a mis abuelitos, Luis y Zoila, por velar por el bienestar mío y el de mi familia desde el cielo, y de igual forma por habernos dado un padre excepcional en todo sentido.

A mi ser amado, Melina Andrade, por ser mi confidente, mi mejor amiga y mi compañera en cada uno de mis pasos; por estar siempre junto a mí para brindarme su amor sincero y consejos para ser cada día un mejor ser humano.

A todos y cada uno de ustedes va dedicado este proyecto de tesis y todo el trabajo y esfuerzo que requirió su realización.

Pablo Alejandro Andrade Villafuerte

AGRADECIMIENTO

En primer lugar agradezco a DIOS, por ser ese amigo que nunca falla y a la Virgencita María por darme una mente y un corazón para luchar por todos los objetivos que me he planteado y que me faltan por cumplir en mi vida.

A mi familia por ser esas personas que siempre me desean lo mejor de todo corazón.

A Grupo Maxi, en especial al Ing. Marco Guevara y a mi futuro colega Daniel Guevara por apoyarnos y facilitarnos todo lo que necesitamos durante la elaboración de la tesis.

A mis amigos Geovanny Ashqui y Gino Gavilanes por comprender que mi pasión es el fútbol y permitirme escaparme de los proyectos.

A mis panas de la infancia y del equipo Crazy Eggs, que gracias a ellos comprendí el verdadero significado de la palabra amistad y por todos los momentos de alegrías y tristezas que con ellos viví.

A mi director, Ing. Flavio Pineda y codirector Ing. Derlin Morocho por sabernos guiar con paciencia durante la elaboración de la tesis.

A la Escuela Politécnica del Ejército, porque sus aulas fueron testigos de una y mil vivencias de una etapa de mi vida.

A todos mis compañeros y compañeras de la universidad, quienes fueron protagonistas de múltiples vivencias, gracias por ser parte de esta etapa de mi vida.

Darío Javier Tipán Oscullo

Gracias a ti mi DIOS por permitirme cumplir una más de mis metas, por bendecirme para cada vez llegar más alto. Gracias por hacer realidad este anhelo, y porque sé que siempre vas a estar junto a mí.

A toda mi familia por su apoyo constante en cada uno de los momentos de mi vida, por su paciencia, sinceridad, educación y sobre todo por el amor que me han sabido brindar. Los Adoro GRACIAS.

A mi muñequita bella, que es una bendición más que Dios me ha dado para hacer que mis anhelos tengan sentido, un motivo más para ser siempre el mejor en todo; y lograr triunfar en cada aspecto para nuestra plena felicidad.

A la Escuela Politécnica del Ejército por darme la oportunidad de formarme y ser un profesional; y de igual forma a cada uno de los profesores de toda mi carrera, porque todos ellos han aportado con un granito de arena para mi educación.

A mi director, Ing. Flavio Pineda y codirector Ing. Derlin Morocho por ayudarnos y guiarnos en el desenvolvimiento de todo el proyecto de tesis.

A todos aquellos que han sabido tenderme su mano para brindarme su amistad durante toda mi carrera y en si en toda mi vida; en especial a la persona quien fue el primer amigo en mi nueva universidad, Carlos Ojeda , quién aunque ahora no está presente yo se que desde el cielo estará orando por mí, y feliz al recibir este agradecimiento. GRACIAS AMIGOS.

Son muchas las personas que han formado parte de mi vida a las que me encantaría agradecerles su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de mi vida. Algunas están aquí conmigo y otras en mis recuerdos y en mi corazón, sin importar en donde estén quiero darles las gracias por formar parte de mí,

Pablo Alejandro Andrade Villafuerte

PRÓLOGO

La razón del desarrollo de este proyecto es para verificar teórica y prácticamente las ventajas que la tecnología digital brinda en las radiocomunicaciones frente a los sistemas análogos que se encuentran actualmente operativos con equipos e infraestructura de la ESPE.

Con este proyecto se pretende detallar toda la información referente a la red análoga de radiocomunicaciones de la ESPE, de la misma forma se detalla la propuesta para la migración a la tecnología digital con las respectivas pruebas y aplicaciones. Para el desarrollo del presente proyecto se ha dividido en capítulos de la siguiente forma:

Capítulo I

Se recalca la importancia de los sistemas analógicos y digitales de radiocomunicaciones en el ámbito actual, así como los estándares vigentes.

Capítulo II

Se realizará un análisis de la situación actual de la red analógica de radiocomunicaciones de la ESPE.

Capítulo III

Se establecerá nuevos grupos de trabajo con asignación de tonos para ubicar radios bases en puntos prioritarios para la ESPE.

Capítulo IV

Se explicara a detalle el diseño de la red digital de radiocomunicaciones. También se realizarán pruebas de las aplicaciones que la tecnología digital ofrece.

Capítulo V

Se realizará un estudio económico para establecer los costos que tendría la implementación del proyecto.

Capítulo VI

Se realizará un análisis de los resultados obtenidos de las pruebas de las aplicaciones de la radio digital.

Capítulo VI

Este capítulo contemplará las conclusiones y recomendaciones.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN	V
DEDICATORIA	VI
AGRADECIMIENTO	VIII
PRÓLOGO.....	X
ÍNDICE DE CONTENIDO	XII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XVII
ÍNDICE DE TABLAS	XXV
ÍNDICE DE ECUACIONES	XXXII
GLOSARIO	XXXIII

CAPÍTULO I

1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.1.1. Antecedentes	1
1.1.2. Justificación e Importancia	2
1.1.3. Alcance	3
1.1.4. Objetivos	4
1.1.4.1 General.....	4
1.1.4.2 Específicos	4
1.2 SISTEMAS DE RADIOCOMUNICACIONES	5
1.2.1. Transición Tecnológica de las radiocomunicaciones	5
1.2.1.1 Modulación Analógica.....	10
1.2.1.2 Modulación Digital	13
1.2.1.3 Ventajas de la comunicación Digital respecto a la Analógica.....	17

1.2.1.4 Desventajas de la comunicación Digital	17
1.2.2. Aplicaciones de la tecnología digital	17
1.2.2.1 Radiolocalización.....	17
1.3 ESTÁNDARES DE SISTEMAS DE RADIOCOMUNICACIONES.....	20
1.3.1 Estándares de Sistemas Analógicos.....	20
1.3.1.1 Estándar LTR.....	20
1.3.1.2 Estándar MPT1327.....	21
1.3.2 Estándares de Sistemas Digitales.....	21
1.3.2.1 Estándar APCO-25.....	21
1.3.2.2 Estándar TETRA.....	21
1.3.3 Situación actual en el Ecuador referente a los estándares vigentes	22
1.3.3.1 Referencia del estándar análogo utilizado en el Ecuador	22
1.3.3.2 Referencia del estándar digital utilizado en el Ecuador	24
1.3.3.3 Radiodifusión.....	27

CAPÍTULO II

2.1 ANÁLISIS DEL ESTADO ACTUAL DE LA RED DE RADIOCOMUNICACIONES VHF DE LA ESPE.....	28
2.1.1 Topología.....	29
2.1.2 Estructura de Grupos de Trabajo	30
2.1.3 Equipos que integran el sistema.....	32
2.1.4 Análisis de cobertura del sistema actual	34
2.1.4.1 Software Radio Mobile	34
2.1.4.2 Medición de los Niveles de Potencia mediante la utilización del Analizador de Espectros Anritsu.....	39

2.2 REVISIÓN DE EQUIPOS QUE CONFORMAN EL SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIÓN	50
2.2.1 Determinación de parámetros técnicos del sistema actual.....	50

CAPÍTULO III

3.1 REVISIÓN DE LOS PARÁMETROS TÉCNICOS DE LOS EQUIPOS	67
3.1.1 Revisión de las bajadas de antenas de las estaciones instaladas	67
3.1.2 Revisión de las radios portátiles	80
3.2 INSTALACIÓN DE RADIOS BASES EN PUNTOS PRIORITARIOS PARA LA ESPE.	83
3.3 DETERMINACIÓN GRUPOS DE TRABAJO Y ASIGNACIÓN DE TONOS	92
3.4 ASIGNACIÓN DE NOMINATIVOS A LOS USUARIOS DEL SISTEMA	94
3.5 REPROGRAMACIÓN DE LOS EQUIPOS CON LOS NUEVOS GRUPOS DE TRABAJO Y LAS NUEVAS FRECUENCIAS ASIGNADAS	95
3.6 PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA.....	101
3.6.1 Pruebas de conectividad entre la estación base y las distintas sedes	101
3.6.2 Pruebas de operación de la programación de los grupos de trabajo en los equipos de radio	105

CAPÍTULO IV

4.1 RECONOCIMIENTO DE PUNTOS DE REPETICIÓN Y DETERMINACIÓN DE COORDENADAS.....	126
4.2 DETERMINACIÓN DE LOS SECTORES A CUBRIRSE CON EL SISTEMA	127

4.3 DISEÑO DE LA RED DE RADIOCOMUNICACIONES DIGITAL.....	131
4.4 DETERMINACIÓN DE LOS EQUIPOS A EMPLEARSE.	203
4.5 SIMULACIÓN DE LAS ÁREAS DE COBERTURA.....	215
4.6 ESQUEMA DE DIRECCIONAMIENTO IP PARA LA RED DIGITAL DE RADIOCOMUNICACIONES.....	219
4.7 PRUEBAS DE CAMPO.	226
4.7.1 Localización vehicular con puntos específicos.....	233
4.7.2 Envío de mensajes de texto	245
4.7.3 Almacenamiento de conversaciones e ID deseados.....	252

CAPÍTULO V

5.1 DETERMINACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS GLOBALES DEL PROYECTO	255
5.2 ESTUDIO ECONÓMICO	267
5.2.1 Análisis de propuestas.....	269
5.2.2 Selección de la mejor propuesta	274

CAPÍTULO VI

6.1 ANÁLISIS DE LAS PRUEBAS DE CAMPO Y LOCALIZACIÓN VEHICULAR	283
6.1.1 Transmisión de datos por solicitud	283
6.1.2 Tiempo de retardo de los datos de posición.....	285
6.1.3 Tiempo de retardo de los mensajes de texto	287

6.1.4 Exactitud de los datos de posición.....	288
---	-----

CAPÍTULO VII

7.1 CONCLUSIONES	304
7.2 RECOMENDACIONES	306

ANEXOS

Anexo 1. Formularios Técnicos Emitidos por la Senatel-Conatel	310
Anexo 2. Bases Técnicas para el Equipamiento para la Implementación del Sistema de Radiocomunicaciones Digital de la ESPE	315
Anexo 3. Guía de las Pruebas de las Aplicaciones de la Tecnología Digital en las Radiocomunicaciones	318
Anexo 4. Encuestas realizadas a los Oficiales Directivos de la Espe	323

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura. 1. 1. Transición al mundo digital	7
Figura. 1. 2. Elementos de un sistema de radiocomunicaciones analógico.....	10
Figura. 1. 3. Señal Modulada en amplitud.....	11
Figura. 1. 4. Torre de AM Radio CRO 920 KHz	11
Figura. 1. 5. Señal modulada en frecuencia.....	12
Figura. 1. 6. Diagrama de bloques de un sistema de radio digital.....	14
Figura. 1. 7. Modulación ASK.....	14
Figura. 1. 8. Modulación FSK	15
Figura. 1. 9. Modulación PSK	16
Figura. 1. 10. Modulación QAM	16
Figura. 1. 11. Aplicación de la radio digital en el segmento de la seguridad.....	18
Figura. 1. 12. Arquitectura de un sistema de radiolocalización digital para transportes.....	19
Figura. 1. 13. Aplicación de la radio digital en mensajería	19
Figura. 1. 14. Localización de vehículos y personal.....	20
Figura. 1.15. Cantidad de Usuarios por empresa del servicio Troncalizado	23
Figura. 1. 16. Calidad de la señal de voz en función de la distancia para sistemas analógicos y digital	26
Figura. 2. 1. Topología de la Red	29
Figura. 2. 2. Topología de la Red en Radiomobile.....	30
Figura. 2. 3. Grupos de Trabajo en una PRO 7150.....	31
Figura. 2. 4. Cobertura de la Repetidora en Cruz Loma.....	35
Figura. 2. 5. Antena de 4 dipolos de la Repetidora en Cruz Loma	36
Figura. 2. 6. Caseta y Equipo de la Estación Repetidora en Cruz Loma.....	36
Figura. 2. 7. Cobertura utilizando una radio portátil del IASA I	37
Figura. 2. 8. Cobertura utilizando una radio base del IASA I.....	38
Figura. 2. 9. Conexión del Analizador de Espectros al cable de bajada de Antena.....	39
Figura. 2. 10. Conexión del Cable de Prueba Anritsu al Analizador de Espectros	40
Figura. 2. 11. Conexión del Analizador de Espectros en ESPE Matriz.....	40

Figura. 2. 12. Medición del Nivel de Potencia en la ESPE Matriz.....	41
Figura. 2. 13. Conexión del Analizador de Espectros en IASA I.....	42
Figura. 2. 14. Medición del Nivel de Potencia en IASA I.....	42
Figura. 2. 15. Conexión del Analizador de Espectros en Héroes del Cenepa	43
Figura. 2. 16. Medición del Nivel de Potencia en Héroes del Cenepa	43
Figura. 2. 17. Simulación Enlace Cruz Loma-Héroes del Cenepa	44
Figura. 2. 18. Simulación modificando altura de antena de Cruz Loma	45
Figura. 2. 19. Conexión del Analizador de Espectros en Idiomas.....	46
Figura. 2. 20. Medición del Nivel de Potencia en Idiomas.....	46
Figura. 2. 21. Simulación Enlace Cruz Loma-Idiomas	47
Figura. 2. 22. Simulación modificando altura de antena de Cruz Loma	48
Figura. 2. 23. Mapa de Cobertura de la Red VHF de Radiocomunicaciones.....	49
Figura. 2. 24. Configuración de la Radio PRO 7150 Elite	57
Figura. 2. 25. Configuración del Grupo de Trabajo de Seguridad	58
Figura. 2. 26. Configuración del Grupo de Trabajo de Administrativo	59
Figura. 2. 27. Configuración del Grupo de Trabajo de Servicios Universitarios	59
Figura. 2. 28. Configuración del Grupo de UTICS	60
Figura. 2. 29. Configuración del Grupo de Trabajo de Transportes.....	60
Figura. 2. 30. Configuración del Grupo de Trabajo de Biblioteca	61
Figura. 2. 31. Configuración del Grupo de Trabajo de CICTE.....	61
Figura. 2. 32. Configuración estación Repetidora modelo TKR-750E	62
Figura. 2. 33. Antena Omnidireccional ubicada en la Prevención de la ESPE	63
Figura. 2. 34. Antena Omnidireccional ubicada en la Prevención del IASA I	64
Figura. 3. 1. Caseta y Antena de la Repetidora en Cruz Loma.....	68
Figura. 3. 2. Repetidora Kenwood de Cruz Loma.....	68
Figura. 3. 3. Duplexor y Fuente de la Repetidora.....	69
Figura. 3. 4. Bajada de Antena	69
Figura. 3. 5. Conexión Antena	70
Figura. 3. 6. Mantenimiento cinta auto fundente.....	70
Figura. 3. 7. Antena y colaboradores	70
Figura. 3. 8. Radio Motorola GM-300 Prevención Principal ESPE Matriz	71
Figura. 3. 9. Programación Radio Antigua Motorola GM-300 Prevención Principal ESPE Matriz.....	72

Figura. 3. 10. Verificación de conexiones Radio Motorola GM-300 ESPE	73
Figura. 3. 11. Pruebas de Funcionamiento Radio PRO 5100 ESPE Matriz	73
Figura. 3. 12. Grupos de Trabajo Seguridad y Simplex Radio PRO 5100 ESPE Matriz.....	72
Figura. 3. 13. Radio Base PRO 5100 Héroes del Cenepa y Entrada de la bajada de Antena.....	74
Figura. 3. 14. Chequeo de Fuente y revisión de conectores	75
Figura. 3. 15. Mantenimiento de la conexión conector PL-259 y cable Belden.....	75
Figura. 3. 16. Arreglo de Conexión	76
Figura. 3. 17. Sistema en funcionamiento	76
Figura. 3. 18. Programación de la radio PRO 5100 Prevención Sede Héroes del Cenepa	77
Figura. 3. 19. Mantenimiento bajada de antena.....	78
Figura. 3. 20. Radio PRO 3100 antigua.....	78
Figura. 3. 21. Programación radio PRO 3100	78
Figura. 3. 22. Radio PRO 5100 instalada y funcionando	79
Figura. 3. 23. Prevención ESPE Idiomas.....	79
Figura. 3. 24. Radio Motorola M208.....	80
Figura. 3. 25. Programación de la radio M208 Prevención Sede Idiomas	80
Figura. 3. 26. Ajuste de conexión entre conector PL-259 y cable Belden	81
Figura. 3. 27. Radio PRO 5100 instalada en la prevención ESPE Idiomas	81
Figura. 3. 28. Programación Radios Portátiles Grupo Seguridad.....	82
Figura. 3. 29. Programación Radios Portátiles Grupo Administrativo.....	82
Figura. 3. 30. Programación Radios Portátiles Grupo Servicios Universitarios	82
Figura. 3. 31. Programación Radios Portátiles Grupo UTICs	83
Figura. 3. 32. Programación Radios Portátiles Grupo Transportes	83
Figura. 3. 33. Programación Radios Portátiles Grupo Biblioteca.....	83
Figura. 3. 34. Programación Radios Portátiles Grupo CICTE	84
Figura. 3. 35. Ubicación en Google Maps Prevención Principal y Posterior	84
Figura. 3. 36. Prevención Principal ESPE Matriz	85
Figura. 3. 37. Prevención Posterior- Retén.....	86
Figura. 3. 38. Ubicación en Google Maps Prevención Héroes del Cenepa.....	87
Figura. 3. 39. Prevención Héroes del Cenepa.....	88

Figura. 3. 40. Ubicación en Google Maps Prevención Idiomas	89
Figura. 3. 41. Prevención Idiomas	90
Figura. 3. 42. Ubicación en Google Maps Prevención IASA I	91
Figura. 3. 43. Prevención IASA I	92
Figura. 3. 44. Repetidora Kenwood TKR750 Software y Hardware	96
Figura. 3. 45. Nueva Programación de la Repetidora.....	97
Figura. 3. 46. Programación Grupo de Trabajo Simplex.....	97
Figura. 3. 47. Programación Grupo de Trabajo Seguridad.....	98
Figura. 3. 48. Lista de escaneo	99
Figura. 3. 49. Asignación de Zona a los Grupos de Trabajo	99
Figura. 3. 50. Participantes de la Zona	100
Figura. 3. 51. Programación radio base y radios portátiles ESPE matriz.....	100
Figura. 3. 52. Programación radio base y radios portátiles ESPE Héroes del Cenepa.....	101
Figura. 3. 53. Programación radio base y radios portátiles ESPE Idiomas	101
Figura. 3. 54. Programación radio base y radios portátiles ESPE IASA I	102
Figura. 3. 55. PTT para la realización de pruebas	103
Figura. 3. 56. Escala de Percepción MOS	104
Figura. 3. 57. Prueba de comunicación Grupo SEGURIDAD	104
Figura. 3. 58. Prueba de comunicación Grupo SIMPLEX	105
Figura. 3. 59. Verificación del grupo SEGURIDAD y del canal 1 asignado	107
Figura. 3. 60. Verificación de la transmisión desde la radio portátil a radio base.....	107
Figura. 3. 61. Verificación de transmisión desde la radio base a radio portátil.....	108
Figura. 3. 62. Verificación del grupo SIMPLEX y del canal 2 asignado	108
Figura. 3. 63. Verificación de la transmisión desde la radio portátil a radio base.....	109
Figura. 3. 64. Verificación de transmisión desde la radio base a radio portátil.....	109
Figura. 4. 1. Tabulación del resultado de la pregunta filtro.....	121
Figura 4. 2. Cobertura repetidora Cruz Loma.....	129
Figura 4. 3. Cobertura repetidora Chiguilpe Alto.....	130
Figura 4. 4. Cobertura repetidora Bombolí.....	131
Figura 4. 5. Cobertura repetidora Putzalagua	131
Figura 4. 6. Cobertura repetidora Sumi Loma.....	132
Figura 4. 7. Enlace ESPE Cruz Loma	137
Figura 4. 8. Perfil topográfico enlace ESPE Cruz Loma.....	138

Figura 4. 9. Enlace Idiomas- Cruz Loma.....	143
Figura 4. 10. Perfil topográfico enlace Idiomas Cruz Loma	144
Figura 4. 11 Enlace Héroes- Cruz Loma.	148
Figura 4. 12. Perfil topográfico enlace Héroes del Cenepa -Cruz Loma.....	148
Figura 4. 13. Enlace IASA I- Cruz Loma.....	152
Figura 4. 14. Perfil topográfico enlace IASA I Cruz Loma	152
Figura 4. 15 Enlace IASA II- Chiguilpe Alto.....	156
Figura 4. 16. Perfil topográfico enlace IASA II- Chiguilpe Alto	157
Figura 4. 17. Enlace IASA II- Bombolí.....	161
Figura 4. 18. Perfil topográfico enlace IASA II- Bombolí.....	161
Figura 4. 19. Enlace ESPE Latacunga-Putzalagua	165
Figura 4. 20. Perfil topográfico enlace ESPE Latacunga-Putzalagua	166
Figura 4. 21. Enlace ESPE Latacunga-Sumi Loma.....	169
Figura 4. 22. Perfil topográfico enlace Latacunga-Sumi Loma.....	170
Figura 4. 23. Perfil topográfico y cálculo de parámetros enlace Cruz Loma- Atacazo	180
Figura 4. 24. Perfil topográfico enlace Cruz Loma-Atacazo.....	181
Figura 4. 25. Perfil topográfico y cálculo de parámetros enlace Atacazo- Chiguilpe Alto	184
Figura 4. 26. Perfil topográfico enlace Atacazo-Chiguilpe Alto.....	185
Figura 4. 27. Perfil topográfico y cálculo de parámetros enlace Atacazo- Bombolí	188
Figura 4. 28. Perfil topográfico enlace Atacazo-Bombolí.....	189
Figura 4. 29. Perfil topográfico y cálculo de parámetros enlace Atacazo Sumi Loma.....	192
Figura 4. 30. Perfil topográfico enlace Atacazo-Sumi Loma	193
Figura 4. 31. Perfil topográfico y cálculo de parámetros enlace Atacazo- Putzalagua.....	195
Figura 4. 32. Perfil topográfico enlace Atacazo-Putzalagua	196
Figura 4. 33. Diagrama de torre soportada	208
Figura 4. 34. Sistema de protección eléctrica para una radiobase de telecomunicaciones	209
Figura 4. 35. Señal dBm Repetidor Cruz Loma	216

Figura 4. 36. Cobertura en las sedes de la ESPE con la repetidora Cruz Loma	217
Figura 4. 37. Señal dBm Repetidor Chiguilpe Alto	217
Figura 4. 38. Cobertura en las sedes del IASA II con la repetidora Chiguilpe Alto	218
Figura 4. 39. Señal dBm Repetidor Putzalagua.....	218
Figura 4. 40. Cobertura en las sedes Latacunga con la repetidora Putzalagua.....	219
Figura 4. 41. Esquema de la Red Digital	226
Figura 4. 42. Antena receptora GM158DB9-comunicación digital	228
Figura 4. 43. Radio Base Digital NX-810	229
Figura 4. 44. Fuente de Poder	229
Figura 4. 45. Software FLAV 1.0.....	229
Figura 4. 46. Sala de Control y Monitoreo	230
Figura 4. 47. Radio portátil digital y radio móvil digital para equipar en el vehículo.....	230
Figura 4. 48. Vehículo equipado con sistema de radio digital para las pruebas de campo	231
Figura 4. 49. Conexión de la radio base con el conector de la Antena GPS	231
Figura 4. 50. Verificación de las conexiones en la Sala de Monitoreo y Control	232
Figura 4. 51. Verificación de la programación de los radios digitales	233
Figura 4. 52. Ubicación de unidades – Software Flav 1.0.....	233
Figura 4. 53. Proceso de ubicación correcta de los vehículos en los mapas.....	234
Figura 4. 54. Pruebas de ubicación GPS-comunicación Simplex-Unidad de Transportes.....	235
Figura 4. 55. Recepción de posición GPS de la radio portátil - mapa software Flav	235
Figura 4.56. Pruebas de ubicación GPS – comunicación Simplex – Residencia	236
Figura 4. 57. Recepción de posición GPS de la radio portátil - mapa software Flav.	236
Figura 4. 58. Pruebas de ubicación GPS – comunicación Simplex – Monumento Cruz.....	237
Figura 4. 59. Recepción de posición GPS de la radio portátil - mapa software Flav	237

Figura 4. 60. Pruebas de ubicación GPS – comunicación Simplex – Comedor	238
Figura 4. 61. Recepción de posición GPS de la radio portátil - mapa software Flav	238
Figura 4. 62. Pruebas de ubicación GPS – comunicación Simplex – Parquaderos del bar	239
Figura 4. 63. Recepción de posición GPS de la radio portátil - mapa software Flav	239
Figura 4. 64. Pruebas de ubicación GPS – comunicación Simplex – Prevención.....	240
Figura 4. 65. Recepción de posición GPS de la radio portátil - mapa software Flav	240
Figura 4. 66. Pruebas de ubicación GPS – comunicación mediante repetidora Monumento El Choclo.....	241
Figura 4. 67. Recepción de posición GPS de la radio portátil - mapa software Flav 1.0	242
Figura 4. 68. Pruebas de ubicación GPS – comunicación mediante repetidora – San Luis Shopping.....	242
Figura 4. 69. Recepción de posición GPS de la radio portátil - mapa software Flav	243
Figura 4. 70. Pruebas de ubicación GPS – comunicación mediante repetidora Gasolinera Puma.....	243
Figura 4. 71. Recepción de posición GPS de la radio portátil - mapa software Flav	244
Figura 4. 72. Pruebas de ubicación GPS – comunicación mediante repetidora – Parque Conocioto.....	244
Figura 4. 73. Recepción de posición GPS de la radio portátil - mapa software Flav	245
Figura 4. 74. Pruebas de ubicación GPS – comunicación mediante repetidora – Autopista General Rumiñahui.	245
Figura 4. 75. Recepción de posición GPS de la radio portátil - mapa software Flav	246
Figura 4. 76. Selección de formato de localización y radio para envío de mensajes	247
Figura 4. 77. Programación de Status List para envío de mensajes	247
Figura 4. 78. Selección de mensaje de Status para enviar.....	248

Figura 4. 79. Selección de unidad y llenado de campo de mensaje a enviar.....	248
Figura 4. 80. Envío de mensaje de Status (Llamar a la oficina)– comunicación Simplex	249
Figura 4. 81. Recepción de mensaje de Status (Llamar a la oficina)– comunicación Simplex.....	250
Figura 4. 82. Envío de mensaje no definido – comunicación Simplex	250
Figura 4. 83. Recepción de mensaje no definido – comunicación simplex.....	251
Figura 4. 84. Envío de mensaje de Status – comunicación repetidora	251
Figura 4. 85. Recepción de mensaje de Status (Llamar a la oficina)– comunicación repetidora.....	252
Figura 4. 86. Envío de mensaje no definido – comunicación repetidora	252
Figura 4. 87. Recepción de mensaje no definido – comunicación repetidora	253
Figura 4. 88. Datos capturados de velocidad, posición y hora software Flav 1.0	254
Figura 4. 89. Identificación de la unidad que transmite	254
Figura 4. 90. Finalización de comunicación.....	254
Figura 4. 91. Mensaje de verificación de envío de mensaje.....	254
Figura 4. 92. Recorrido de la unidad monitoreada	255
Figura. 6. 1. Ubicación de la unidad en el sector de Transportes de la ESPE en Flav	291
Figura. 6. 2. Ubicación de la unidad en el sector de Transportes de la ESPE en Google Maps.....	291
Figura. 6. 3. Ubicación de la unidad en la Residencia de la ESPE en Flav.....	292
Figura. 6. 4. Ubicación de la unidad en la Residencia de la ESPE en Google Maps	292
Figura. 6. 5. Ubicación de la unidad en el sector de la Cruz en FLAV 1.0.....	293
Figura. 6. 6. Ubicación de la unidad en el sector de la Cruz en Google Maps.....	293
Figura. 6. 7. Ubicación de la unidad en el sector del Comedor de la ESPE en Flav	294
Figura. 6. 8. Ubicación de la unidad en el sector del Comedor de la ESPE en Google Maps	294
Figura. 6. 9. Ubicación de la unidad en los Parqueaderos del Bar en Flav	295
Figura. 6. 10. Ubicación de la unidad en los Parqueaderos en Google Maps	295
Figura. 6. 11. Ubicación de la unidad en la Prevención en Flav	296

Figura. 6. 12. Ubicación de la unidad en la Prevención en Google Maps.....	296
Figura. 6. 13. Ubicación de la unidad en el Monumento del Choclo en Flav	297
Figura. 6. 14. Ubicación de la unidad en el Monumento del Choclo en Google Maps	297
Figura. 6. 15. Ubicación de la unidad en el San Luis Shopping en FLAV	298
Figura. 6. 16. Ubicación de la unidad en el San Luis Shopping en Google Maps	298
Figura. 6. 17 Ubicación de la unidad en la Gasolinera de Puma en Flav.	299
Figura. 6. 18. Ubicación de la unidad en la Gasolinera de Puma en Google Maps.....	299
Figura. 6. 19. Ubicación de la unidad en el Parque de Conocoto en Flav.	300
Figura. 6. 20. Ubicación de la unidad en el Parque de Conocoto en Google Maps	300
Figura. 6. 21. Ubicación de la unidad cerca al Puente 8 en Flav.....	301
Figura. 6. 22. Ubicación de la unidad cerca al Puente 8 en Google Maps	301

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla. 2. 1. Coordenadas de Cruz Loma y sedes de la ESPE.....	29
Tabla. 2. 2. Grupos de Trabajo	31
Tabla. 2. 3. Equipos que integran la Red Analógica de Radiocomunicaciones	32
Tabla. 2. 4. Tipos de Radios y Usuarios	32
Tabla. 2. 5. Nominativos Usuarios de Radios Portátiles	33
Tabla. 2. 6. Nominativos Usuarios de Radios Base.....	34
Tabla. 2. 7. Niveles de Potencia Recibido de cada Sede	49
Tabla. 2. 8. Características Técnicas Radio PRO-7150 Elite	51
Tabla. 2. 9. Características Técnicas Radio GP-300	52
Tabla. 2. 10. Características Técnicas Radio PRO-3150.....	52
Tabla. 2. 11. Características Técnicas Radio PRO-5150.....	53
Tabla. 2. 12. Características Técnicas Radio PRO-5100.....	54
Tabla. 2. 13. Características Técnicas Radio PRO-3100.....	54
Tabla. 2. 14. Características Técnicas Radio GM-300	55
Tabla. 2. 15. Características Técnicas Radio M-208.....	55
Tabla. 2. 16. Características Técnicas Repetidora TKR-750E	56
Tabla. 2. 17. Parámetros Técnicos Radio PRO 7150	62
Tabla. 2. 18. Parámetros Técnicos de la Repetidora	63
Tabla. 2. 19. Altura y Tipo de Antenas	64
Tabla. 2. 20. Distribución Actual de las Radios Bases y Portátiles.....	65
Tabla. 3. 1. Parámetros Técnicos de la Repetidora.....	71
Tabla. 3. 2. Coordenadas y Requerimientos Prevenciones.....	85
Tabla. 3. 3. Coordenadas y Requerimientos Prevención Héroes del Cenepa	88
Tabla. 3. 4. Coordenadas y Requerimientos Prevención Idiomas	90
Tabla. 3. 5. Coordenadas y Requerimientos Prevención IASA I	92
Tabla. 3. 6. Tonos y Grupos de Trabajo	94
Tabla. 3. 7. Nuevos Nominativos	95
Tabla. 3. 8. Asignación Nuevas Frecuencias	96
Tabla. 3. 9. Prueba del estado de la red, grupo SEGURIDAD.....	105
Tabla. 3. 10. Prueba del estado de la red, grupo SIMPLEX.....	106

Tabla. 4. 1. Lista de directivos seleccionados para ser encuestados	117
Tabla. 4. 2. Tabulación de resultados de las encuestas realizadas.....	120
Tabla. 4. 3. Puntos prioritarios que deben disponer de radios digitales	121
Tabla. 4. 4. Personal que deben disponer de radios portátiles digitales	121
Tabla. 4. 5. Número de usuarios para matriz y sedes en Pichincha.....	124
Tabla. 4. 6. Número de usuarios en sedes ESPE Sto. Domingo y Latacunga.....	125
Tabla. 4. 7. Número de usuarios según el tipo de radio.....	126
Tabla. 4. 8. Bandas de frecuencias Secretaria Nacional de Telecomunicaciones	126
Tabla. 4. 9. Coordenadas de los sitios de repetición.....	128
Tabla. 4. 10. Enlace zona Cruz Loma.....	133
Tabla. 4. 11. Enlace zona Chiguilpe Alto.....	133
Tabla. 4. 12. Enlace zona Bombolí.....	133
Tabla. 4. 13. Enlace zona Putzalagua	134
Tabla. 4. 14. Enlace zona Sumi Loma	134
Tabla. 4. 15. Especificaciones técnicas repetidora	134
Tabla. 4. 16. Especificaciones técnicas radio base	135
Tabla. 4. 17. Especificaciones Técnicas radio portátil	135
Tabla. 4. 18. Especificaciones Técnicas Antena 4 Dipolos.....	136
Tabla. 4. 19. Pérdida espacio libre enlace ESPE – Cruz Loma.....	139
Tabla. 4. 20. Valor PIRE ESPE matriz.....	139
Tabla. 4. 21. Valor de radio de la primera zona de Fresnel.....	140
Tabla. 4. 22. Valor de la altura de despeje.....	141
Tabla. 4. 23. Valor del margen de despeje	141
Tabla. 4. 24. Valor de la PinRX ESPE matriz.....	142
Tabla. 4. 25. Valor del margen de desvanecimiento.....	142
Tabla. 4. 26. Tabla de confiabilidad de un enlace	143
Tabla. 4. 27. Pérdida espacio libre enlace Idiomas – Cruz Loma	144
Tabla. 4. 28. Valor PIRE ESPE Idiomas	145
Tabla. 4. 29. Valor de radio de la primera zona de Fresnel.....	145
Tabla. 4. 30. Valor de la altura de despeje.....	146
Tabla. 4. 31. Valor del margen de despeje	146
Tabla. 4. 32. Valor de la PinRX ESPE Idiomas	147
Tabla. 4. 33. Valor del margen de desvanecimiento.....	147

Tabla. 4. 34. Tabla de confiabilidad de un enlace	147
Tabla. 4. 35. Pérdida espacio libre enlace Héroes del Cenepa – Cruz Loma	149
Tabla. 4. 36. Valor PIRE Héroes del Cenepa	149
Tabla. 4. 37. Valor de radio de la primera zona de Fresnel	150
Tabla. 4. 38. Valor de la altura de despeje.....	150
Tabla. 4. 39. Valor del margen de despeje	150
Tabla. 4. 40. Valor de la PinRX Héroes del Cenepa	151
Tabla. 4. 41. Valor del margen de desvanecimiento	151
Tabla. 4. 42. Tabla de confiabilidad de un enlace	151
Tabla. 4. 43. Pérdida espacio libre enlace IASA I – Cruz Loma.....	153
Tabla. 4. 44. Valor PIRE IASA I.....	153
Tabla. 4. 45. Valor de radio de la primera zona de Fresnel.....	154
Tabla. 4. 46. Valor de la altura de despeje.....	154
Tabla. 4. 47. Valor del margen de despeje	155
Tabla. 4. 48. Valor de la PinRX IASA I.....	155
Tabla. 4. 49. Valor del margen de desvanecimiento	155
Tabla. 4. 50. Tabla de confiabilidad de un enlace	156
Tabla. 4. 51. Pérdida espacio libre enlace IASA II – Chiguilpe Alto.....	157
Tabla. 4. 52. Valor PIRE ESPE IASA II	158
Tabla. 4. 53. Valor de radio de la primera zona de Fresnel.....	158
Tabla. 4. 54. Valor de la altura de despeje.....	159
Tabla. 4. 55. Valor del margen de despeje	159
Tabla. 4. 56. Valor de la PinRX IASA II.....	159
Tabla. 4. 57. Valor del margen de desvanecimiento	160
Tabla. 4. 58. Tabla de confiabilidad de un enlace	160
Tabla. 4. 59. Pérdida espacio libre enlace IASA II - Bombolí	162
Tabla. 4. 60. Valor PIRE ESPE IASA II	162
Tabla. 4. 61. Valor de radio de la primera zona de Fresnel.....	163
Tabla. 4. 62. Valor de la altura de despeje.....	163
Tabla. 4. 63. Valor del margen de despeje	164
Tabla. 4. 64. Valor de la PinRX IASA II.....	164
Tabla. 4. 65. Valor del margen de desvanecimiento	164
Tabla. 4. 66. Tabla de confiabilidad de un enlace	165

Tabla. 4. 67. Pérdida espacio libre enlace ESPE Latacunga – Putzalagua.....	166
Tabla. 4. 68. Valor PIRE ESPE Latacunga	167
Tabla. 4. 69. Valor de radio de la primera zona de Fresnel.....	167
Tabla. 4. 70. Valor de la altura de despeje.....	168
Tabla. 4. 71. Valor del margen de despeje	168
Tabla. 4. 72. Valor de la PinRX ESPE Latacunga.....	168
Tabla. 4. 73. Valor del margen de desvanecimiento	169
Tabla. 4. 74. Tabla de confiabilidad de un enlace	169
Tabla. 4. 75. Pérdida espacio libre enlace ESPE Latacunga – Sumi Loma.....	170
Tabla. 4. 76. Valor PIRE ESPE Latacunga	171
Tabla. 4. 77. Valor de radio de la primera zona de Fresnel.....	171
Tabla. 4. 78. Valor de la altura de despeje.....	171
Tabla. 4. 79. Valor del margen de despeje	172
Tabla. 4. 80. Valor de la PinRX ESPE Latacunga.....	172
Tabla. 4. 81. Valor del margen de desvanecimiento	172
Tabla. 4. 82. Tabla de confiabilidad de un enlace	173
Tabla. 4. 83. Ruta óptima para el enlace de la red digital.....	173
Tabla. 4. 84. Equipo principal para enlaces entre Cruz Loma y sedes de Pichincha.....	174
Tabla. 4. 85. Equipo principal para enlaces entre Chiguilpe Alto – IASA II.....	174
Tabla. 4. 86. Equipo principal para enlaces entre Putzalagua – ESPE Latacunga	175
Tabla. 4. 87. Porcentaje de error entre el valor de la simulación y valor teórico	175
Tabla. 4. 88. Porcentaje de error entre el valor de la simulación y valor teórico	176
Tabla. 4. 89. Porcentaje de error entre el valor de la simulación y valor teórico	176
Tabla. 4. 90. Porcentaje de error entre el valor de la simulación y valor teórico	177
Tabla. 4. 91. Tabla de posición de repetidoras	177
Tabla. 4. 92. Tabla de especificaciones del puente utilizar	178
Tabla. 4. 93. Tipo de antena para enlace digital	178
Tabla. 4. 94 Pérdida por espacio libre Cruz Loma - Atacazo.....	181
Tabla. 4. 95. Valor PIRE Cruz Loma - Atacazo	182
Tabla. 4. 96. Valor de radio de la primera zona de Fresnel.....	182
Tabla. 4. 97. Valor de la altura de despeje.....	182
Tabla. 4. 98. Valor del margen de despeje	183

Tabla. 4. 99. Valor de la PinRX cerro Atacazo	183
Tabla. 4. 100. Valor del margen de desvanecimiento	183
Tabla. 4. 101. Tabla de confiabilidad de un enlace	184
Tabla. 4. 102 Pérdida por espacio libre Atacazo – Chiguilpe Alto	185
Tabla. 4. 103. Valor PIRE Atacazo – Chiguilpe Alto	186
Tabla. 4. 104. Valor de radio de la primera zona de Fresnel.....	186
Tabla. 4. 105. Valor de la altura de despeje.....	186
Tabla. 4. 106. Valor del margen de despeje	187
Tabla. 4. 107. Valor de la PinRX Chiguilpe Alto	187
Tabla. 4. 108. Valor del margen de desvanecimiento	187
Tabla. 4. 109. Tabla de confiabilidad de un enlace	188
Tabla. 4. 110 Pérdida por espacio libre Atacazo – Bombolí	189
Tabla. 4. 111. Valor PIRE Atacazo – Bombolí	190
Tabla. 4. 112. Valor de radio de la primera zona de Fresnel.....	190
Tabla. 4. 113. Valor de la altura de despeje.....	190
Tabla. 4. 114. Valor del margen de despeje	191
Tabla. 4. 115. Valor de la PinRX cerro Bombolí	191
Tabla. 4. 116. Valor del margen de desvanecimiento	191
Tabla. 4. 117. Tabla de confiabilidad de un enlace	192
Tabla. 4. 118 Pérdida por espacio libre Atacazo – Sumi Loma	193
Tabla. 4. 119. Valor PIRE ESPE Atacazo – Sumi Loma	194
Tabla. 4. 120. Valor de radio de la primera zona de Fresnel.....	194
Tabla. 4. 121. Valor de la altura de despeje.....	194
Tabla. 4. 122. Valor del margen de despeje	195
Tabla. 4. 123 Pérdida por espacio libre Atacazo – Putzalagua.....	196
Tabla. 4. 124. Valor PIRE Atacazo – Putzalagua.....	197
Tabla. 4. 125. Valor de radio de la primera zona de Fresnel.....	197
Tabla. 4. 126. Valor de la altura de despeje.....	198
Tabla. 4. 127. Valor del margen de despeje	198
Tabla. 4. 128. Valor de la PinRX cerro Putzalagua.....	198
Tabla. 4. 129. Valor del margen de desvanecimiento	199
Tabla. 4. 130. Tabla de confiabilidad de un enlace	199
Tabla. 4. 131. Ruta óptima para el enlace entre repetidoras	199

Tabla. 4. 132. Equipo necesario enlace Cruz Loma-Atacazo.....	200
Tabla. 4. 133. Equipo necesario enlace Atacazo– Chiguilpe Alto	200
Tabla. 4. 134. Equipo necesario enlaces Atacazo – Putzalagua	200
Tabla. 4. 135. Porcentaje de error entre el valor de la simulación y valor teórico Cruz Loma - Ataczo	201
Tabla. 4. 136. Porcentaje de error entre el valor de la simulación y valor teórico enlace Atacazo - Chiguilpe.....	202
Tabla. 4. 137. Porcentaje de error entre el valor de la simulación y valor teórico enlace Atacazo - Putzalagua.	202
Tabla. 4. 138. Listado de equipos a emplearse.....	203
Tabla. 4. 139. Características principales Repetidora Digital.	204
Tabla. 4. 140. Características principales Radio Portátil Digital	205
Tabla. 4. 141. Características principales Radio Móvil Digital	205
Tabla. 4. 142. Características principales Puente Ethernet Inalámbrico	206
Tabla. 4. 143. Aturas de las torres a instalar.....	208
Tabla. 4. 144. Consumo promedio de equipos por nodo.	211
Tabla. 4. 145. Equipos necesarios nodo Cruz Loma.	212
Tabla. 4. 146. Características Batería a emplearse en los UPS.	212
Tabla. 4. 147. Equipos necesarios nodo Atacazo..	213
Tabla. 4. 148. Características Batería a emplearse en el UPS	213
Tabla. 4. 149. Equipos necesarios nodo Putzalagua	214
Tabla. 4. 150. Características Batería emplearse en el UPS.....	214
Tabla. 4. 151. Equipos necesarios nodo Chiguilpe	215
Tabla. 4. 152. Características Batería a emplearse en el UPS.....	215
Tabla. 4. 153. Rango de Direcciones IP	220
Tabla. 4. 154. Subredes.....	222
Tabla. 4. 155. Direccionamiento de la Red Digital	222
Tabla. 4. 156. Vlans de la Red.....	223
Tabla. 4. 157. Leyenda del Esquema de la Red.....	227
Tabla. 4. 158. Principales valores a los cuales los equipos digitales están programados	232
Tabla. 5. 1. Características técnicas principales de los equipos	257
Tabla. 5. 2. Cuadro Comparativo de modelos de equipos que se ajustan	

a los requerimientos de la red digital diseñada.....	258
Tabla. 5. 3. Listas de Equipos Seleccionados	261
Tabla. 5. 4. Características técnicas principales del equipo	262
Tabla. 5. 5. Cuadro Comparativo de Puentes Inalámbricos Punto a Punto.....	263
Tabla. 5. 6. Equipos Seleccionados	265
Tabla. 5. 7. Número Total de Equipos para la Red Digital de la ESPE	266
Tabla. 5. 8. Infraestructura, Sistemas de Respaldo de Energía y Paquetes Informáticos..	267
Tabla. 5. 9. Precios Referenciales Equipos.....	268
Tabla. 5. 10. Cuadro Comparativo en función a la Base Técnica	276
Tabla. 5. 11. Costo Total de la Red Digital de Radiocomunicaciones de la ESPE.....	283
Tabla. 6. 1. Tiempo de retardo de los datos de posición	286
Tabla. 6. 2. Distancia recorrida por el móvil	287
Tabla. 6. 3. Tiempo de retardo de los mensajes de texto.....	288
Tabla. 6. 4. Datos de Posición del programa FLAV 1.0.....	289
Tabla. 6. 5. Datos de Posición del programa Google Maps	290
Tabla. 6. 6. Error de Posición	302

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación. 1. 1. Tasa de Modulación.....	8
Ecuación. 1. 2 Tasa de bits de transmisión.....	9
Ecuación. 4. 1. Ecuación de muestreo	116
Ecuación. 4. 2. Ecuación para el cálculo de pérdida de propagación en el espacio libre..	138
Ecuación. 4. 3. Ecuación para el cálculo del PIRE.....	139
Ecuación. 4. 4. Ecuación para el cálculo del radio de la primera zona de Fresnel.....	139
Ecuación. 4. 5. Ecuación para el cálculo de la altura de despeje.....	140
Ecuación. 4. 6. Ecuación para el cálculo del margen de despeje.....	141
Ecuación. 4. 7. Ecuación para el cálculo del margen de desvanecimiento.....	142
Ecuación. 4. 8 Ecuación para el cálculo del factor de potencia.....	211
Ecuación. 4. 9 Ecuación para el cálculo de duración del soporte de la batería	212
Ecuación. 6. 1. Nivel de Eficiencia.....	286
Ecuación. 6. 2. Cálculo de Posición	303

GLOSARIO

A

AM Modulación de Amplitud

ASK Modulación por Desplazamiento de Amplitud

B

BER Tasa de Error de Bit

CICTE Centro de Investigación de Ciencias y Tecnologías del Ejército

C

CONATEL Consejo Nacional de Telecomunicaciones

D

DPL Línea Privada Digital

E

ESPE Escuela Politécnica del Ejército

F

FDMA	Acceso Múltiple por División de Frecuencia
FLAV	Sistema de Localización Automática Vehicular
FM	Modulación de Frecuencia
FSK	Modulación por Desplazamiento de Frecuencia

G

GPS	Sistema de Posicionamiento Global
-----	-----------------------------------

I

IASA	Instituto Agropecuario Superior
IP	Protocolo de Internet

L

LOS	Línea de Vista
-----	----------------

P

PIRE	Potencia Isotrópica Radiada Efectiva
PM	Policía Militar

PSK Modulación por Desplazamiento de Fase

PTP Protocolo Punto a Punto

PTT Presione para hablar

Q

QAM Modulación de Amplitud en Cuadratura

R

RF Radiofrecuencia

S

SENATEL Secretaria Nacional de Telecomunicaciones

T

TDMA Acceso Múltiple por División de Tiempo

TPL Línea Privada de Tonos

U

UPS Fuente de Alimentación Ininterrumpible

UTICS Unidad de Tecnologías de Información y Comunicaciones

V

VA Volta-amperios

VLAN Red Virtual de Área Local

VHF Muy Alta Frecuencia

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. INTRODUCCIÓN

1.1.1 Antecedentes

Los sistemas de radiocomunicación son un medio alternativo empleado por instituciones o empresas para mantener un entorno de comunicación entre sus miembros. Actualmente, la ESPE dispone de estos sistemas, pero de tipo analógico, lo cual tiene como único fin la comunicación entre esta y sus distintas sedes en el ámbito de la seguridad de la institución. A partir del año 1992, la ESPE mantiene equipos de radiocomunicaciones ubicados en el Cerro Cruz Loma, en los predios del Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas. Esta estación base mantenía el canal de radiocomunicación entre los cuatro puntos que conforman la red, los cuales son ESPE matriz, Idiomas, Héroes del Cenepa y IASA I.

Hoy en día, nuestro país está atravesando por una migración de modo analógico a digital, que lejos de ser una simple transición tecnológica, exige una compleja coordinación entre los distintos sectores de la industria, fundamentalmente: programadores, fabricantes de equipos receptores y operadores de redes, la cual es necesaria debido a los múltiples beneficios que esta ofrece en todas las Tecnologías de

Información, dicha transición es una representación de una gran mejora ya que los sistemas actuales de radiocomunicaciones análogos tienen una limitada capacidad de transmisión, así como servicios unidireccionales y terminales pasivos mientras que los de tipo digital presentan nuevos servicios como la mejora en la calidad audio, una mayor capacidad de transmisión de datos, mayor número de canales que admite, preservación de los datos en la transmisión de larga distancia, y sobre todo una mayor eficiencia del espectro.

Por lo tanto, para aprovechar al máximo la infraestructura del sistema existente, aunque actualmente este no se encuentra en funcionamiento, es necesario levantar la misma para así mantener comunicados a todos los miembros del sistema. Es necesario analizar la migración de este sistema a la tecnología digital para sacar los mayores beneficios al mismo.

1.1.2 Justificación e Importancia

En la actualidad, la red que permitía mantener un canal de radiocomunicación de tráfico de voz entre las distintas sedes de la ESPE, no se encuentra operativa. Uno de los desafíos que tenemos es determinar los factores que inciden para que no funcione; corregir los mismos y ponerla nuevamente en funcionamiento para volver a mantener el canal de comunicación entre las distintas sedes, ya que de esta manera se restablecería en primera instancia el factor seguridad, el cual es característico en las instituciones que pertenecen a las Fuerzas Armadas y más aún en las que se permite el libre acceso a civiles a sus dependencias como es el caso de la ESPE.

También cabe destacar que es muy importante tener esta radiocomunicación no solo en las sedes de la provincia de Pichincha sino también es factible extender la red

actual para brindar este servicio y sus ventajas a las sedes de Santo Domingo y Latacunga, para lo cual se realizará el estudio respectivo para su diseño.

En nuestro país, se está viviendo una transición de analógico a digital en las tecnologías de información. Por tal razón, otro de los desafíos que se tiene es realizar un estudio de factibilidad para la migración a la tecnología digital de la red VHF de la ESPE, debido a los múltiples beneficios que esta tecnología ofrece y las aplicaciones que se pueden desarrollar en beneficio de la comunidad politécnica como es el caso de la radiolocalización mediante dispositivos GPS incorporados en el equipo digital.

1.1.3 Alcance

El presente proyecto contempla el estudio de la situación actual de los enlaces de radiocomunicaciones de la red VHF entre la ESPE matriz y las sedes Héroes del Cenepa, Idiomas y IASA I.

Además cabe destacar que se realizará el levantamiento, reestructuración y mantenimiento de este sistema ya que actualmente este se encuentra fuera de servicio. También se integrarán a esta, nuevos equipos correspondientes a nuevas dependencias que requieran este servicio.

Tomando como base este sistema analógico, se realizará un nuevo diseño con tecnología digital que contemple su cobertura a las distintas sedes de la ESPE en otras provincias del país como es el caso de Santo Domingo y Latacunga.

Como resultado de este nuevo diseño se elaborará un estudio de factibilidad técnica y económica para la futura implementación, ya que se establecerá los precios referenciales que tendrá este nuevo sistema y que permitirá a la ESPE colocarlos en su plan operativo anual para su ejecución.

Se realizarán las pruebas de campo del sistema digital con equipos prestados por la empresa Grupo Maxi, para la obtención de los mapas de cobertura de un sistema prototipo que se montará en la ESPE matriz en Sangolquí y que permitirá realizar las pruebas de localización con vehículos de la ESPE que estén dentro del área de cobertura para la obtención de rutas de movilización con tasas de velocidad promedio, además de calcular el tiempo de parada en un semáforo y la velocidad del vehículo. De esta manera, se mantendrá un control riguroso de todas las unidades para verificar que se cumplan las tareas asignadas y si es el caso ubicar la unidad si esta fue reportada como robada.

Además también se logrará recopilar varios datos de aplicación de esta tecnología como grabar el audio de una conversación junto con el indicativo o si se desea almacenar las coordenadas geográficas o ID de los equipos en una base de datos, así como también el envío de mensajes de texto de manera personalizada o por broadcast para visualizarlo en las pantallas de los radios, etc.

1.1.4 Objetivos

1.1.4.1 General

- Evaluar la red de radiocomunicaciones análoga de la Escuela Politécnica del Ejército y proceder a su levantamiento, reestructuración, además realizar el diseño y estudio de factibilidad para su migración a la radio digital que cubra las sedes en otras provincias con pruebas de campo para la obtención de mapas de cobertura y aplicación de localización vehicular con GPS.

1.1.4.2 Específicos

- Analizar la situación actual de la red VHF de la ESPE.
- Levantar y reestructurar la red de radiocomunicaciones analógica de la ESPE con nuevos nominativos y ajuste de tonos para una comunicación óptima.
- Proponer y diseñar la red de radiocomunicaciones digital de la ESPE que integre las sedes de Sto. Domingo, Latacunga, IASA I, Héroes del Cenepa e Idiomas con la matriz de Sangolquí.
- Elaborar el estudio de factibilidad técnica y económica para la migración de la red de radio analógica de la ESPE a la tecnología digital.
- Analizar la factibilidad para el monitoreo de vehículos mediante el sistema GPS en los radios digitales.
- Evaluar los resultados obtenidos en las pruebas realizadas de campo y del monitoreo vehicular.

1.2 SISTEMAS DE RADIOCOMUNICACIONES

1.2.1 Transición Tecnológica de las Radiocomunicaciones

Muchos han sido los rumores de que la industria de las radiocomunicaciones o los denominados radios de 2 vías, están en decadencia, parece ser que mucha gente ha comenzado a pensar que esta técnica de comunicación ya es algo anticuada y que ha pasado de moda, pero ante todo esto, queda sólo indagar acerca de la increíble tecnología digital que está llegando al mercado actual, para así comprobar que los rumores de la extinción del radio de 2 vías ha sido exagerada.

La radiocomunicación por dos vías, es la herramienta empleada para aquellos que requieren de una comunicación instantánea, a diferencia de los teléfonos celulares, el usuario no necesita marcar un número largo, esperar a que lo conecten y a que respondan la llamada. La tecnología Push-to-Talk, (presionar y hablar), permite a los usuarios hablar con un individuo o con un grupo de socios de trabajo de manera inmediata y económica.

Los radios de dos vías, son dispositivos que transmiten y reciben señales de voz a través del aire, estos radios, pueden ser utilizados donde se quiera y actualmente existen en el mercado dispositivos que pueden ser usados en lugares subterráneos y en lugares en donde no llega ningún tipo de señal celular.

Este tipo de comunicaciones con alta calidad de transmisión, son vitales para los cuerpos de bomberos, seguridad, vigilancia y servicios de emergencia. Cuando los bomberos están inmersos en su trabajo, una mala comunicación o un mal entendido pueden costar vidas. Cuando un cuerpo de inteligencia practica una investigación o captura, la ausencia de una buena comunicación puede hacer fallida la detención de un antisocial. Es muy importante para ellos, el poder confiar plenamente en el equipamiento que están utilizando, para así tomar las previsiones más acertadas en las estrategias a seguir ante una emergencia o caso determinado de inteligencia.

Cabe destacar, que todas las radios de un grupo determinado, necesitan ser fijadas a un mismo canal antes de establecer la comunicación. Por ejemplo, si la radio se fija para sintonizar el canal 7, ésta enviará un excedente de la voz a todos los usuarios que han sintonizado este canal, algo importante que no se debe olvidar, es que estos canales son de uso público y muchas veces, se puede ligar la comunicación con otras personas.

Con una amplia variedad de usuarios, el radio de 2 vías, es el medio de comunicación más confiable en el mundo y el radio digital es el futuro.

La combinación de un notable aumento de desempeño, mejor eficiencia espectral y características avanzadas, permiten a los usuarios profesionales, migrar de sistemas analógicos a digitales en un futuro cercano, no sólo por que tendrán que hacerlo, sino porque así lo querrán por los cambios notables que demuestran estos equipos para reemplazar los ya existentes.

Muchos de los nuevos radios disponibles realizan un mejor uso del espectro mediante la capacidad de un radio troncal analógico. Los operadores pueden tener hasta 3 ó 4 veces el número de usuarios en el sistema, aumentando la flexibilidad de la licencia de espectro de los usuarios. Esto se logra gracias a la tecnología TDMA, la cual permite a varios usuarios compartir la misma frecuencia al dividirla en varias porciones de tiempo.

Los usuarios transmiten en una sucesión rápida, permitiendo así que varios usuarios compartan la misma frecuencia de transmisión usando sólo una parte del ancho de banda. Aunque ésta es una solución efectiva, se requiere el total de un canal con ancho de banda de 12.5KHz.

La figura 1.1 muestra como la evolución de la tecnología está revolucionando el mundo en todo en todo aspecto.



Figura. 1.1. Transición al mundo digital

Como ya se conoce en esencia, las telecomunicaciones electrónicas son la transmisión, recepción y procesamiento de información usando circuitos electrónicos.

La información se define como el conocimiento, la sabiduría o la realidad y puede ser en forma analógica (proporcional o continua), tal como la voz humana, información sobre una imagen de vídeo, o música, o en forma digital (etapas discretas), tales como números codificados en binario, códigos alfanuméricos, símbolos gráficos, códigos operacionales del microprocesador o información de base de datos. Toda la información debe convertirse a energía electromagnética, antes de que pueda propagarse por un sistema de comunicaciones electrónicas.

Para lograr dicha propagación, ya sea de forma análoga o digital, en un medio establecido se requiere de un proceso o técnica, que es empleada para modificar la señal con la finalidad de posibilitar el transporte de información a través de un canal de comunicación y recuperar la señal en su forma original en la otra extremidad.

Estas técnicas se denominan procesos de modulación; la modulación ANALÓGICA, que se realiza a partir de señales analógicas de información, por ejemplo la voz humana, audio y video en su forma eléctrica y la modulación DIGITAL, que se lleva a cabo a partir de señales generadas por fuentes digitales, por ejemplo una computadora la cual usa como técnica un recurso de codificación de pulsos.

- Bits y Baudios:

La Tasa de modulación representa la cantidad de veces que la línea fue señalizada y es expresada en Baudios, como se muestra en la ecuación 1.1

$$\text{Tasa de Modulación} = 1/d \quad \text{Ecuación 1.1}$$

Donde:

d = duración del elemento básico de la señal

Una tasa de transmisión es dada por el número de bits por segundo que pueden ser transmitidos. Tomándose en cuenta que la línea puede asumir n estados diferentes, se puede transmitir k bits por estado, tal que:

$$2^k = n \quad k = \log_2 n \quad \text{Ecuación 1.2}$$

Siendo:

$$\text{Tasa de Transmisión} = k * \text{Tasa de modulación}$$

La modulación engloba un conjunto de técnicas que se usan para transportar información sobre una onda portadora, típicamente una onda sinusoidal. Estas técnicas brindan varias ventajas sobre la señal que se desea recuperar en el receptor.

Básicamente, la modulación consiste en hacer que un parámetro de la onda portadora cambie de valor de acuerdo con las variaciones de la señal moduladora, que es la información que queremos transmitir.

Como ventajas más sobresalientes sobre la modulación podemos destacar que:

- Facilita la propagación de la señal de información por cable o por el aire.
- Ordena el radio espectro, distribuyendo canales a cada información distinta.

- Disminuye dimensiones de antenas.
- Optimiza el ancho de banda de cada canal.
- Evita interferencia entre canales.
- Protege a la Información de las degradaciones por ruido.
- Define la calidad de la información transmitida.

Por lo tanto los métodos de modulaciones principales a destacar son:

1.2.1.1 Modulación Analógica

La amplia naturaleza de las señales analógicas es evidente, cualquier forma de onda está disponible con toda seguridad en el ámbito analógico, nos encontramos con una onda original y una distorsión de la que tenemos que identificar la onda original de la distorsionada.

En la figura 1.2 se muestran los componentes de un Enlace Analógico:

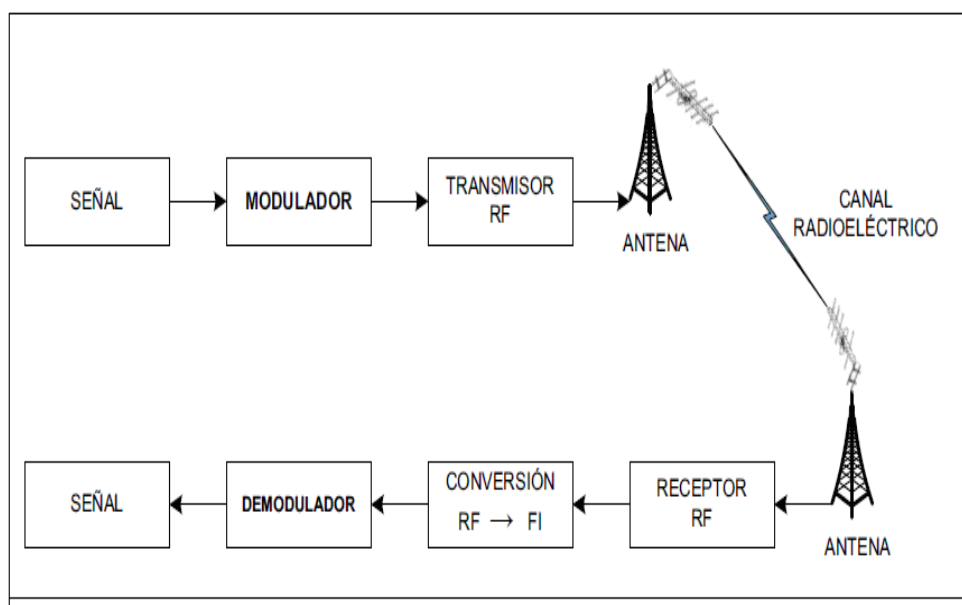


Figura. 1.2. Elementos de un sistema de radiocomunicaciones analógico

- **Tipos de Modulación Analógica**

- **Amplitud Modulada (AM)**

Amplitud modulada (AM) o modulación de amplitud es un tipo de modulación no lineal que consiste en hacer variar la amplitud de la onda portadora de forma que esta cambie de acuerdo con las variaciones de nivel de la señal moduladora, que es la información que se va a transmitir. La modulación de amplitud es equivalente a la modulación en doble banda lateral con reinserción de portadora. La figura 1.3 muestra una señal modulada en amplitud.

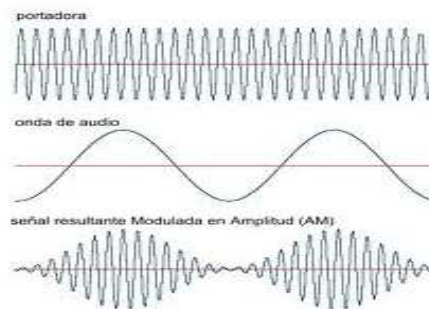


Figura. 1.3. Señal modulada en amplitud

- **Aplicaciones tecnológicas de la AM**

La AM es usada en la radiofonía, en las ondas medias, ondas cortas, e incluso en la VHF 550 a 1600 Khz, la cual es utilizada en las comunicaciones radiales entre los aviones y las torres de control de los aeropuertos.

Como ejemplo de las aplicaciones mas destacadas para la modulación AM se puede mencionar la transmisión por radio para su sintonía en amplitud modulada donde por ejemplo la radio CRO de Machala – Ecuador, que posee un infraestructura con una torre de transmisión de 260 pies de altura con una frecuencia de 920KHz. AM y que

opera a 5 Kw de potencia, la cual tiene una cobertura en toda la provincia del El Oro. En la figura 1.4 se muestra la infraestructura de la torre de radio CRO.



Figura. 1.4. Torre de AM Radio CRO 920 KHz

- **Frecuencia Modulada (FM)**

En telecomunicaciones, la frecuencia modulada, FM, ó la modulación de frecuencia transmite información a través de una onda portadora variando su frecuencia, contrastando está con la amplitud modulada o modulación de amplitud AM, en donde la amplitud de la onda es variada mientras que su frecuencia se mantiene constante. Datos digitales pueden ser enviados por el desplazamiento de la onda de frecuencia entre un conjunto de valores discretos, una técnica conocida como modulación por desplazamiento de frecuencia. La figura 1.5 muestra una señal modulada en frecuencia.

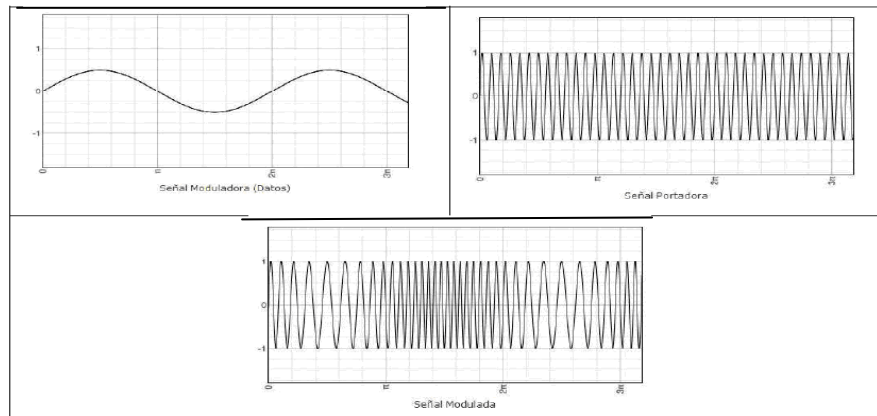


Figura. 1.5. Señal modulada en frecuencia

○ Aplicaciones tecnológicas de la FM

La frecuencia modulada es usada comúnmente en las radiofrecuencias de muy alta frecuencia por la alta fidelidad de la radiodifusión de la música y el habla. El sonido de la televisión analógica también es difundido por medio de FM.

Un formulario de banda estrecha se utiliza para comunicaciones de voz en la radio comercial y en las configuraciones de aficionados.

El tipo usado en la radiodifusión FM es generalmente llamado amplia-FM o W-FM, de las siglas en inglés "Wide-FM". En la radio de dos vías, la banda estrecha ó N-FM, de las siglas en inglés "Narrow-FM", es utilizada para ahorrar banda estrecha. Además, se utiliza para enviar señales al espacio

La frecuencia modulada también se utiliza en las frecuencias intermedias de la mayoría de los sistemas de vídeo analógico, incluyendo VHS, para registrar la luminancia, blanco y negro, de la señal de video.

La frecuencia modulada es el único método factible para la grabación de video y para recuperar de la cinta magnética sin la distorsión extrema, como las señales de vídeo con una gran variedad de componentes de frecuencia de unos pocos hercios a varios megahercios, siendo también demasiado amplia para trabajar con ecualizadores con la deuda al ruido electrónico debajo de -60 dB.

La FM también mantiene la cinta en el nivel de saturación, y, por tanto, actúa como una forma de reducción de ruido del audio, y un simple corrector puede enmascarar variaciones en la salida de la reproducción, y que la captura del efecto de FM elimina a través de impresión y pre-eco.

1.2.1.2 Modulación Digital

Gracias a los avances y a la tecnología digital en radiocomunicaciones, hoy en día se puede configurar una mejor transmisión, para ofrecer enormes ventajas tales como, mejor reducción de ruido, mayor calidad de voz, mayor eficiencia e integración con sistemas existentes, brindando mayor eficiencia a los equipos antes mencionados, en la gestión de sus funciones, en calidad y tiempo de respuesta más rápido, gracias a la claridad del mensaje recibido.

- **Componentes de un enlace Digital**

A continuación la figura 1.6 muestra el diagrama de bloques de un sistema digital.

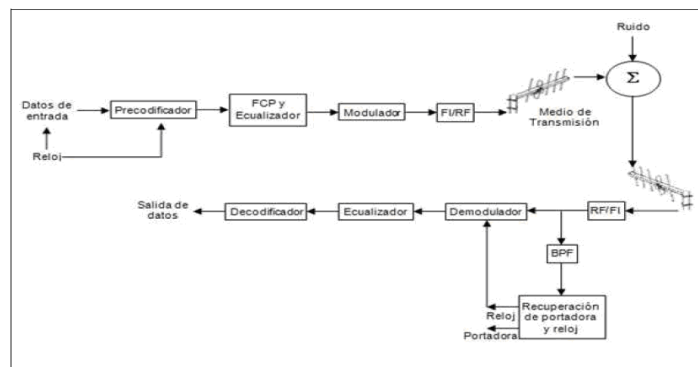


Figura. 1.6. Diagrama de bloques de un sistema de radio digital

- **Tipos de modulación digital:**

- **Modulación ASK**

La amplitud de la onda es alterada de acuerdo con la variación de la señal de información. Exige un medio en que la respuesta de amplitud sea estable, ya que este

tipo de modulación es bastante sensible a ruidos y distorsiones. La figura 1.7 muestra la modulación ASK.

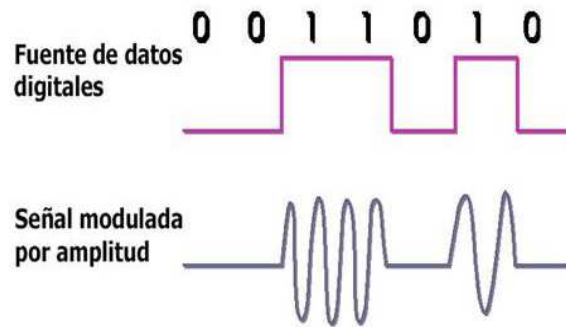


Figura. 1.7. Modulación ASK

o Modulación FSK

Consiste en un procedimiento de 2 osciladores con Frecuencias Diferentes para dígitos 0 y 1. Normalmente es usada para transmisión de datos en bajas velocidades y puede ser: Coherente Donde no ocurre variación de fase de la portadora para dígitos del mismo valor y No Coherente Donde puede ocurrir variación de fase de la portadora para dígitos del mismo valor. La figura 1.8 muestra la modulación FSK.

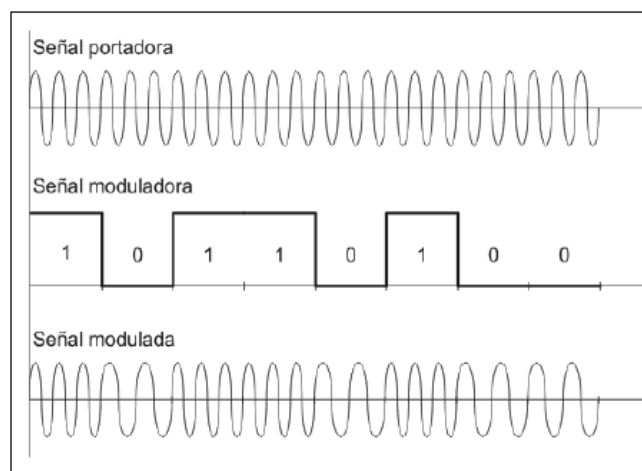


Figura. 1.8. Modulación FSK

○ Modulación PSK

La modulación PSK asigna una fase distinta a la portadora, según el estado de la señal de datos. Un ejemplo de este tipo de modulación digital podría ser la modulación BPSK31.

A la modulación PSK binaria se la denomina BPSK (BinaryPSK). Si la modulación PSK introduce cambios de fase en la portadora con respecto a la fase original, se trata de una modulación PSK pura; sin embargo, si la modulación introduce en la portadora saltos de fase con respecto al estado anterior, se conoce entonces como modulación PSK Diferencial o DPSK. Este tipo de modulación tiene la ventaja de permitir una sincronización más rápida en el receptor. La figura 1.9 muestra este tipo de modulación.

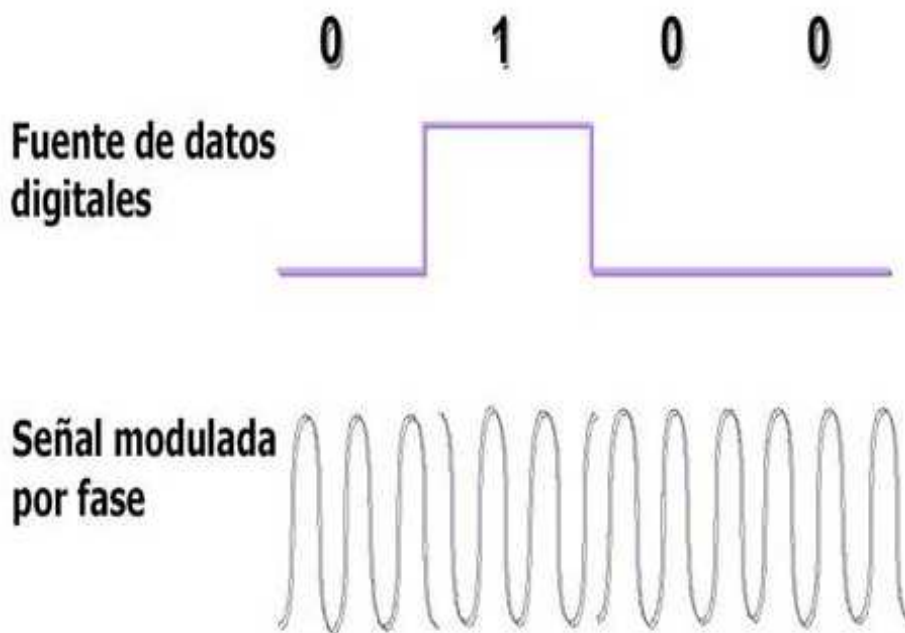


Figura. 1.9. Modulación PSK

○ Modulación QAM

Es caracterizada por la superposición de 2 portadoras en cuadratura moduladas en amplitud. Con eso al colocar 4 bits dentro de un tronco de señal y operar con tasas de 2400 bauds, se alcanza tasas de 9600 bps. La figura 1.10 muestra la modulación QAM.

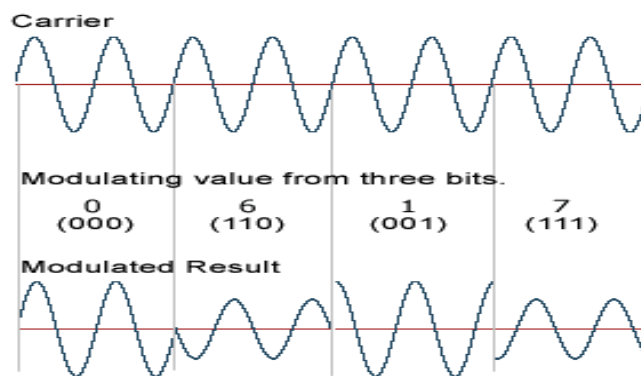


Figura. 1.10. Modulación QAM

1.2.1.3 Ventajas de comunicación Digital respecto a la Analógica

- Inmunidad al Ruido.
- Almacenamiento y procesamiento.
- Los sistemas digitales utilizan la regeneración de señales.
- Las señales digitales son más sencillas de medir y evaluar.
- Están mejores equipados para evaluar detección y corrección de errores.
- Los equipos digitales consumen menos potencia.

1.2.1.4 Desventajas de la comunicación Digital

- Requieren más ancho de banda.

- Requiere sincronización precisa.
- Los sistemas de transmisión digital son incompatibles con las instalaciones analógicas existentes

1.2.2 Aplicaciones de la tecnología digital

1.2.2.1 Radiolocalización

La radiolocalización tiene diversos tipos de campos en los cuales puede actuar, debido a su versatilidad de aplicaciones se nombrará algunos como ejemplos de la misma.

- En el segmento de Seguridad existen radios robustos y resistentes para el duro manejo que se les da día a día. También ofrece la ventaja de GPS, para tener un mejor control de su personal y supervisores, como también de sus unidades móviles. Al igual, son radios que permiten segmentar los diferentes grupos de trabajo y tener identificado con quien se desea comunicar y quien hace una llamada. Para este segmento, se recomienda siempre, utilizar micrófonos de solapa y hands-free, para mayor comodidad y rendimiento del personal. La figura 1.11 muestra la aplicación de la radio digital en el segmento de la seguridad.



Figura. 1.11. Aplicación de la radio digital en el segmento de la seguridad

- En ambientes como la Construcción, se cuenta con radios resistentes al polvo y agua (norma IP57), que claramente son ambientes que deberá enfrentar. Al igual, son radios que en caso de accidentes, cuentan con teclado de marcación rápida para poner en alerta al resto del grupo o pedir ayuda. Se cuenta con accesorios de audio Motorola especiales para ambientes de mucho ruido, estos aíslan el sonido exterior para brindarle una mejor comunicación.
- En el caso del sector de Agro-Industria, los radios nos brindan una completa aplicación, permitiéndonos tener comunicación de voz y transferencia de datos, con el objetivo de agilizar inventarios en la producción. Nos permiten igualmente, tener ubicadas a las unidades de reparto por medio de GPS y contar con una comunicación rápida mediante mensajería de texto pre configurada o libre. Para esto último, es posible escribir dichos mensajes por medio del teclado en los micrófonos parlantes de las unidades móviles para cuando el canal de voz se encuentre saturado.
- Para empresas de Transporte, es posible con los radios tener un centro de comando en donde se ubiquen constantemente las unidades en operación, por lo que las instrucciones a dichas unidades móviles serán con mayor acierto, inmediatas y efectivas, ya sea por voz o datos. Tener a las unidades ubicadas, permitirá un ahorro sustancial en sus operaciones, optimizando tiempo y recursos. La figura 1.12 muestra la arquitectura de un sistema de radiolocalización digital para transportes.



Figura. 1.12. Arquitectura de un sistema de radiolocalización digital para transportes

- En Turismo, donde existen varios grupos diferentes de trabajo, es posible con radios Motorola segmentar éstos, brindando una comunicación privada por grupo, mejorando de esta manera el tiempo de respuesta al cliente, que en este sector, el servicio al cliente es lo principal. Es posible monitorear remotamente las unidades, sin que estas se percaten que están siendo controladas, al igual, en caso de abuso de la comunicación, es posible inhibirlas. La figura 1.13 muestra la aplicación de la radiocomunicación digital en el ámbito del turismo.

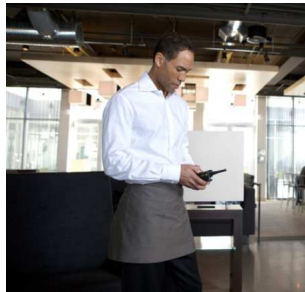


Figura. 1.13. Aplicación de la radio digital en mensajería (grupo de trabajo, recepción en turismo)

Es por estas y muchas más aplicaciones la radiocomunicación digital está ganando más terreno en las tecnologías de la actualidad. La figura 1.14 muestra en general la aplicación de esta tecnología.



Figura. 1.14. Localización de vehículos y personal

1.3 ESTÁNDARES EXISTENTES DE SISTEMAS DE RADIOCOMUNICACIONES

1.3.1 Estándares de Sistemas Analógicos

1.3.1.1 Estándar LTR

Se utiliza en las comunicaciones en forma analógica y se basa en el protocolo LTR , que tiene la característica de no ser un protocolo propietario de una Marca de radios. Este estándar utiliza Acceso Múltiple por División de Frecuencia (FDMA) y no tiene un canal dedicado de control.

LTR proporciona varias ventajas tales como mayor capacidad de tráfico, control de base de usuarios e implementación de llamadas de grupo, individual y telefónica.

1.3.1.2 Estándar MPT1327

Utiliza un protocolo abierto que dedica uno de sus canales a desempeñar funciones de canal de control. MPT1327 permite realizar llamadas de Emergencia, tener prioridades en las comunicaciones, transmisión de datos, gestión de flotas, telemetría, control remoto.

También se puede encriptar la voz con el objetivo de tener mayor privacidad en las comunicaciones.

1.3.2 Estándares de Sistemas Digitales

1.3.2.1 Estándar APCO-25

Es un estándar que utiliza Acceso Múltiple por División de Frecuencia (FDMA) sobre anchos de banda de 12.5 y 25 KHz. Los principales objetivos de APCO-25 son

aumentar la eficiencia espectral, compatibilidad con equipos existentes analógicos, convencionales y troncalizados, así como la adopción de la norma sin cambios de frecuencia. Este estándar puede ser utilizado en las bandas VHF, UHF y la banda de 800 MHz.

1.3.2.2 Estándar TETRA

Este estándar se basa en Acceso Múltiple por División de Tiempo (TDMA) de 4 slots sobre ancho de banda de 25 Khz TETRA, así como APCO-25, permite aumentar la eficiencia espectral, tener libre competencia a través de arquitectura abierta, superior capacidad de voz y datos, cumplimiento con requerimientos comerciales y de seguridad pública. Este puede ser utilizado en las bandas de 380-400 y 806-821 MHz para seguridad pública, 410-430 MHz, 450-470 MHz para uso civil /comercial.

1.3.3 Situación actual en el Ecuador referente a los estándares vigentes

El avance en cuanto a tecnología asociada con los sistemas troncalizados ha sido enorme hasta la actualidad; en la mayoría de países a nivel mundial la migración de los sistemas troncalizados analógicos a sistemas troncalizados totalmente digitales es una realidad. Esto permite brindar un sin número de nuevas aplicaciones que van de la mano con el aumento de las necesidades de los usuarios en cuanto a comunicaciones móviles.

1.3.3.1 Referencia del estándar análogo utilizado en el Ecuador

En el Ecuador la normativa actual no permite un desarrollo completo del sector troncalizado; es así, que las empresas que operan actualmente en el país, lo hacen utilizando tecnologías básicas como es el caso de Logic Trunked Radio (LTR) y Privacy Plus. Con una adecuada legislación se podría completar la migración a un sistema digital, en donde los campos de acción serían expandidos no solo a los sistemas de explotación sino a seguridad pública y otros campos.

1.3.3.1.1. Estándares utilizados por las empresas que brindan servicios troncalizados en el Ecuador

Las empresas registradas hasta el 2011 en la SUPTEL que se encuentran actualmente brindando servicios troncalizados son:

- Marconi S.A.
- Brunacci
- Telemovil-Multicom
- Comovec
- Racomdes

En nuestro país muchas son los sectores usuarios del servicio troncalizado; entre los principales se cuentan: Fuerzas Armadas, Policía Nacional, entidades gubernamentales, empresas de seguridad, empresas de servicios de telecomunicaciones, empresas de transporte, empresas productivas en general, entre otras. Las cifras en cuanto a la cantidad de usuarios registrados en las cinco empresas registradas y reconocidas, como se puede observar en la figura 1.15.

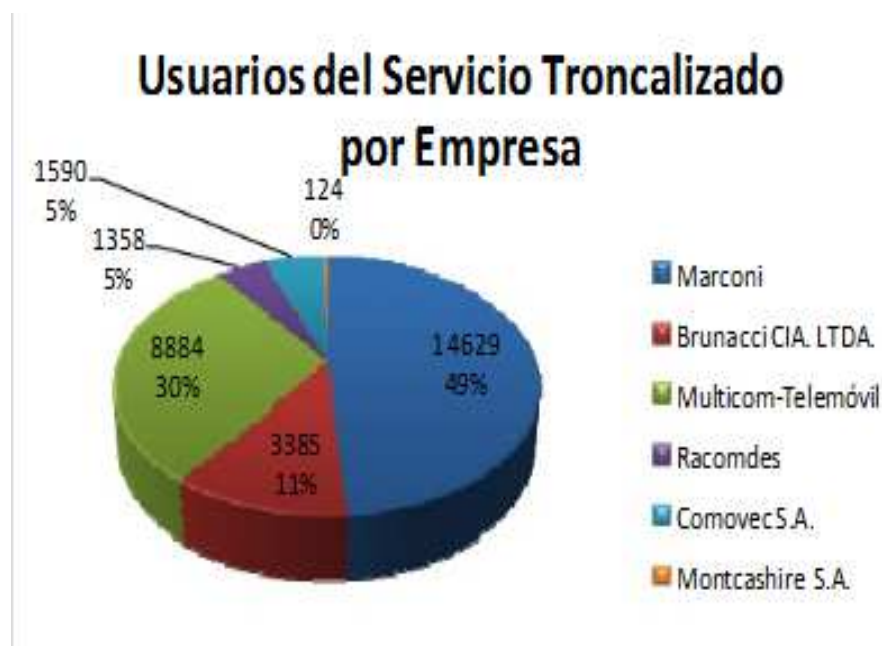


FIGURA 1.15. Cantidad de Usuarios por empresa del Servicio Troncalizado Fuente: CONATEL

Las estadísticas mostradas en la figura 1.15 corresponden a las reportadas por las empresas a noviembre del 2010.

Los estándares que son utilizados en la actualidad por este grupo de empresas para nuestro país son: Logic Trunked Radio (LTR) y Privacy Plus.

Estas empresas prefieren el uso de estos estándares ya sea por ventaja de costos de implementación o por como ya se menciono antes en el Ecuador la normativa actual no permite un desarrollo completo del sector troncalizado y aún se complica la migración de tecnología en las empresas que así lo requieren.

Además como ya se mencionó antes el LTR (Logic Trunked Radio) es un protocolo abierto, lo cual permite que en el mercado se ofrezcan varias marcas de radios compatibles con esta tecnología. Proporciona una mayor capacidad de tráfico con respecto a los sistemas convencionales; y también introduce conceptos de llamadas de grupo y control de los usuarios.

LTR se diferencia de otros sistemas troncalizados ya que no tiene un canal de control dedicado; cada repetidor tiene su propio controlador y todos los repetidores están coordinados conjuntamente. Cada controlador monitorea sus propios canales; uno de estos canales es asignado como “maestro” y los demás canales se reportan a él. Este sistema se denomina Sistema de Control Distribuido.

También cabe mencionar que otro de los estándares vigentes en tecnología análoga en nuestro país, pero con mucho menor acogida que LTR es Privacy Plus; el cual es un estándar propietario de Motorola, por lo que no se tiene libre acceso al mismo, pero se puede acotar acerca de este estándar que es el estándar original de Motorola, basado en flotas y sub-flotas, cada sistema tiene un número de flotas asignado; cada flota tiene un

número de sub-flotas, radios e identificaciones. Estos sistemas llamados de Tipo 1, no son escalables ya que cada flota y sub-flota, soporta un determinado número de radios.

La segunda generación de Motorola fue SmartZone. Este protocolo fue ampliamente aceptado por su facilidad y sus bajos costos de operación. Una de las limitantes fundamentales es una baja seguridad en las comunicaciones.

1.3.3.2 Referencia del estándar digital utilizado en el Ecuador

En cuanto a las empresas o compañías que han logrado desarrollarse enormemente o cuentan con un capital suficiente como para cambiar su infraestructura de radiocomunicaciones a una de tecnología digital, cabe destacar que con respecto al tipo de servicio, muchas son las aplicaciones adicionales que se puede ofrecer mediante el uso del sistema troncalizado digital; anteriormente ya se destacó la existencia de los estándares troncales existentes, donde en nuestro país la tendencia de para una implementación digital es el estándar TETRA aunque otra buena opción es la del estándar MPT – 1327, pero cabe mencionar que se tiene una mayor acogida por el primero por tener características completamente digitales mientras que el otro es semi-digital.

Ambos ofrecen una amplia gama de posibilidades entre las que se cuentan: tracking vehicular, mensajería, transmisión de imágenes, transmisión de video, acceso a internet entre otras.

Las principales ventajas del estándar TETRA para su preferencia en nuestro país como en muchos otros, se centran en los siguientes puntos:

- Estándar abierto ampliamente difundido a nivel mundial. Actualmente TETRA se encuentra en 108 países del mundo.
- Mayor aprovechamiento del espectro. Cuatro canales por portadora.
- Llamadas individuales, en grupo y en modo directo, sin la utilización de la infraestructura de la red.
- Asignación de canal según prioridad del usuario.
- Múltiples fabricantes, tanto para la infraestructura, como para equipos terminales.
- Tecnología escalable, que deriva en un ahorro efectivo.
- Permite una amplia cobertura gracias a que puede operar en la banda de frecuencia de los 400MHz, lo que reduce el número de radio bases para la misma zona geográfica.
- La calidad de la voz en los sistemas digitales permanece casi constante, a diferencia de los sistemas analógicos en los cuales la calidad se va degradando conforme la distancia hacia el transmisor aumenta. La figura 1.16 muestra la calidad de voz en función de la distancia para ambos sistemas.

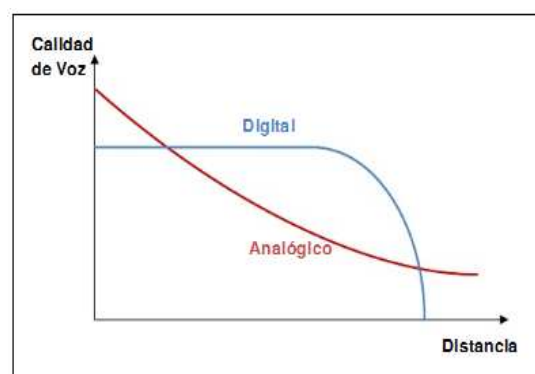


Figura 1.16 Calidad de la señal de voz en función de la distancia Para sistemas analógicos y digitales

Tomando en cuenta que la cobertura está determinada por la potencia de transmisión de la señal RF, la sensibilidad en la recepción, las características de propagación, y la frecuencia con la que se transmite.

Si asumimos que estos factores son los mismos tanto para un sistema analógico como para un digital, en este caso TETRA, la cobertura no varía mucho entre estos sistemas.

La velocidad de transmisión alcanzada en el sistema TETRA es suficiente para soportar aplicaciones de gran tráfico como son las aplicaciones multimedia.

En general para el mismo ancho de banda los sistemas digitales ofrecen un mayor rendimiento que los sistemas analógicos.

- La seguridad es un aspecto fuerte en el sistema TETRA ya que por ser un sistema digital, la encriptación que también es digital, provee de una forma de asegurar que la información viaje segura por la red. No ocurre lo mismo en los sistemas analógicos ya que la encriptación para este caso es mucho más difícil de implementar.
- TETRA al ser un sistema digital, abre un amplio abanico de posibilidades en cuanto a lo que tiene que ver con la implementación de servicios de valor agregado, con lo que las posibles aplicaciones son muy diversas.
- En lo referente a la transmisión de datos se puede tener para el caso de TETRA, servicio de datos cortos, mensajes de estado, mensajes de datos en modo circuito y en modo paquete, con velocidades excelentes.

1.3.3.3 Radiodifusión

En cuanto a la radiodifusión se puede aclarar que para una completa migración a la tecnología digital en el Ecuador según los estándares de radiodifusión digital que actualmente están vigentes, se concluye que el mejor estándar a adoptarse en nuestro país sería el DRM/DRM+, debido a la adaptabilidad para la transmisión en simulcast, al transmitir de manera híbrida se reduciría tanto para los usuarios como para las emisoras los costos de transición, el sistema sería compatible con el sistema actual de radiodifusión en Ecuador tanto en AM, FM y onda corta, y además de ser un estándar abierto la cual quiere decir que cualquiera puede modificar el software para desarrollar aplicaciones.

Además DRM/DRM+ permitiría realizar una transición paulatinamente, al transmitir la señal analógica y digital simultáneamente, los usuarios seguirían receptando la señal analógica mientras adquieren receptores digitales, pero aquellos usuarios que no adquieran los receptores digitales, no podrán disfrutar de los nuevos servicios, como son la transmisión de textos, imágenes fijas y animadas y mayor calidad del audio.

CAPÍTULO II

SITUACIÓN ACTUAL DE LA RED ANALÓGICA DE LA ESPE

2.1. ANÁLISIS DEL ESTADO ACTUAL DE LA RED DE RADIOCOMUNICACIONES VHF DE LA ESPE

La red analógica de radiocomunicaciones de la ESPE está conformada por equipos de marca Motorola. Estos son radios portátiles de las series GP300, PRO 3150, PRO 5150 y PRO 7150 Elite, así como radio bases de la serie PRO 3100, GM300 y M208, mientras que la repetidora es de marca Kenwood modelo TKR -750E.

Mediante esta red se establece la comunicación entre la repetidora ubicada en el Cerro Cruz Loma y los radios bases y portátiles ubicados en las distintas sedes de la ESPE tales como ESPE Matriz, Idiomas, Héroes del Cenepa y IASA I.

El principal objetivo de esta red es el control de la seguridad de las sedes, función que esta a cargo de la Policía Militar, así como establecer la comunicación entre los distintos departamentos de la ESPE como el Administrativo, UTICS, Servicios Universitarios, Transportes, Biblioteca, y CICTE.

2.1.1 Topología

La topología de la red analógica actual de la ESPE, es de tipo estrella tal como se muestra en la figura 2.1.

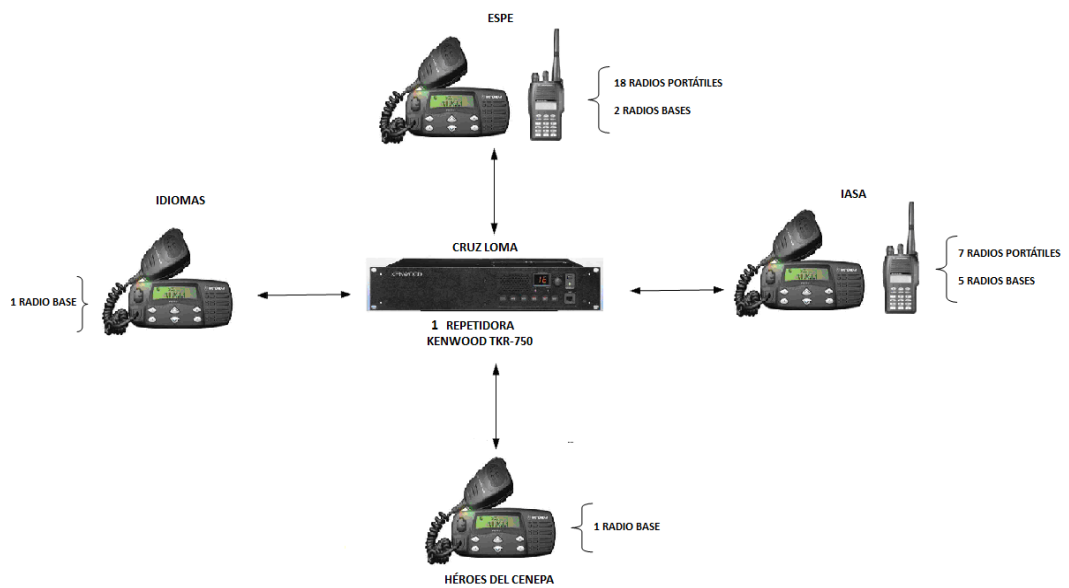


Figura. 2.1. Topología de la Red

Además en el software de Radiomobile también se presenta la topología existente después de ubicar los equipos del sistema de radiocomunicaciones con las coordenadas correspondientes a cada una de las sedes como se muestra en la tabla 2.1.

Tabla. 2.1. Coordenadas de Cruz Loma y sedes de la ESPE

Emplazamiento	Latitud	Longitud
ESPE	00°18'45"S	078°26'45,36"O
IASA(Prevención Central)	00°23'8,37"S	078°24'59,13"O
Cruz Loma	00°11'16,1"S	078°32'7,4"O
Idiomas	00°9'52,09"S	078°28'32,59"O
Héroes del Cenepa	00°13'37,64"S	078°30'53,53"O

En la figura 2.2, se observa que todas las comunicaciones generadas por los usuarios del sistema, se dirigen al repetidor de Cruz Loma, generando de esta forma una topología en estrella.

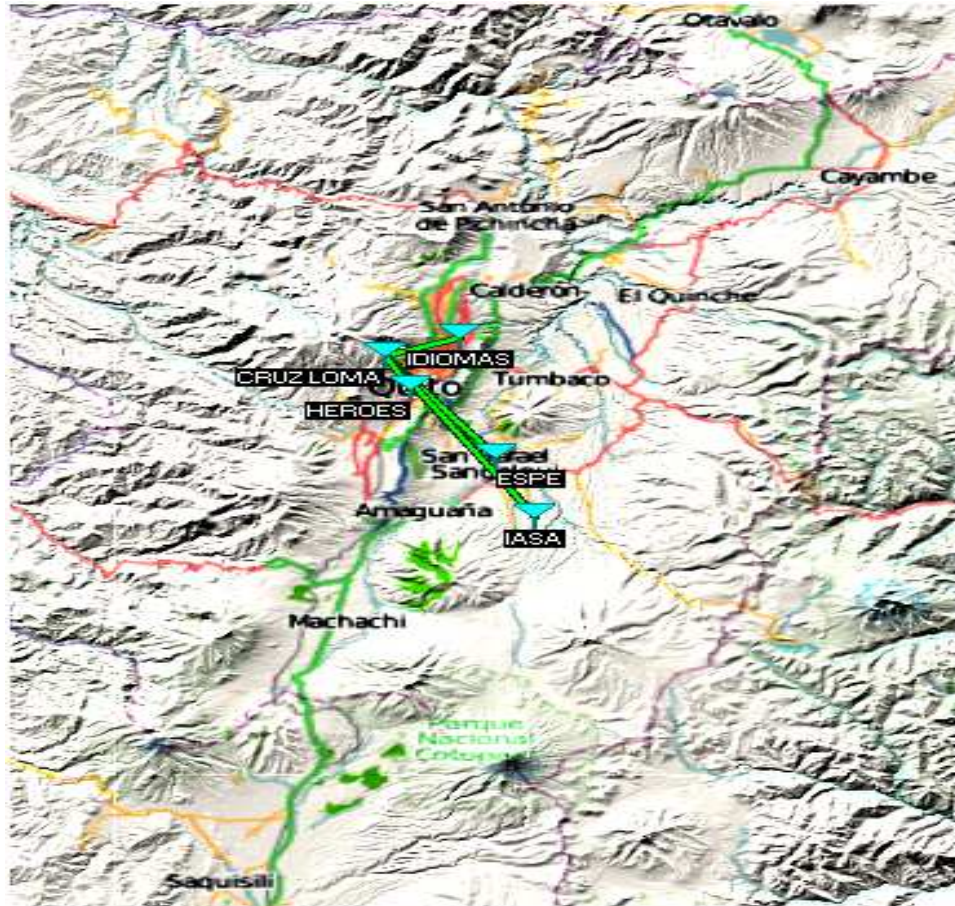


Figura. 2.2. Topología de la Red en Radiomobile

2.1.2 Estructura de Grupos de Trabajo

Actualmente, existen siete grupos de trabajo con su respectivo tipo de línea privada en el sistema de radiocomunicaciones de la ESPE.

En la tabla 2.2, se muestran los grupos de trabajo pertenecientes a cada departamento de la ESPE.

Tabla. 2.2. Grupos de Trabajo

Alias	Tipo de línea privada	Código del Tono
SEGURIDAD	TPL	6B
ADMINISTRATIVA	DPL	D023N
SERVICIO UNIVERSITARIO	DPL	D031N
UTIC	DPL	D043N
TRANSPORTE	DPL	D051N
BIBLIOTECA	DPL	D065N
CICTE	DPL	D071N

Para verificar los grupos de trabajos mencionados, se procedió a ver los mismos en la configuración existente en una radio portátil PRO 7150 Elite, tal y como se muestra en la figura 2.3.

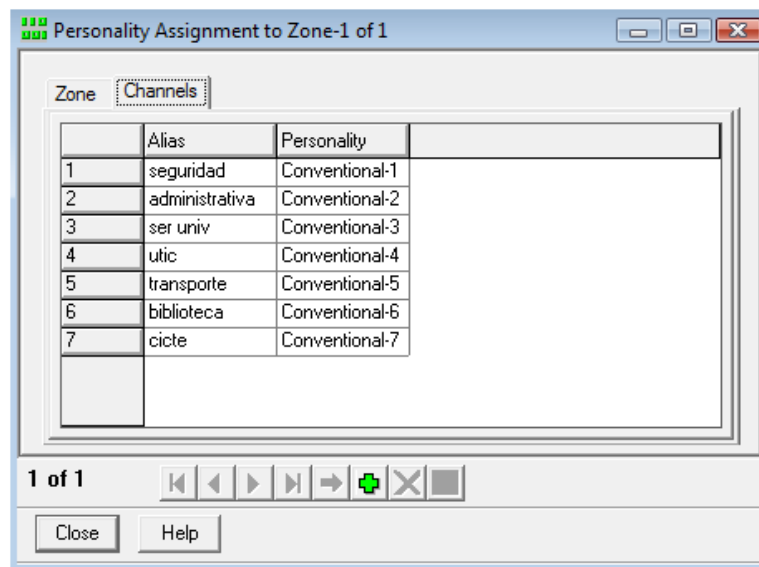


Figura. 2.3. Grupos de Trabajo en una PR0 7150

La finalidad de cada grupo de trabajo ha sido mantener la comunicación entre los usuarios de un departamento sin que exista interferencia con las comunicaciones de los

usuarios de los otros grupos, por lo que se elige un tipo de línea privada y un código para cada grupo de trabajo [3].

2.1.3 Equipos que integran el sistema

Los equipos que integran la red analógica de radiocomunicaciones de la ESPE se muestran en la tabla 2.3.

Tabla. 2.3. Equipos que integran la Red Analógica de Radiocomunicaciones

Sede	Ubicación	Modelo	Cantidad
ESPE Matriz	Policía Militar	PRO 7150	13
		PRO 3150	1
	UTIC	PRO 7150	2
		PRO 3150	2
		PRO 5100	1
	Prevención	GM 300	1
	Servicios Universitarios	PRO 3150	2
PRO 5150		1	
IASA I	Prevención	PRO 5100	1
		GP 300	5
	PRO 5150	2	
	PRO 3100	3	
	M 208	1	
Héroes del Cenepa	Prevención	PRO 5100	1
Idiomas	Prevención	PRO 5100	1
TOTAL			37

En resumen, se tienen:

Tabla. 2.4. Tipo de Radios y Usuarios

Tipos de Radios	# Usuarios
Radios Portátiles	28
Radios Bases	9
Total de Usuarios	37

Por lo tanto, la red analógica de radiocomunicaciones de la ESPE tiene 37 usuarios entre radios portátiles y bases, como se muestra en la tabla 2.4.

Para los usuarios de las radios portátiles, se ha designado los siguientes nominativos, los cuales se detallan en la tabla 2.5

Tabla. 2.5. Nominativos de los Usuarios de Radio Portátiles

Cargo	Nominativo
Rector	Oro
Vicerrector Administrativo	Plata
Vicerrector de Investigaciones	Bronce
Vicerrector Académico	Cobre
Director de Planificación Institucional	Hierro
Director del IASA I	Aluminio
Director de Logística	Titanio
Jefe de Operaciones	Mercurio
Jefe de Inteligencia(Seguridad)	Azufre
Director de Desarrollo Físico	Cadmio
Director de Recurso Militares	Litio
Jefe de Control	Zinc
Jefe de Cuartel	Calcio
Oficial de Semana	Potasio
Encargado de la P.M	Helio
Encargado de Transportes	Cobalto
Clase de Semana	Sodio
Mensajero	Neón
Secretaría del Rectorado	Cloro
Ronda Biblioteca	Níquel
Ronda Laboratorios Elect/Biotecnología	Amonio
Ronda Edificio Central	Magnesio
Ronda General Oficiales	Berilio

Para los usuarios de las radios bases, se les ha designado los siguientes nominativos, los cuales se detallan en la tabla 2.6.

Tabla. 2.6. Nominativos de los Usuarios de Radio Bases

Lugar	Nominativo
Prevención ESPE	Galio
Instituto Idiomas	Plomo
Instituto Héroes del Cenepa	Cromo
Edificio Central ESPE	Silicio
Prevención IASA I	Fósforo
Prevención Héroes del Cenepa	Radio

2.1.4 Análisis de cobertura del sistema actual

Para realizar el análisis de cobertura del sistema actual, se utilizará el software de Radiomobile y se realizarán mediciones del nivel de potencia en cada una de las sedes de la ESPE mediante la utilización del Analizador de Espectros Anritsu.

2.1.4.1 Software Radio Mobile

Este software permite determinar las zonas de coberturas donde se tiene mayor nivel de recepción de la señal en dBm. Para tal efecto, se realiza el análisis con la sede del IASA I debido a que esta se encuentra a 25,66 Km, es decir la sede que esta más distante de la repetidora de Cruz Loma.

Primero, se realiza la simulación del enlace de downlink para determinar la cobertura total de la repetidora.

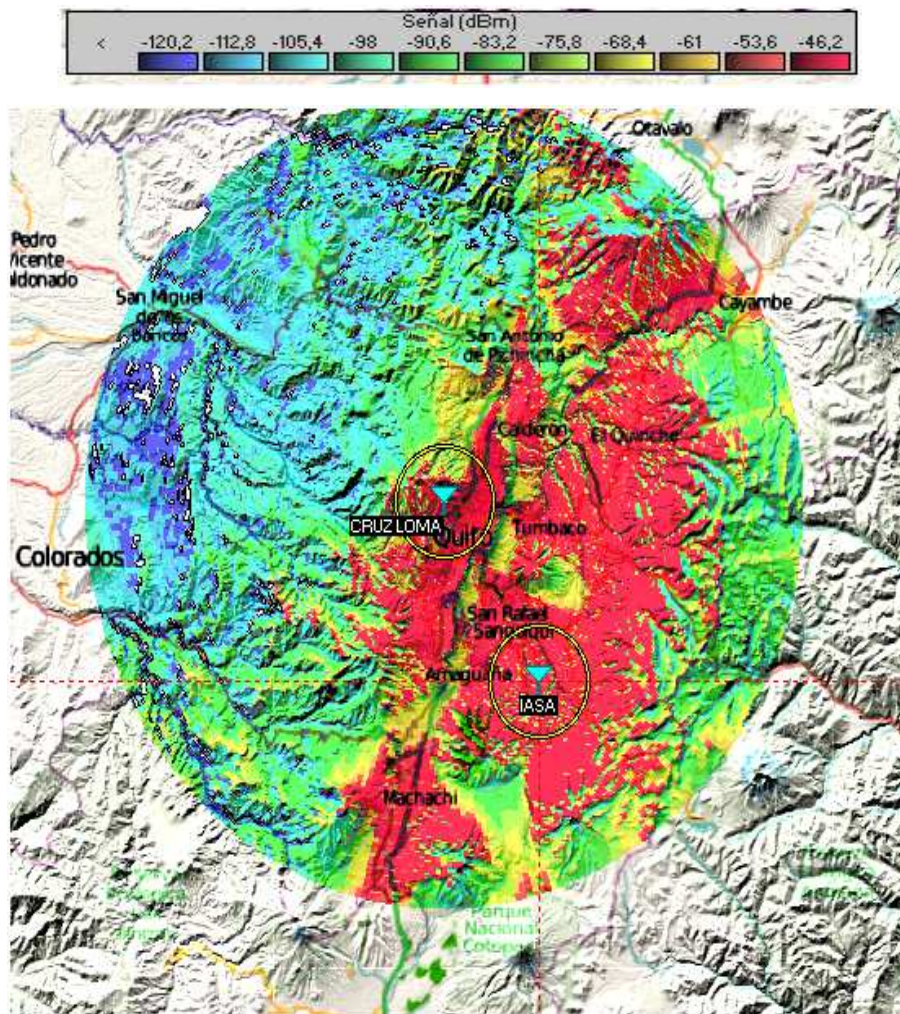


Figura. 2.4. Cobertura de la Repetidora de Cruz Loma

La figura 2.4 muestra que el área de cobertura de la estación repetidora es muy extensa. Se considera que la señal tiene un nivel bueno hasta -105,4 dBm (celeste), promedio hasta -68,4 dBm (amarillo) y excelente hasta -46,2 dBm (rojo) como se muestra en la gráfica. De esta manera se asegura la cobertura en las sedes de la ESPE que tienen enlaces con esta repetidora

Esto se debe a la ganancia de 12 dBi que tiene el arreglo de 4 dipolos doblados, el cual se muestra en la figura 2.5 y a la alta potencia a la que puede transmitir la estación repetidora, que en este caso es de 50W.

La caseta y el equipo repetidor ubicados en Cruz Loma, se muestran en las figuras 2.5 y 2.6.

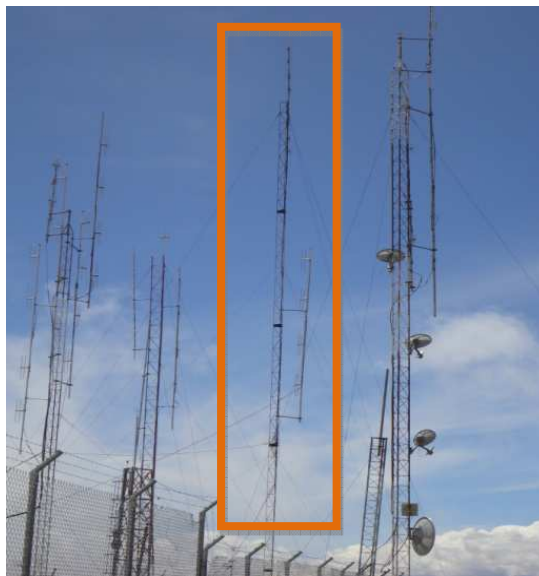


Figura. 2.5. Antena de 4 dipolos la Repetidora en Cruz Loma



Figura. 2.6. Caseta y Equipo de la Estación Repetidora en Cruz Loma

Como segundo paso, se realiza la simulación del enlace uplink. Para ello, se realiza una comparación de la cobertura que se tiene al utilizar una radio base y una portátil.

En la figura 2.7, se muestra la cobertura del enlace uplink entre una radio portátil ubicada en la prevención central del IASA y la estación repetidora. Se observa que la zona de cobertura no es muy extensa debido a que al valor de la potencia a la cual se transmite es de 5W. Este valor es relativamente bajo en comparación al valor de la potencia de transmisión de la radio base, el cual es de 45W.

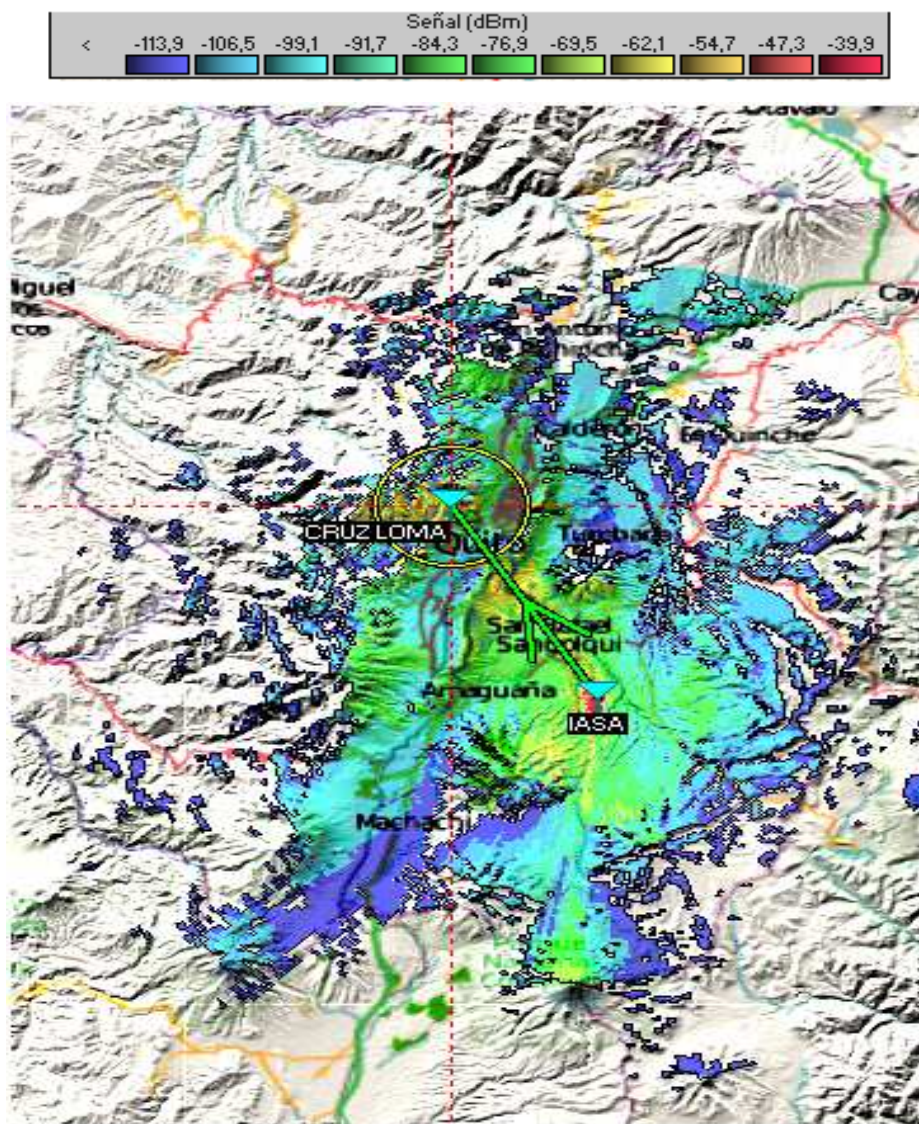


Figura. 2.7. Cobertura utilizando una radio portátil del IASA I

Se considera que la señal tiene un nivel bueno hasta $-99,1$ dBm (celeste), promedio hasta $-76,9$ dBm (verde) y excelente hasta $-54,7$ dBm (amarillo) como se muestra en la figura 2.7.

En la figura 2.8, se muestra la cobertura del enlace uplink entre una radio base ubicada en la prevención central del IASA y la estación repetidora. Se observa que la zona de cobertura es más extensa que la obtenida al utilizar una radio portátil.

Esto se debe a que al valor de la potencia a la cual se transmite es de $45W$ y que la antena de la radio base es un arreglo de 4 dipolos doblados, es decir tiene una mayor ganancia que la antena de las radios portátiles.

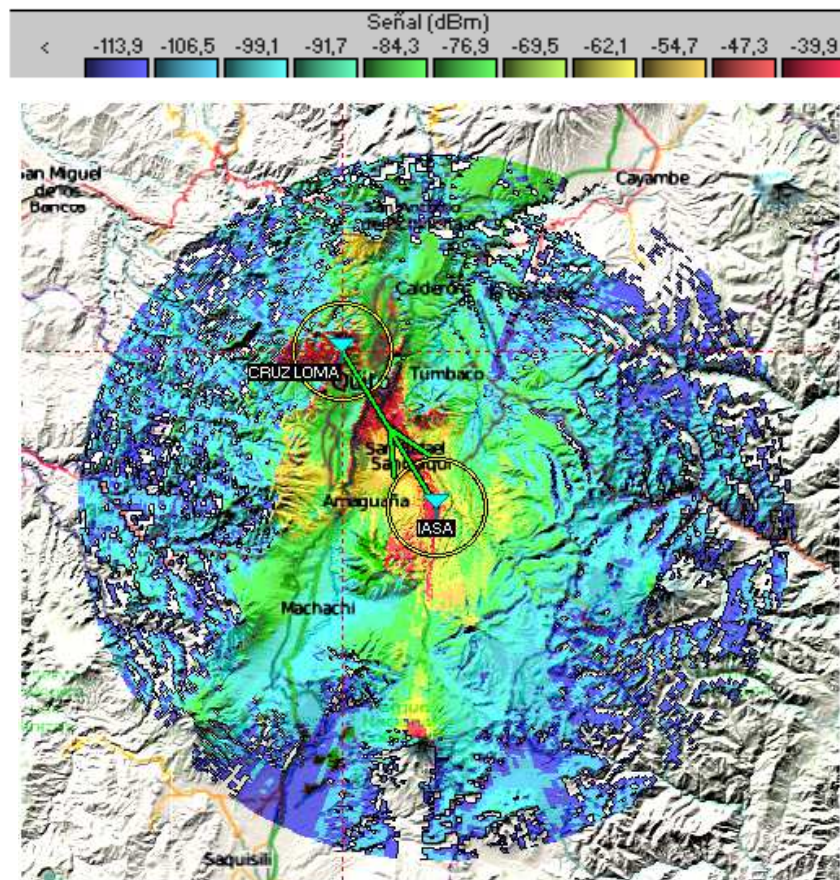


Figura. 2.8. Cobertura utilizando una radio base del IASA I

Se considera que la señal tiene un nivel bueno hasta $-99,1$ dBm (celeste), promedio hasta $-76,9$ dBm (verde) y excelente hasta $-39,9$ dBm (rojo) como se muestra en la figura 2.8.

2.1.4.2 Medición de los Niveles de Potencia mediante la utilización del Analizador de Espectros Anritsu

En cada sede de la ESPE, se procedió a realizar el barrido espectral de la señal de recepción, el cual permite medir el nivel de potencia que la antena recibe, ya sea esta una antena omnidireccional o una antena de 4 dipolos plegados. De esta forma, se determina si hay o no cobertura en esa zona de medición.

Para realizar la medición, se utiliza una radio portátil PRO 7150, la cual transmite en la frecuencia de $152,925$ MHz, la repetidora toma esa señal y la retransmite $151,525$ MHz. En el analizador de espectros, se coloca la respectiva antena de acuerdo a la sede y se utiliza un rango de frecuencias para la operación del equipo, en este caso la frecuencia de inicio es de 145 MHz y la frecuencia final es de 160 MHz.

El esquema de conexión para realizar las mediciones, se presenta en las figuras 2.9 y 2.10.

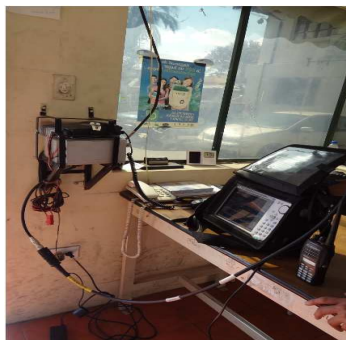


Figura. 2.9. Conexión del Analizador de Espectros al cable de bajada de Antena



Figura. 2.10. Conexión del Cable de Prueba Anritsu al Analizador de Espectros

Como se puede observar en las figuras 2.9 y 2.10, el conector PL-259 macho del cable de bajada de antena se conecta al cable de prueba de puertos de fase estable de marca Anritsu, mediante el conector N macho a PL-259 Hembra. El otro extremo del cable de prueba Anritsu, se conecta al puerto RF- In del Analizador de Espectros. De esta manera se procede a realizar las mediciones en las siguientes sedes:

- **ESPE Matriz**

En esta sede, se procedió a realizar las conexiones respectivas, para comenzar las mediciones, como se muestra en la figura 2.11.



Figura. 2.11. Conexión del Analizador de Espectros en ESPE Matriz

En la prevención de la ESPE Matriz, se obtuvo la medición del nivel de potencia con una antena omnidireccional. El nivel de potencia recibida se muestra en la figura 2.12.

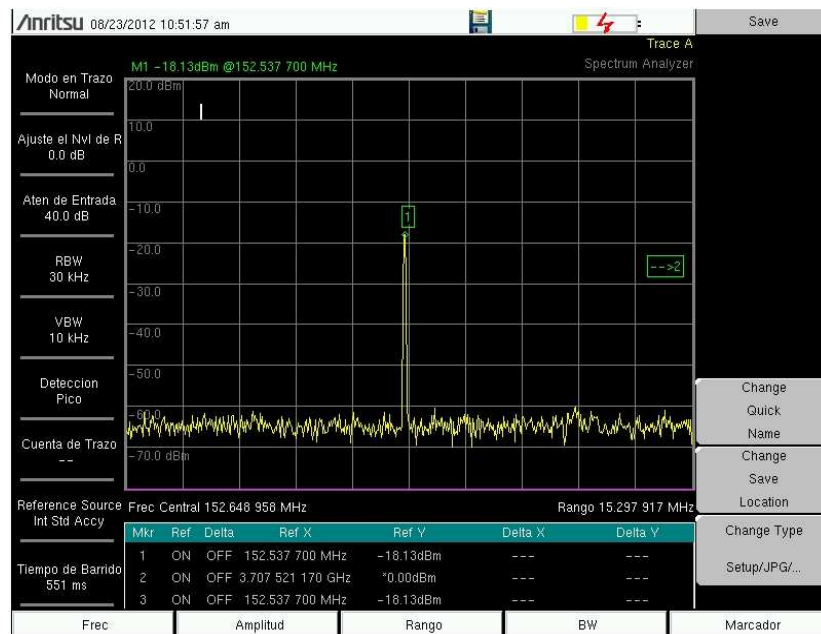


Figura. 2.12. Medición del Nivel de Potencia en la ESPE Matriz

Análisis

La figura 2.12 muestra la señal portadora de frecuencia a 152.525 MHz, que recibe una antena omnidireccional, los límites del barrido espectral son: frecuencia de inicio es de 145 MHz y la frecuencia final es de 160 MHz. El nivel de referencia es de 0 dBm y una atenuación de la señal de 40 dBm, estos parámetros permiten visualizar de mejor manera los picos de la señal buscada.

Al utilizar los marcadores, y escoger la opción de Busque Pico, este automáticamente se sitúa en la frecuencia central de 152,525 MHz y el nivel de potencia de recepción con una antena omnidireccional es de -18.13 dBm. Este valor de potencia

de recepción es muy alto, si se considera que la ESPE Matriz se encuentra a una distancia de 17.08 Km con la estación repetidora ubicada en Cruz Loma.

- **IASA I**

En esta sede, se procedió a realizar las conexiones respectivas, para comenzar las mediciones, como se muestra en la figura 2.13.



Figura. 2.13. Conexión del Analizador de Espectros en IASA I

En la prevención del IASA I, la medición se realizó con una antena de 4 dipolos plegados. El nivel de potencia recibida se muestra en la figura 2.14.

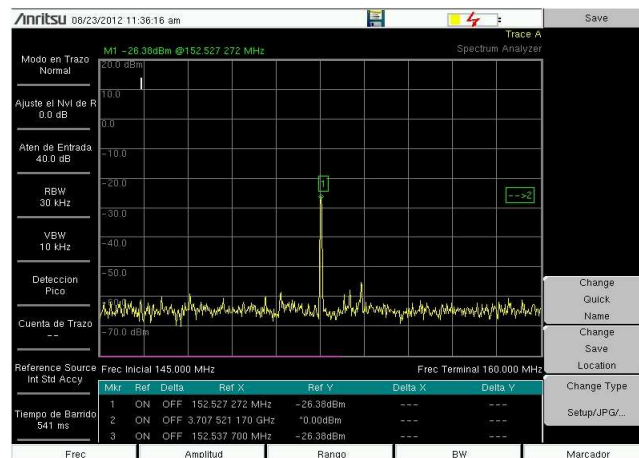


Figura. 2.14. Medición del Nivel de Potencia en el IASA I.

Análisis

El nivel de potencia recibida al utilizar una antena de 4 dipolos plegados es de -26.36 dBm. Este valor de potencia es muy alto, si se considera que la sede del IASA I, se encuentra a 25.70 Km de la estación repetidora ubicada en Cruz Loma.

- **Héroes del Cenepa**

En esta sede, se procedió a realizar las conexiones respectivas, para comenzar las mediciones, como se muestra en la figura 2.15.



Figura. 2.15. Conexión del Analizador de Espectros en Héroes del Cenepa

En la prevención de Héroes del Cenepa, se obtuvo la medición del nivel de potencia, con una antena omnidireccional. El nivel de potencia recibida se muestra en la figura 2.16.

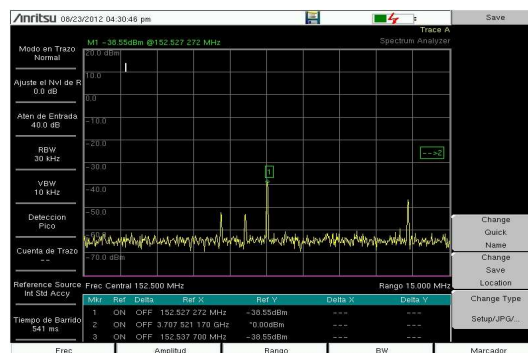


Figura. 2.16. Medición del Nivel de Potencia en Héroes del Cenepa

Análisis

El nivel de potencia recibida al utilizar una antena omnidireccional es de -38.55 dBm. Esta sede se encuentra a 5.49 Km de la estación repetidora ubicada en Cruz Loma.

Este valor es muy pequeño en relación a la corta distancia que se encuentra a Cruz Loma, por lo que para analizar en detalle, se verifica el enlace en Radiomobile.

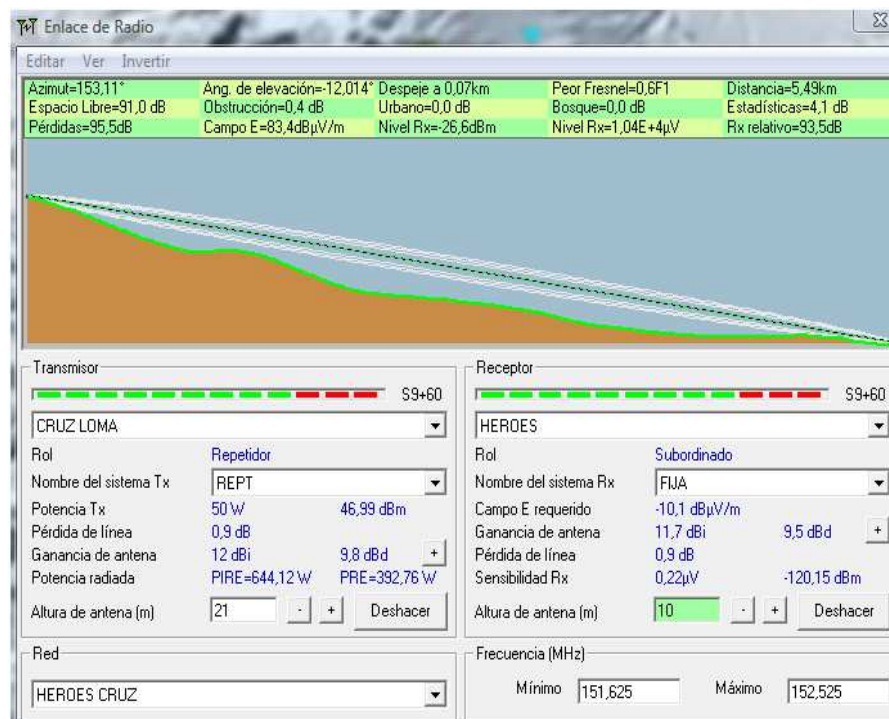


Figura. 2.17. Simulación Enlace Cruz Loma – Héroes del Cenepa

En la figura 2.17, se puede observar que existe línea de vista, se asegura el 60% libre de la primera zona de Fresnel y que la distancia es menor a la distancia entre la ESPE Matriz y la repetidora de Cruz Loma, por lo que la conclusión de este bajo nivel de potencia recibida, se justifica a que los dipolos de la antena de Cruz Loma, no esta radiando directamente a la sede de Héroes del Cenepa. Se puede observar en la figura que esto se debe al tipo de relieve del terreno y por la obstrucción de la Primera Zona de

Fresnel, que a pesar de tener el 60% libre, se puede considerar que existe atenuación de la señal.

Por lo tanto, se realizara la simulación del enlace al aumentar la altura de antena de la estación repetidora a un valor que asegure que la Primera Zona de Fresnel este libre en un porcentaje mayor al 60%, lo cual mejora el nivel de recepción.

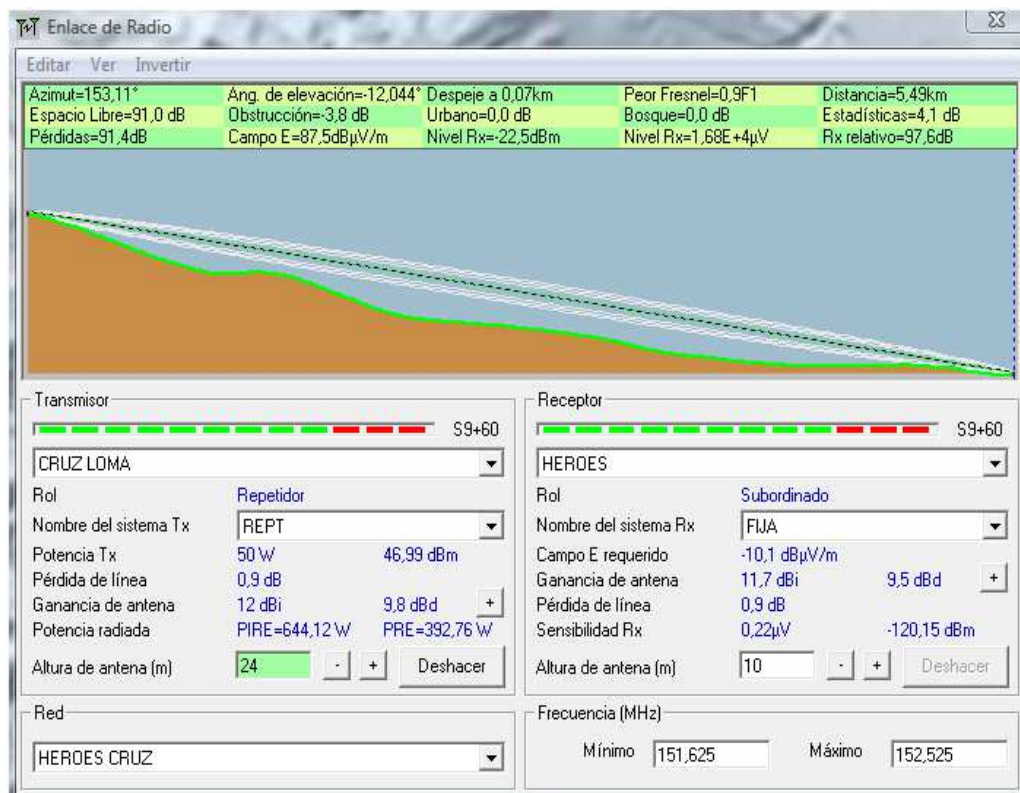


Figura. 2.18. Simulación modificando altura de antena de Cruz Loma

En la figura 2.18, se puede observar que existe línea de vista, se asegura el 90% libre de la primera zona de Fresnel y que el nivel de recepción es de -22.5 dBm.

Por lo que se concluye que se necesita aumentar la altura de antena de la repetidora para tener la Primera de Zona de Fresnel libre en un valor desde 60% al 100%

con un incremento en la altura de la antena de 3m, lo cual disminuirá la pérdida de la señal por obstáculos, mejorando así el nivel de recepción.

- **Idiomas**

En esta sede, se procedió a realizar las conexiones respectivas, para comenzar las mediciones, como se muestra en la figura 2.19.



Figura. 2.19. Conexión del Analizador de Espectros en Idiomas

En la prevención de la ESPE Idiomas, se obtuvo la medición del nivel de potencia, con una antena omnidireccional. El nivel de potencia recibida se muestra en la figura 2.20.

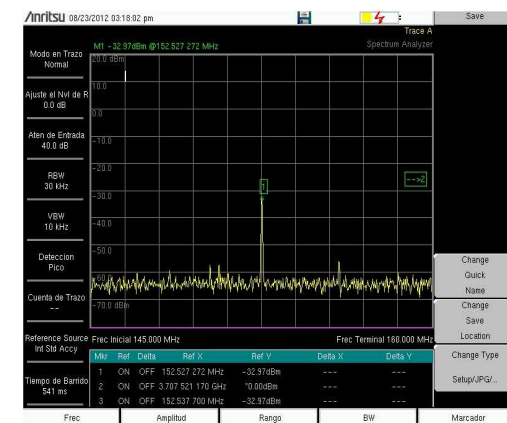


Figura. 2.20. Medición del Nivel de Potencia en Idiomas

Análisis

El nivel de potencia recibida al utilizar una antena omnidireccional es de -32.97 dBm. Este valor es menor que el nivel de potencia recibida por la sede ESPE Matriz, a pesar de estar más cerca de la estación repetidora, es decir a una distancia de 7.12 Km. Por lo que se procede a verificar el enlace en Radiomobile.

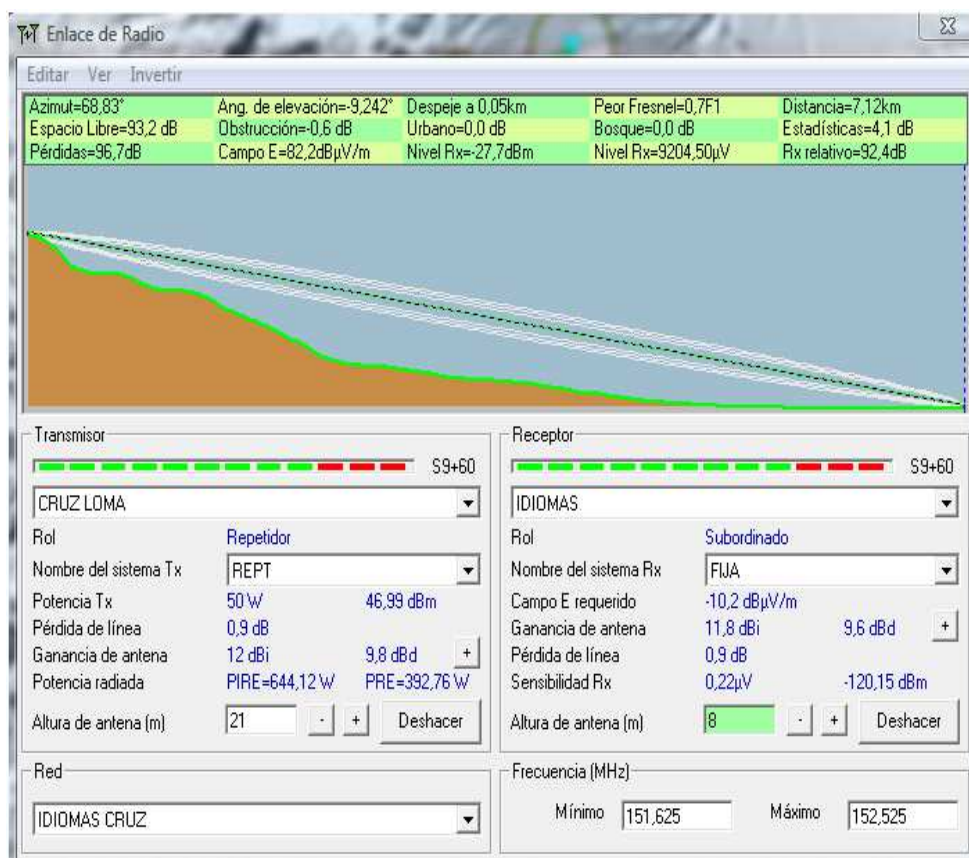


Figura. 2.21. Simulación Enlace Cruz Loma – Idiomas

En la figura 2.21, se puede observar que existe línea de vista, se asegura el 70% libre de la primera zona de Fresnel y que la distancia es menor a la distancia entre la ESPE Matriz y la repetidora de Cruz Loma. Sin embargo, al tener asegurado el 70% libre de la Zona de Fresnel, se puede considerar que se tiene atenuación de la señal por obstáculos, ya sean estas edificaciones o vegetación cerca de Cruz Loma.

Por lo tanto, se realizara la simulación del enlace al aumentar la altura de antena de la estación repetidora a un valor que asegure que la Primera Zona de Fresnel este libre en un porcentaje mayor al 70%, lo cual mejora el nivel de recepción.

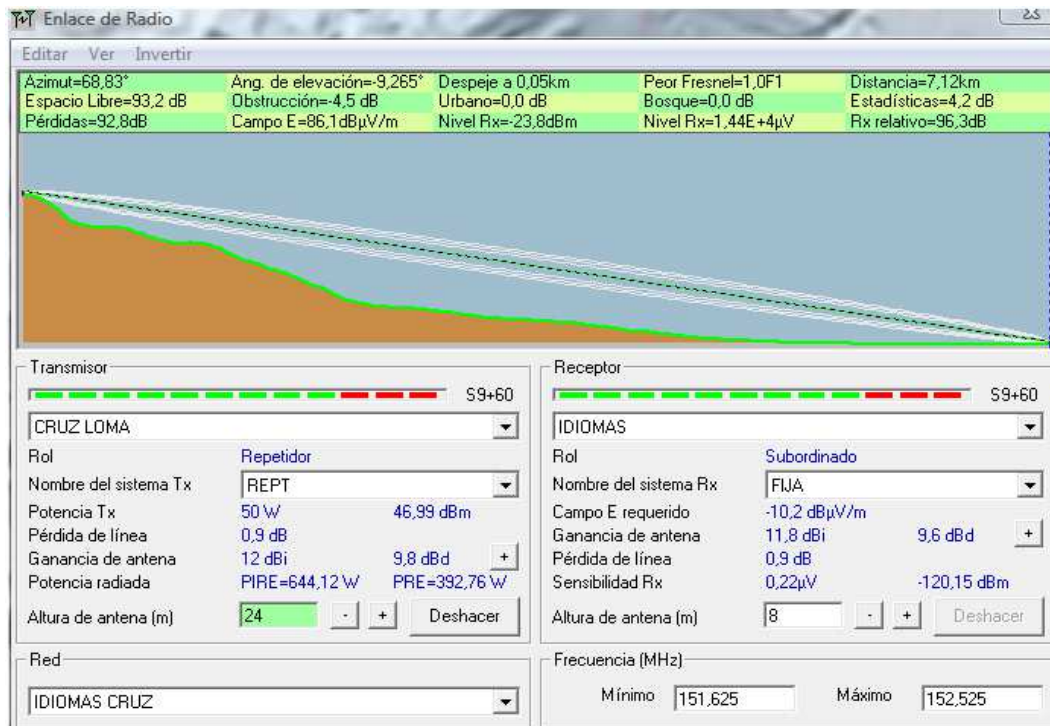


Figura. 2.22. Simulación modificando altura de antena de Cruz Loma

En la figura 2.22, se puede observar que existe línea de vista, se asegura el 100% libre de la primera zona de Fresnel y que el nivel de recepción es de -23 dBm. Por lo que se concluye que se necesita aumentar la altura de antena de la repetidora para tener la Primera de Zona de Fresnel libre en un valor desde 60% al 100% con un incremento en la altura de la antena de 3m, lo cual disminuirá la pérdida de la señal por obstáculos, mejorando así el nivel de recepción.

En base al análisis de las mediciones, se procede a realizar el levantamiento del Mapa de Cobertura.

Para tal efecto, se realiza la tabla 2.7, donde se resumen los niveles de potencia recibidos y la distancia de cada sede respecto a Cruz Loma.

Tabla. 2.7. Niveles de Potencia Recibido de cada Sede

Sede	Altura Antena de Transmisión Repetidora (m)	Altura Antena de Recepción Sede (m)	Nivel de Potencia (dBm)	Distancia (Km)
ESPE Matriz	21	9	-18.13	17.08
IASA I	21	8	-26.36	25.70
Héroes del Cenepa	21	10	-38.55	5.49
Idiomas	21	8	-32.97	7.12

El Mapa de Cobertura de la Red de Radiocomunicaciones VHF de la ESPE es el que se muestra en la figura 2.23.

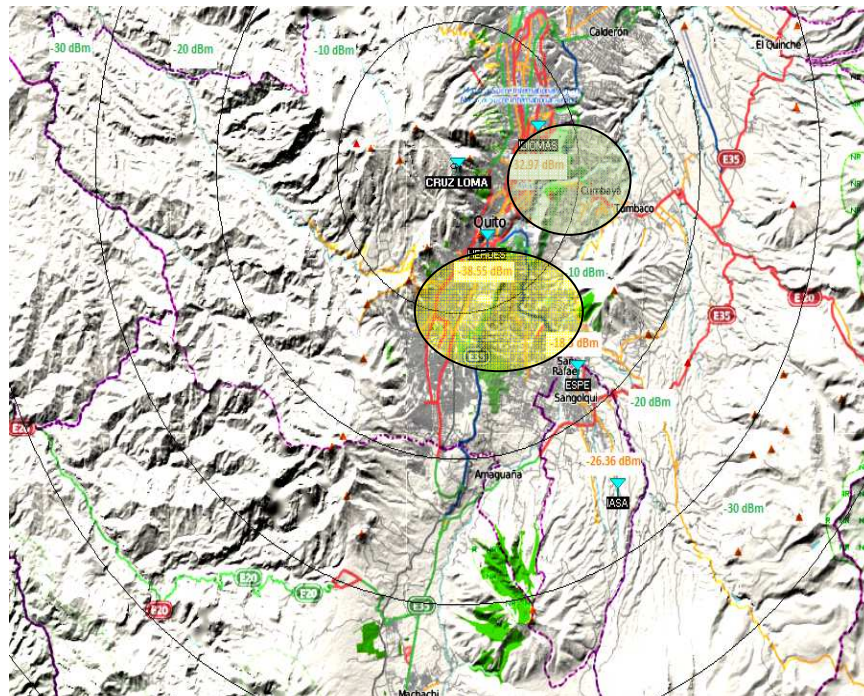


Figura. 2.23. Mapa de Cobertura de la Red VHF de Radiocomunicaciones

En la figura 2.23, la zona de color amarillo que rodea a las sede de Héroes del Cenepa indica que esta es una zona de bajo nivel de recepción por la topología del terreno.

En la zona ce color verde de la figura 2.23 se observa que el nivel de señal es de -32.97 dBm a pesar de estar solo a 7.1Km de la repetidora.

Este nivel de señal que se justifica por la presencia de obstáculos en Cruz Loma que obstruyen la primera zona de Fresnel siendo necesario por lo tanto un incremento en la antena de transmisión para cubrir de una forma más optima estas áreas.

2.2 REVISIÓN DE EQUIPOS QUE CONFORMAN EL SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIÓN.

2.2.1 Determinación de parámetros técnicos del sistema actual.

Los parámetros técnicos del sistema actual, se los obtuvo al entrar en la configuración de la repetidora, de las radios bases y portátiles [6].

Los parámetros técnicos de los equipos pertenecientes a la red analógica de radiocomunicaciones de la ESPE, son los siguientes:

- **Radio Portátil**

Las radios portátiles son de marca Motorola. Estos equipos son de las series GP300, PRO 3150, PRO 5150 y PRO 7150 Elite, En las siguientes tablas, se muestran

las características técnicas principales de los modelos de radios mencionados, los cuales son manipulados por los oficiales directivos y personal de la ESPE.

- **Radio Portátil PRO- 7150 Elite**

La tabla 2.8 muestra las características técnicas de la radio PRO 7150 Elite.

Tabla. 2.8. Características Técnicas Radio PRO-7150 Elite

	
Parámetro Técnico	Especificación
Frecuencia de Operación	134-174 MHz
Potencia de Transmisión	1-5W
Sensibilidad	0.25 μ V
Display	Alfanumérico de 14 Caracteres
Teclado	Sí

- **Radio Portátil GP-300**

La tabla 2.9 muestra las características técnicas de la radio GP - 300.

Tabla. 2.9. Características Técnicas Radio GP-300

	
Parámetro Técnico	Especificación
Frecuencia de Operación	138-178 MHz
Potencia de Transmisión	1-5W
Sensibilidad	0.25 μ V
Display	No
Teclado	No

- **Radio Portátil PRO-3150**

La tabla 2.10 muestra las características técnicas de la radio PRO 3150.

Tabla. 2.10. Características Técnicas Radio PRO-3150

	
Parámetro Técnico	Especificación
Frecuencia de Operación	138-178 MHz
Potencia de Transmisión	1-5W
Sensibilidad	0.25 μ V
Número de Canales	4
Espaciamiento del Canal	12.5 /20/ 25 kHz
Display	No
Teclado	No

- **Radio Portátil PRO -5150**

La tabla 2.11 muestra las características técnicas de la radio PRO 5150.

Tabla. 2.11. Características Técnicas Radio PRO-5150

	
Parámetro Técnico	Especificación
Frecuencia de Operación	138-178 MHz
Potencia de Transmisión	1-5W
Sensibilidad	0.22 μ V
Número de Canales	4-16
Display	No
Teclado	No

- **Radio Base**

Las radios bases son de marca Motorola. Estos equipos son de la serie PRO 5100,3100, GM300 y M208.

En las tablas 2.12, 2.13, 2.14 y 2.15, se muestra las características técnicas principales de los modelos de radios mencionados. Estos equipos se encuentran instalados en las prevenciones y sedes de la ESPE.

- **Radio Base PRO-5100**

La tabla 2.12 muestra las características técnicas de la radio PRO 5100.

Tabla. 2.12. Características Técnicas Radio PRO-5100

	
Parámetro Técnico	Especificación
Frecuencia de Operación	134-174 MHz
Potencia de Transmisión	25-45W
Sensibilidad	0.22 μ V
Número de Canales	64
Espaciamiento del Canal	12.5 /20/ 25 Khz
Display	14 Caracteres Alfanuméricos
Botones Intercambiables	Si

- **Radio Base PRO-3100**

La tabla 2.13 muestra las características técnicas de la radio PRO 3100.

Tabla. 2.13. Características Técnicas Radio PRO-3100

	
Parámetro Técnico	Especificación
Frecuencia de Operación	134-174 MHz
Potencia de Transmisión	25-45W
Sensibilidad	0.22 μ V
Número de Canales	4
Espaciamiento del Canal	12.5 /20/ 25 Khz
Display	No
Botones Intercambiables	Si

- **Radio Base GM-300**

La tabla 2.14 muestra las características técnicas de la radio GM-300.

Tabla. 2.14. Características Técnicas Radio GM-300

	
Parámetro Técnico	Especificación
Frecuencia de Operación	134-174 MHz
Potencia de Transmisión	1-40W
Sensibilidad	0.22 μ V
Número de Canales	8-16
Display	2 caracteres numéricos
Botones Intercambiables	No

- **Radio Base M-208**

La tabla 2.15 muestra las características técnicas de la radio M-208.

Tabla. 2.15. Características Técnicas Radio M-208

	
Parámetro Técnico	Especificación
Frecuencia de Operación	146-174 MHz
Potencia de Transmisión	45W
Sensibilidad	0.22 μ V
Número de Canales	8
Espaciamiento del Canal	/20/ 25 Khz
Display	2 caracteres numéricos

- **Repetidora**

En la tabla 2.16, se muestran las características técnicas principales de la estación repetidora.

Tabla. 2.16. Características Técnicas Repetidora TKR-750E

	
Parámetro Técnico	Especificación
Frecuencia de Operación	146-174 MHz
Potencia de Transmisión	25-50W
Sensibilidad	0.45 μ V
Número de Canales	16
Espaciamiento del Canal	12.5 / 25 Khz

- **Equipamiento para la Programación**

Para la configuración, se dispone del siguiente equipamiento:

- Cable de programación de Radio Portátil modelo GP-300
- Cable de programación de Radio Portátil modelo PRO-3150
- Cable de programación de Radio Portátil modelo PRO-5150
- Cable de programación de Radio Base modelo PRO-5100
- Cable de programación de Radio Base modelo P-100
- Cable de programación de Radio Base modelo P-100M
- Cable de programación de Radio Base modelo M-208
- Cable de programación de Radio Portátil modelo PRO-7150
- Cable de programación de Radio Portátil modelo PRO-7150 Elite
- Cable de programación de Radio Base modelo PRO-3100
- Cable de programación de Repetidora modelo TKR-750E
- RIB - Caja de Interfaz de Radio
- Software para Radios Portátiles Entry Level Professional Radio CPS R02.01.03-LA
- Software para Radios Bases Professional Radio CPS R0.07.04

- **Procedimiento para la Programación**

Primero, para leer la configuración de los parámetros de cada equipo, se lo realiza mediante la utilización del software Entry Level Professional Radio CPS R02.01.03-LA para los radios portátiles y para las radios bases se utiliza el software denominado Professional Radio CPS R0.07.04. De esta manera, se puede determinar las frecuencias de transmisión y de recepción, así como el código del tipo de línea privada.

En la radio PRO 7150 Elite, la configuración del equipo, se la procedió a verificar en la ventana de Conventional Personality, la cual se muestra en la figura 2.24.

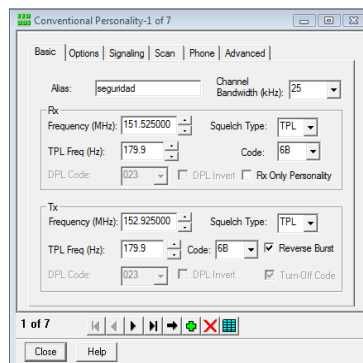


Figura. 2.24. Configuración del Radio PRO 7150 Elite

Es importante recalcar que cada tono característico es un grupo de trabajo, por lo que se ha escogido un radio de cada grupo y se ha determinado en la configuración del equipo, el tono correspondiente a cada grupo de trabajo.

De acuerdo al grupo de trabajo, las configuraciones de los equipos son las siguientes:

- **Seguridad**

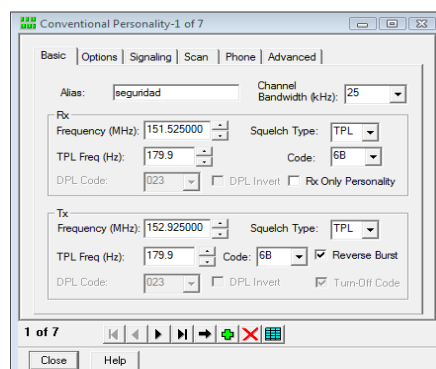


Figura. 2.25. Configuración del Grupo de Trabajo de Seguridad

En la figura 2.25, se muestra la configuración del grupo de trabajo de Seguridad. El tono característico de este grupo, es de tipo TPL y el código es 6B.

- **Administrativo**

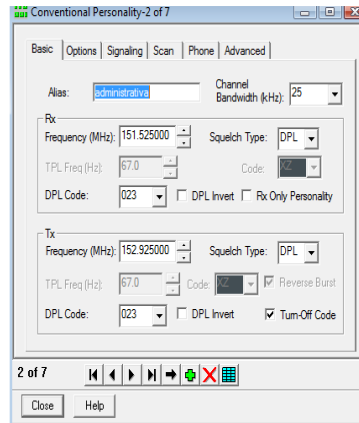


Figura. 2.26. Configuración del Grupo de Trabajo de Administrativo

En la figura 2.26, se muestra la configuración del grupo de trabajo de Administrativa. El tono característico de este grupo, es de tipo DPL y el código es 023.

- **Servicios Universitarios**

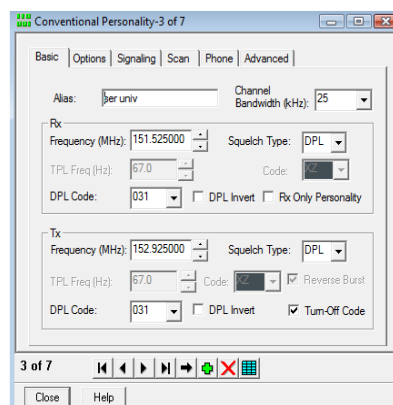


Figura. 2.27. Configuración del Grupo de Trabajo de Servicios Universitarios

En la figura 2.27, se muestra la configuración del grupo de trabajo de Servicios Universitarios. El tono característico de este grupo, es de tipo DPL y el código es 031.

- **UTICS**

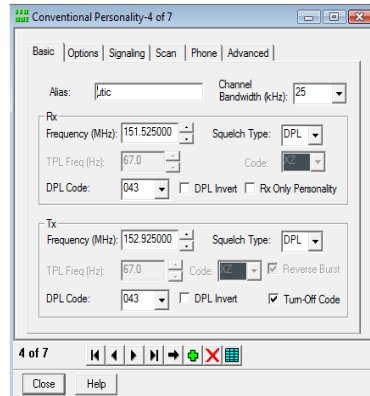


Figura. 2.28. Configuración del Grupo de Trabajo de UTICS

En la figura 2.28, se muestra la configuración del grupo de trabajo de UTICS. El tono característico de este grupo, es de tipo DPL y el código es 043.

- **Transportes**

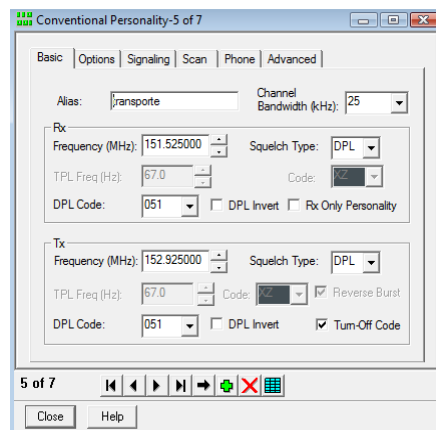


Figura. 2.29. Configuración del Grupo de Trabajo de Transportes

En la figura 2.29, se muestra la configuración del grupo de trabajo de Transportes. El tono característico de este grupo, es de tipo DPL y el código es 051.

- **Biblioteca**

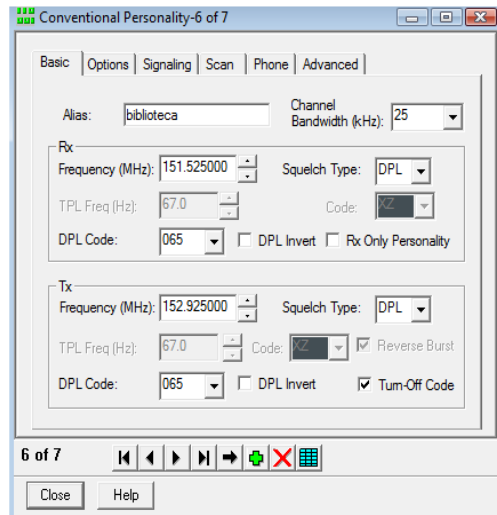


Figura. 2.30. Configuración del Grupo de Trabajo de Biblioteca

En la figura 2.30, se muestra la configuración del grupo de trabajo de Biblioteca. El tono característico de este grupo, es de tipo DPL y el código es 065.

- **CICTE**

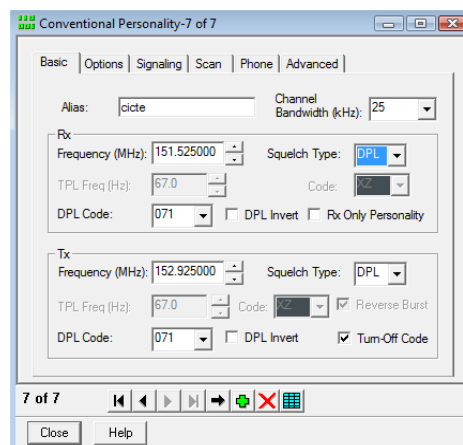


Figura. 2.31. Configuración del Grupo de Trabajo de CICTE

En la figura 2.31, se muestra la configuración del grupo de trabajo del CICTE. El tono característico de este grupo, es de tipo DPL y el código es 071.

En las figuras anteriores, se muestran los parámetros técnicos de las radios portátiles de la ESPE matriz. Estos son los mismos parámetros que se encuentran configurados en las radios bases y se encuentran tabulados en la tabla 2.17.

Tabla. 2.17. Parámetros Técnicos Radio PRO 7150

Grupo	Frec. Tx (MHZ)	Frec. Rx (MHZ)	Separación de Canal(Khz)	Tipo de línea privada	Código
seguridad	152,925	151,525	25	TPL	6B
administrativa	152,925	151,525	25	DPL	D023N
serv univ	152,925	151,525	25	DPL	D031N
Utic	152,925	151,525	25	DPL	D043N
transporte	152,925	151,525	25	DPL	D051N
biblioteca	152,925	151,525	25	DPL	D065N
Cicte	152,925	151,525	25	DPL	D071N

Como segundo paso, se procede a leer la configuración de la estación repetidora mediante el software KPG-91D. Mediante este, se puede determinar el número de canales que se están utilizando, las frecuencias de transmisión y recepción, los tonos característicos pertenecientes a cada grupo de trabajo y el espaciamiento del canal. En la figura 2.32, se muestra los parámetros técnicos configurados de la repetidora.

No.	RX Frequency	TX Frequency	QT/DQT Dec	QT/DQT Enc	Ch Name	Multi Table	W/N	Power	Ope Mode	Scan Add	CW ID
1	152,92500	151,52500	179,9	179,9	SE	Yes	Wide	High	Repeat	No	No
2	152,92500	151,52500	D023N	D023N	Ad	Yes	Wide	High	Repeat	No	No
3	152,92500	151,52500	D031N	D031N	SU	Yes	Wide	High	Repeat	No	No
4	152,92500	151,52500	D043N	D043N	Ut	Yes	Wide	High	Repeat	No	No
5	152,92500	151,52500	D051N	D051N	tr	Yes	Wide	High	Repeat	No	No
6	152,92500	151,52500	D065N	D065N	ci	Yes	Wide	High	Repeat	No	No
7	152,92500	151,52500	D071N	D071N	SG	Yes	Wide	High	Repeat	No	No
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											

Figura. 2.32. Configuración estación Repetidora modelo TKR-750E

Cabe mencionar que los tonos característicos de cada grupo de trabajo que se configuraron en las radio bases y móviles deben ser los mismos en la configuración de la estación repetidora, para de esta manera evitar interferencias y mantener la privacidad entre las comunicaciones de los distintos departamentos de la ESPE.

En la tabla 2.18, se detallan los parámetros técnicos principales configurados en la estación repetidora ubicada en Cruz Loma.

Tabla. 2.18. Parámetros Técnicos de la Repetidora

Canal	Frec. Tx(MHZ)	Frec. Rx(MHZ)	DQT	Grupo de Trabajo
1	151,525	152,925	179,9	Seguridad
2	151,525	152,925	D023N	Administrativo
3	151,525	152,925	D031N	Servicios
4	151,525	152,925	D043N	Universitarios
5	151,525	152,925	D051N	UTICS
6	151,525	152,925	D065N	Transporte
7	151,525	152,925	D071N	Biblioteca
				CICTE

- **Antenas**

Para las estaciones bases ubicadas en las prevenciones de la ESPE Matriz, Idiomas y Héroes del Cenepa, se utiliza una Antena VHF Omnidireccional con 3 dBi de ganancia, como se muestra en la figura 2.33.



Figura. 2.33. Antena Omnidireccional ubicada en la Prevención de la ESPE Matriz

Para la estaciones bases ubicadas en el IASA I y en el edificio central se utiliza Antenas de 4 dipolos con 12 dBi de ganancia, como se muestra en la figura 2.34.



Figura. 2.34. Antena Omnidireccional ubicada en la Prevención del IASA I

En la tabla 2.19, se muestra el tipo de antena que se utiliza para las radios bases, la altura del edificio sobre el cual están colocadas, la altura de la antena y la ganancia de la misma.

Tabla. 2.19. Altura y Tipo de Antena

Sede	Tipo de Antena	Ganancia (dBi)	Altura del Edificio, Torre Mástil (m)	Altura de Antena (m)	Altura Total (m)
ESPE Matriz	Omnidireccional	3	6	3	9
IASA I	Arreglo de 4 dipolos doblados	12	3	5	8
Cruz Loma	Arreglo de 4 dipolos doblados	12	15	6	21
Idiomas	Omnidireccional	3	5	3	8
Héroes del Cenepa	Omnidireccional	3	8	2	10

Los departamentos de Servicios Universitarios, Transportes, Biblioteca y Administrativo han dejado de utilizar esta red, debido a que la mayoría de los usuarios utilizan el celular para comunicarse mediante llamadas telefónicas y envío de mensajes de texto, aunque estos servicios impliquen un costo.

También se ha dejado de utilizar esta red, debido a que el tamaño del celular es mucho más pequeño que el de la radio portátil y los usuarios dan preferencia a los equipos de menor tamaño para comunicarse en sus actividades diarias. Por lo que actualmente, la red VHF de radiocomunicaciones de la ESPE solo se utiliza por el personal de la policía militar para el control de la seguridad.

Es así que los equipos, actualmente están distribuidos como se muestra en la tabla 2.20.

Tabla. 2.20. Distribución Actual de las Radios Bases y Portátiles

Tipo de Radio Asignada	Modelo	Serie	Lugar
Base	PRO-5100	103THED359	Prevención ESPE Matriz
Base	PRO-5100	103THED361	Prevención IASA I
Base	PRO-5100	103THED334	Prevención Idiomas
Base	PRO-5100	103THED353	Prevención Héroes del Cenepa
Base	PRO-5100	103THED320	UTICS
Portátil	PRO-7150 Elite	004TFY0386	Rector
Portátil	PRO-7150 Elite	004TFY0397	Vicerrector Académico
Portátil	PRO-7150 Elite	004TFY0414	Vicerrector de Investigaciones
Portátil	PRO-7150 Elite	004TFY0423	Gerente Administrativo y Financiero
Portátil	PRO-7150 Elite	004TFY0425	Oficial de Seguridad
Portátil	PRO-7150 Elite	004THAE937	Retén
Portátil	PRO-7150 Elite	004THAE947	Oficial de Semana
Portátil	PRO-7150 Elite	004THAE948	Jefe de Control
Portátil	PRO-7150 Elite	004THAE950	Jefe de Escuela
Portátil	PRO-7150 Elite	004THAE952	Policía Militar
Portátil	PRO-7150 Elite	004THAE953	UTICS
Portátil	PRO-7150 Elite	004THAE954	UTICS
Portátil	PRO- 3150	422HBG6633	UTICS
Portátil	PRO- 3150	422HBG6582	UTICS
Portátil	PRO- 5150	672TAYA604	UTICS

Como se puede ver del total de 37 radios disponibles, solo 5 radios bases y 15 radios portátiles se encuentran en uso. Por lo que el porcentaje de utilización del sistema es del 54%.

Lo que demuestra que este sistema esta quedando obsoleto, requiere actualizarse y buscar nuevas aplicaciones de acuerdo a los avances de la tecnología en las radiocomunicaciones.

CAPÍTULO III

REESTRUCTURA DE LA RED ACTUAL

3.1. REVISIÓN DE LOS PARÁMETROS TÉCNICOS DE LOS EQUIPOS

A continuación se detalla de forma explícita las distintas visitas a cada uno de los puntos de la red de radio-comunicaciones de la ESPE para realizar las pruebas de funcionamiento de los equipos, en los cuales también se analizará el su funcionamiento y su estado físico; y según sea el caso se procederá a cambiar elementos que sean necesarios a fin de realizar el levantamiento y mantenimiento para mejorar cada uno de los puntos, finalizando con las pruebas de comunicación entre las distintas sedes.

3.1.1 Revisión de las antenas y bajadas de antenas de las estaciones base instaladas

Como primera fase en la etapa del levantamiento de la red análoga actual de la ESPE se procedió, a la visita de la estación de la repetidora ubicada en el cerro Cruz Loma.

Se llegó a este predio para realizar la observación del estado de los componentes, como se muestra en la figura 3.1 y dar el debido mantenimiento para asegurar su buen funcionamiento.

➤ **Estación Repetidora de Cruz Loma**



Figura. 3.1 Caseta y Antena de la Repetidora en Cruz Loma

- **Chequeo interno de cada uno de los elementos de la caseta**

Se procedió de manera minuciosa a la revisión del equipo repetidor KENWOOD así como el duplexor, batería, fuente, conectores y cables de conexión.



Figura. 3.2. Repetidora KENWOOD (Cruz Loma)

Se logró constatar el buen funcionamiento de la repetidora y se procedió a dar mantenimiento mediante su limpieza interna, ajuste de conectores y reubicación para mejor ventilación, como se muestra en las figuras 3.2 y 3.3.



Figura. 3.3. Duplexor y Fuente (Repetidora)

- **Chequeo de bajada de antena**

Se realizó la revisión de la bajada de antena, procediendo al seguimiento del cable Belden; desde el ingreso a la caseta hasta la antena, mejorando su posición en ángulos y orificios de la caseta para evitar su deterioro y posible rompimiento, como se muestra en la figura 3.4.



Figura. 3.4. Bajada de Antena

Además procedimos a subir al mástil, donde se encuentra instalada la antena de cuatro dipolos plegados del Sistema de radio de la ESPE, para dar mantenimiento a los conectores, los mismos que fueron desconectados para la verificación de humedad, luego reconectados, ajustados adecuadamente y posteriormente se procedió a aislar los

mismos mediante la colocación de cinta auto fundente, como se muestra en la figura 3.5.



Figura. 3.5. Conexión antena Figura.3.6. Mantenimiento cinta auto fundente

- **Finalización del mantenimiento de la estación Cruz Loma**

En la figura 3.7, se procedió a realizar la inspección final del mantenimiento que se dio a los equipos de radiocomunicaciones ubicados en Cruz Loma.



Figura. 3.7. Antena y colaboradores.

En la tabla 3.1 se detallan los parámetros técnicos principales en la estación repetidora ubicada en Cruz Loma.

Tabla. 3.1. Parámetros Técnicos de la Repetidora

Canal	Frec. Tx(MHZ)	Frec. Rx(MHZ)	DQT	Grupo de Trabajo
1	151,525	152,925	179,9	Seguridad
2	151,525	152,925	D023N	Administrativo
3	151,525	152,925	D031N	Serv Universitarios
4	151,525	152,925	D043N	UTICS
5	151,525	152,925	D051N	Transporte
6	151,525	152,925	D065N	Biblioteca
7	151,525	152,925	D071N	CICTE

➤ **Estación Base ESPE matriz (Campus -Sangolquí)**

Al ser la ESPE matriz el punto central de la comunicaciones de radio de toda la red. Esta debe de contar con un sistema de radio funcionando al 100% para brindar un monitoreo eficaz de todas las sedes y mantener de la mejor manera los reportes de estado y de seguridad que se suscitan diariamente. Es por esto que se procedió a modernizar el sistema de radio en la Prevención Principal.



Figura. 3.8. Radio Motorola GM-300 Prevención Principal ESPE Matriz

En la figura 3.8, se muestra la radio Motorola GM-300, la cual se encontraba programada con los grupos, administrativo, seguridad, CICTE, servicios universitarios UTICS, biblioteca y transportes, como se muestra en la figura 3.9.

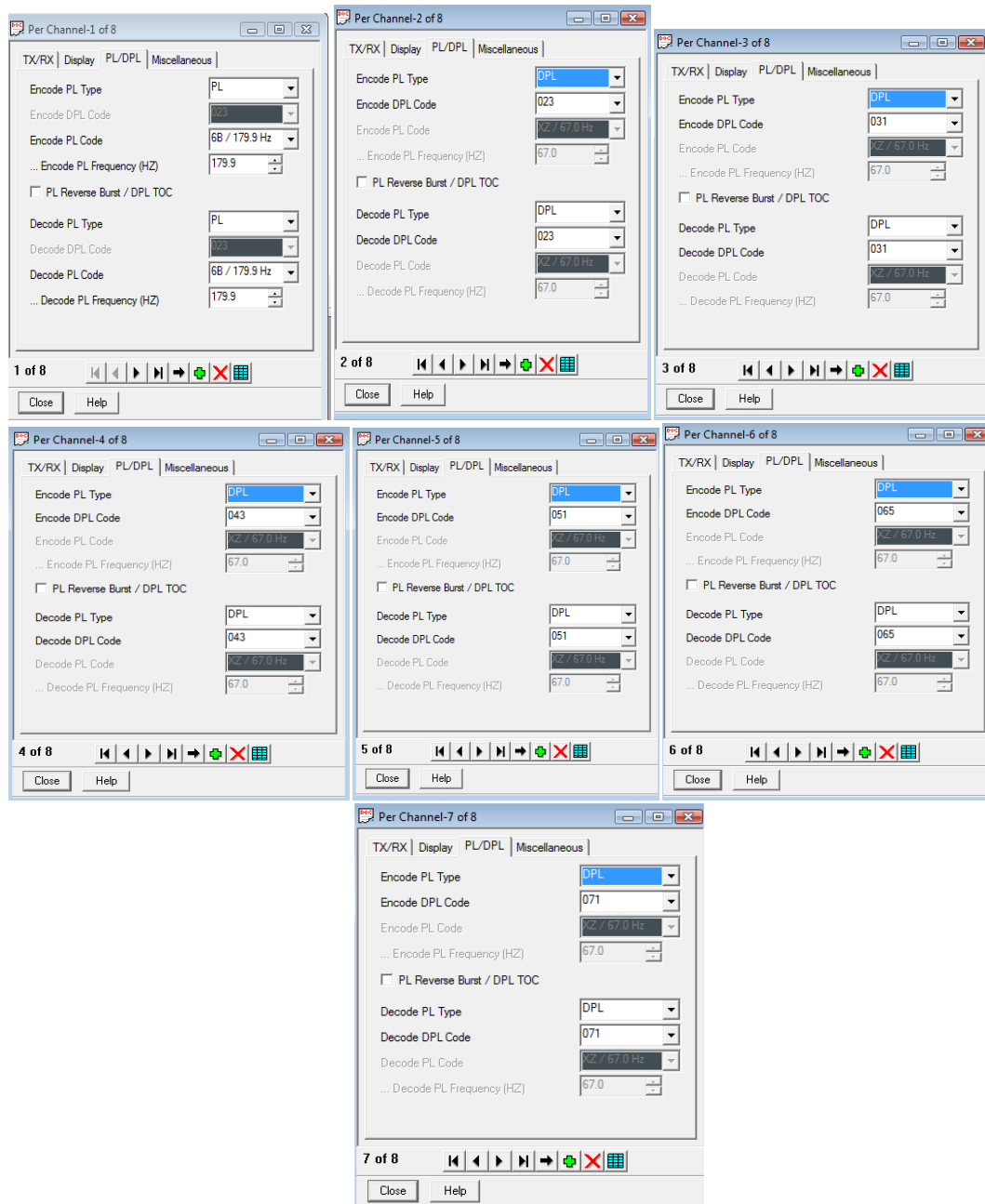


Figura. 3.9. Programación Radio Antigua Motorola GM-300 Prevención Principal ESPE Matriz

Aquí se procedió al mantenimiento del conector PL 259 – Mini VHF, que por mal estado estaba produciendo problemas de ruido en la señal, como se muestra en la figura 3.10.



Figura. 3.10. Verificación de conexiones Radio Motorola GM-300 ESPE Matriz

Una vez superado este inconveniente, para mejorar el servicio de radio en este punto se realizó el cambio de la radio GM-300, por la radio PRO 5100 ya programada con los grupos y tonos establecidos, y se procedió a las pruebas de funcionamiento de la misma.



Figura. 3.11. Pruebas de Funcionamiento Radio PRO 5100 ESPE Matriz

En la figura 3.12 se puede visualizar a la radio PRO5100 ya instalada en la prevención de la ESPE matriz y operando con los grupos SEGURIDAD y SIMPLEX en forma óptima.



Figura. 3.12. Grupos de Trabajo Seguridad y Simplex Radio PRO 5100 ESPE Matriz

➤ **Estación Base ESPE Héroes del Cenepa (Centro de Quito)**



Figura. 3.13. Radio Base PRO 5100 Héroes del Cenepa y Entrada de la Bajada de Antena

Al realizar la visita a la prevención de la sede ESPE Héroes del Cenepa se pudo constatar, como se muestra en la figura 3.13, que la radio base PRO5100 que en esta se encuentra instalada, estaba apagada por no tener recepción ni transmisión. Por lo tanto se procedió a la inspección de los elementos del sistema.

- **Chequeo de la bajada de antena, fuente y radio base.**

Se procedió a revisar la fuente utilizando un multímetro como se muestra en la figura 3.14., concluyendo que estaba en perfecto funcionamiento; por lo que se desconectó la bajada de antena de la radio para revisar el estado de los conectores.



Figura. 3.14. Chequeo de Fuente y revisión de conectores.

- **Mantenimiento de la conexión - conector PL 259/cable Belden**

Al revisar estos elementos se pudo observar que el posible problema radicaba en el conector, ya que la suelda al cable estaba deteriorada y no existía una buena conexión entre estos elementos; por lo que se procedió a la reparación del mismo como se muestra en las figuras 3.15 y 3.16.



Figura. 3.15. Mantenimiento de la conexión conector PL 259- cable Belden

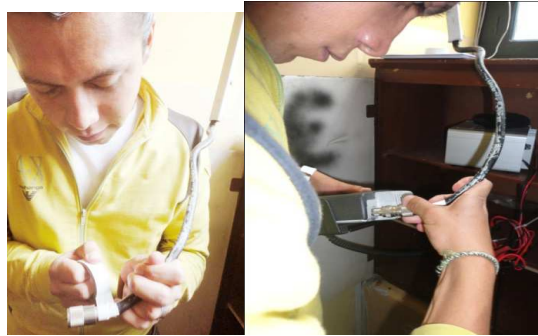


Figura. 3.16. Arreglo de conexión

- **Puesta en marcha del sistema.**

Después de realizar el mantenimiento expuesto se procedió a su conexión y prueba de funcionamiento, logrando así solucionar el problema y poner en marcha la comunicación de la sede Héroes del Cenepa - ESPE Matriz, , como se muestra en la figura 3.17.

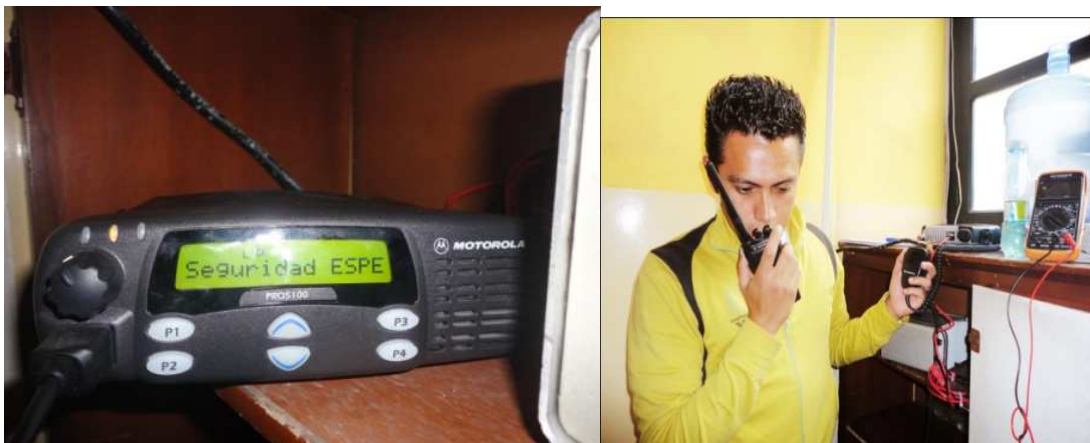


Figura. 3.17. Sistema en funcionamiento

En la figura 3.18, se muestra la programación de la radio PRO 5100 con los grupos, administrativo, seguridad, CICTE, servicios universitarios UTICs, biblioteca y transportes.

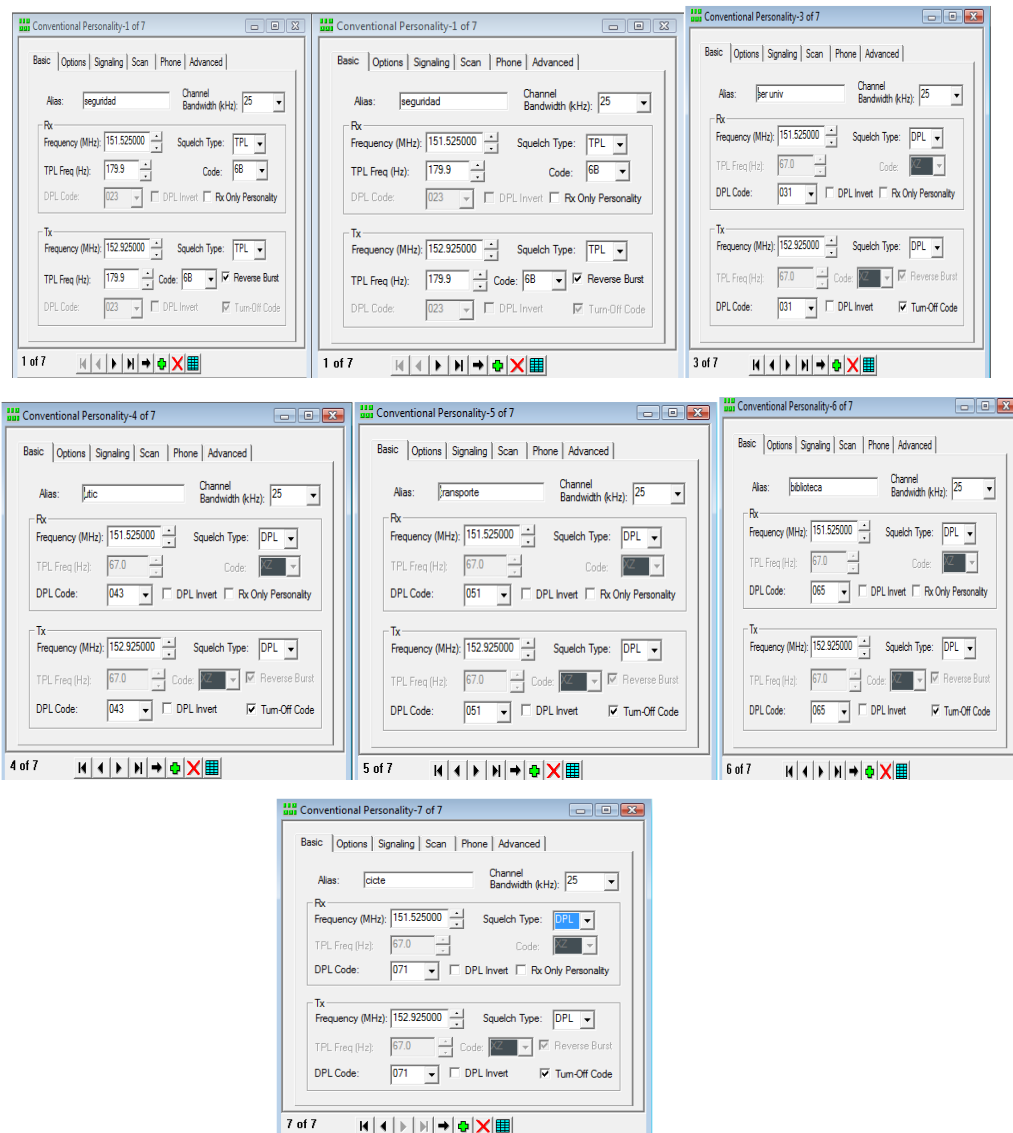


Figura. 3.18. Programación de la radio PRO 5100 Prevención Sede Héroes del Cenepa

➤ Estación Base ESPE IASA – Hcda. El Prado-Selva Alegre

En esta visita se procedió al mantenimiento de la bajada de antena, como se observa en la figura 3.19, y al cambio de los equipos de este punto, ya que estos tenían varios años de uso; como la fuente de alimentación que tenía los conectores oxidados y la radio base PRO-3100 que estaba provisionalmente instalada en este punto con una programación caduca puesto que incluía a más del grupo de seguridad otros grupos que ya no se encontraban en funcionamiento por lo que se procedió a su cambio con una radio base PRO-5100 con programación adecuada.

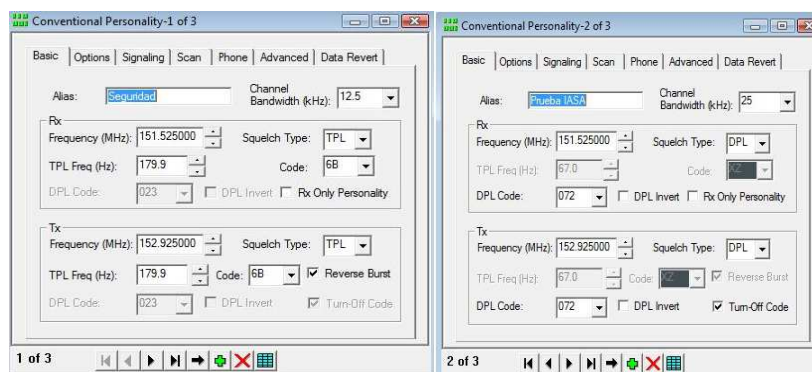


Figura. 3.19. Mantenimiento bajada de antena



Figura. 3.20. Radio PRO-3100 antigua.

La radio mostrada en la figura 3.20 es una radio PRO3100 que se encontraba instalada provisionalmente en la sede ESPE IASA I , la misma que se encontraba programada con los grupos, Seguridad, Prueba IASA e Interna IASA como se muestra en la figura 3.21.



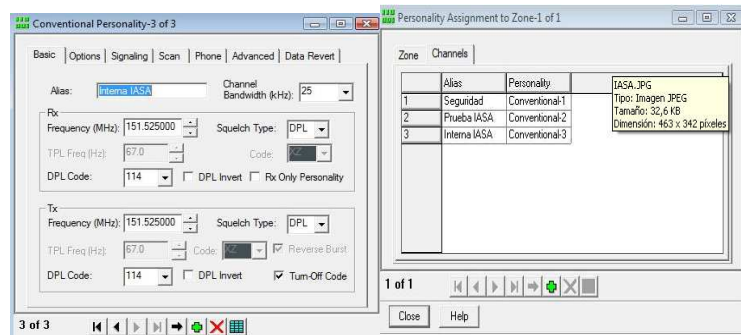


Figura. 3.21. Programación radio PRO-3100

Dentro de la ejecución de este proyecto se considero conveniente instalar la radio PRO5100 que estaba instalada inicialmente en esta dependencia en reemplazo de la radio PRO3100 que estaba provisionalmente instalada, como se ve en la figura 3.22



Figura. 3.22. Radio PRO-5100 instalada y funcionando.

➤ **Estación Base ESPE Departamento de Lenguas -Quito Norte**



Figura. 3.23. Prevención ESPE Idiomas

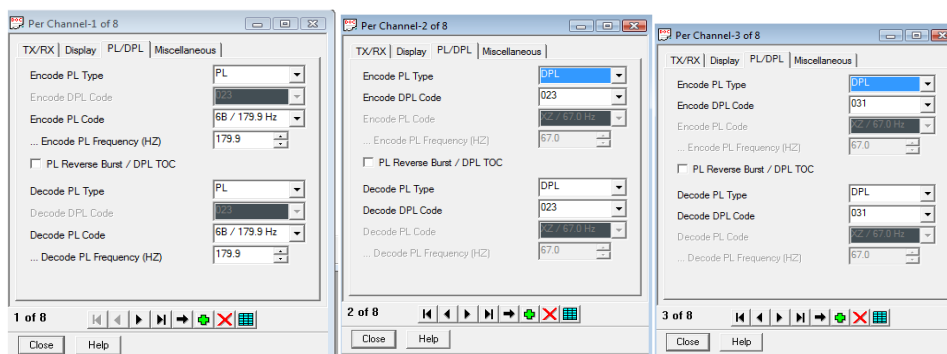
En la visita a la sede de Idiomas, como se observa en la figura 3.23, se procedió de igual forma que en la sede IASA I, aquí se dio mantenimiento a la conexión entre el conector PL 259 con el cable Belden de la bajada de antena que debido a su deterioro estaba provocando ruido en la comunicación; y de igual forma se realizó el cambio de equipo de radio ya que en esta sede se tenía instalado una radio Motorola modelo M208 que tiene varios años de servicio, y que presentaba fallas de desviación de frecuencia, por el equipo de radio marca Motorola modelo PRO-5100.

En la figura 3.24 se puede ver la radio marca Motorola modelo M208 instalada en la prevención de la sede ESPE Idiomas.



Figura. 3.24. Radio Motorola M208

Esta radio se encontraba programada con los grupos, administrativo, seguridad, CICTE, servicios universitarios UTICs, biblioteca y transportes, como se muestra en la figura 3.25.



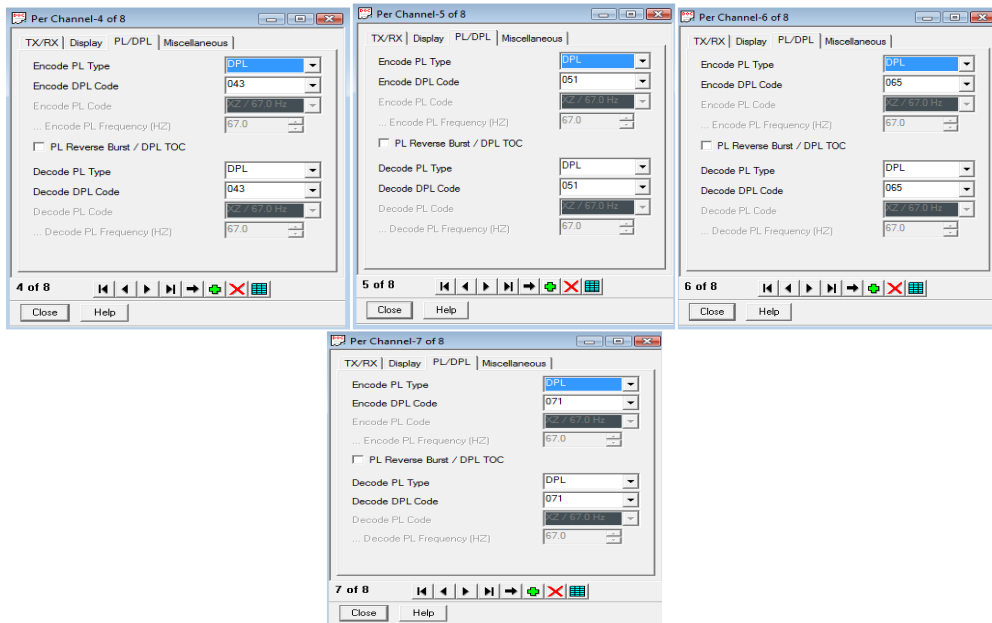


Figura. 3.25. Programación de la radio M208 Prevención Sede ESPE Idiomas

En la figura 3.26, se observa el mantenimiento de la conexión entre el conector PL 259 con el cable Belden de la bajada de antena debido al deterioro



Figura. 3.26. Ajuste de conexión entre conector PL 259 y cable Belden.

La figura 3.27, muestra la radio PRO5100 instalada y funcionando correctamente en la prevención de la sede ESPE Idiomas.



Figura. 3.27. Radio PRO5100 Instalada en la prevención ESPE Idiomas

3.1.2 Revisión de los radios portátiles

La ESPE cuenta con radios portátiles de marca Motorola de diferentes modelos como se mencionó en la tabla 2.3 del capítulo II, es decir PRO7150, PRO5150, PRO3150, los mismos que están programados de la siguiente forma:

- **Grupo Seguridad**

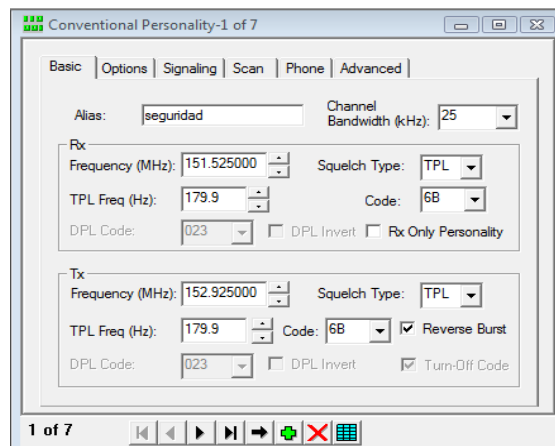


Figura. 3.28. Programación Radios Portátiles Grupo Seguridad

- **Grupo Administrativo**

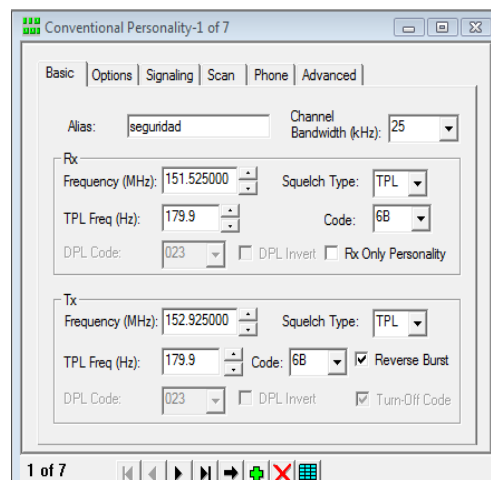


Figura. 3.29. Programación Radios Portátiles Grupo Administrativo

- **Grupo Servicios Universitarios**

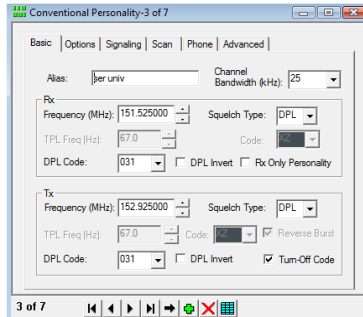


Figura. 3.30. Programación Radios Portátiles Grupo Servicios Universitarios

- **Grupo UTICS**

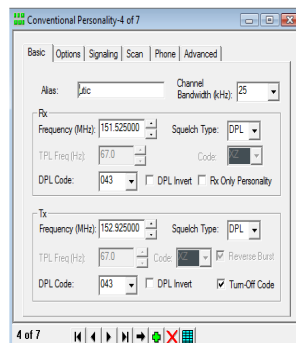


Figura. 3.31. Programación Radios Portátiles Grupo Utics

- **Grupo Transportes**

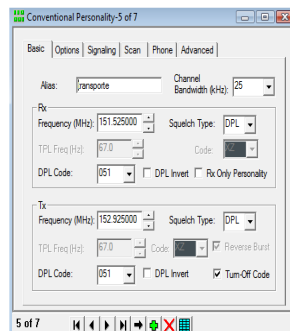


Figura. 3.32. Programación Radios Portátiles Grupo Transportes

- **Grupo Biblioteca**

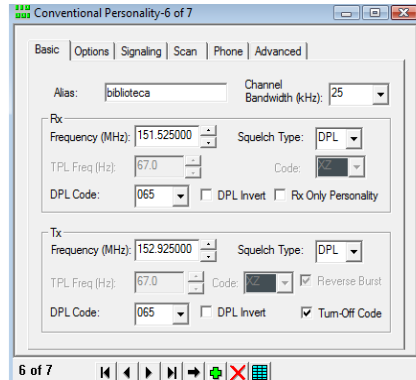


Figura. 3.33. Programación Radios Portátiles Grupo Biblioteca

- **Grupo CICTE**

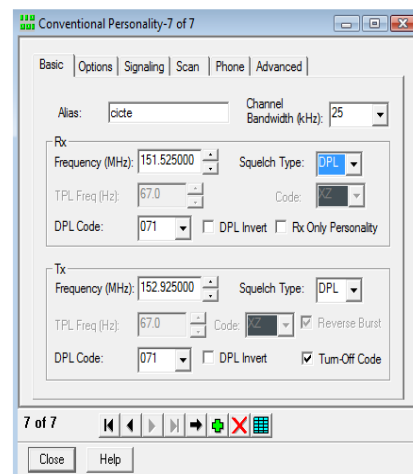


Figura. 3.34. Programación Radios Portátiles Grupo CICTE

3.2 INSTALACIÓN DE RADIOS BASES EN PUNTOS PRIORITARIOS PARA LA ESPE

Los puntos prioritarios de la ESPE son los que realizan el control del personal que ingresa a pie y en vehículos al Campus Politécnico y a las diferentes sedes. Estos puntos estratégicos para la seguridad de las instalaciones de la ESPE, son los que se muestran en la figura 3.35.

- **Campus Sangolquí**



Figura. 3.35. Ubicación en Google Maps Prevención Principal y Posterior

En el cual se detalla la prevención principal y posterior con posiciones de coordenadas, como se muestra en la tabla 3.2.

Tabla. 3.2. Coordenadas y Requerimientos Prevenciones

Lugar	Coordenadas	Requerimiento Equipo de Comunicación	Requerimiento
Prevención Principal	0° 18' 53.3118" S 78° 26' 31.9806"W	PRO 5100	Prioritario
Prevención Posterior	0° 19' 5.9952"S 78° 26' 50.64"W	PRO 5100	Prioritario

- **Prevención principal ESPE matriz**



Figura. 3.36. Prevención Principal ESPE Matriz

La prevención principal de la ESPE matriz esta ubicada en el acceso principal al Campus politécnico de Sangolquí, con acceso desde la Av. general Rumiñahui, como se muestra en la figura 3.36. En esta prevención permanece el personal de guardia asignado diariamente de los grupos de guardia que están conformados por los militares asignados a la ESPE matriz, por lo tanto, esta prevención se convierte en el centro de operación del servicio de guardia porque desde esta prevención se monitorea vía radio al personal de guardia asignado a las sedes y se reciben los reportes de novedades de estas sedes, además por esta prevención se controla el ingreso del personal a pie y el ingreso de vehículos de visitantes, es decir de personas que no pertenecen a la institución y que vienen por trámites ocasionales a la ESPE.

Se considera prioritario que esta prevención tenga un sistema de comunicación que pueda comunicarse con la policía militar para cualquier eventualidad que requiera de ayuda. Además es necesario que se supervise vía radio desde esta prevención a las instalaciones de la sedes específicamente al personal de guardia asignado a las mismas; por lo tanto es indispensable que esta área cuente con una radio fija operable al 100% que esté a disposición de guardia.

Por lo que en esta sede de acuerdo a lo mencionado en el punto 3.1, se tiene instalada dos radios, una radio base PRO 5100 con antena omnidireccional, y una radio portátil PRO 7150 Elite, utilizadas para cubrir las necesidades de este punto crítico.

- **Prevención Posterior -Retén**



Figura. 3.37. Prevención Posterior -Retén

La prevención posterior de la ESPE matriz esta ubicada en el acceso secundario al campus politécnico de Sangolquí, con acceso desde el boulevard Santa Clara, como se muestra en la figura 3.37. En esta prevención también permanece el personal de guardia asignado diariamente de los grupos de guardia que están conformados por los militares de la ESPE matriz, por lo tanto esta prevención se convierte en otro punto de operación del servicio de guardia porque desde esta se debería mantener comunicación vía radio con el personal de guardia ubicado en la prevención principal, para de esta manera reportar cualquier tipo de novedad suscitada ya que por esta prevención se controla el ingreso y salida de vehículos pertenecientes a la ESPE, así como también del personal Docente, Administrativo y Estudiantes.

Se considera prioritario que esta prevención también disponga de un sistema de comunicación con una radio fija operable al 100% que este a disposición del guardia al

igual que la prevención principal para que pueda comunicarse con la policía militar para cualquier eventualidad que requiera de ayuda, y permitir así su monitoreo y la comunicación con las otras sedes por cualquier eventualidad suscitada.

Por lo que en este punto de la ESPE matriz de acuerdo a lo mencionado en el punto 3.1, se tiene a disposición una radio portátil PRO 7150 Elite con su cargador que permanece fija, cubriendo las necesidades de este punto crítico.

•Héroes del Cenepa

En la figura 3.38, se observa la prevención de Héroes del Cenepa en el mapa digital del programa Google Maps



Figura. 3.38 Ubicación Google Maps Prevención Héroes del Cenepa

En la tabla 3.3, se muestra las coordenadas y el requerimiento del equipo de comunicación.

Tabla. 3.3. Coordenadas y Requerimientos Prevención Héroes del Cenepa

Lugar	Coordenadas	Requerimiento Equipo de Comunicación	Requerimiento
Prevención	00°13'37.6464"S 078°30'53,5386"O	PRO 5100	Prioritario

- **Prevención Héroes del Cenepa**



Figura. 3.39. Prevención Héroes del Cenepa

La prevención de la ESPE Héroes del Cenepa está ubicada en el acceso principal a esta sede en la avenida Ambato y Gral. Mazo, como se muestra en la figura 3.39. En el sector central de Quito.

En esta prevención también permanece el personal de guardia delegado diariamente de los grupos de guardia que están conformados por los militares de la ESPE, por lo tanto esta prevención se convierte en otro punto de operación del servicio de guardia porque desde esta se debería mantener comunicación vía radio con el personal de guardia ubicado en la ESPE matriz, para de esta manera reportar cualquier tipo de novedad suscitada en sus predios; por esta prevención se controla únicamente el ingreso y salida de estudiantes y personal que en ella laboran.

De igual manera aquí se considera prioritario disponer de un sistema de comunicación con una radio fija operable al 100% que este a disposición del guardia al igual que la ESPE matriz para que pueda comunicarse con la policía militar por cualquier eventualidad que requiera de ayuda, y permitir así su monitoreo y la comunicación con las otras sedes y la matriz.

Por lo que en esta sede de acuerdo a lo mencionado en el punto 3.1, se tiene instalada una radio base PRO 5100 con antena omnidireccional, que está a disposición del personal de seguridad de la prevención, cubriendo las necesidades de este punto crítico.

- **Idiomas**

En la figura 3.40, se observa la prevención de Idiomas en el mapa digital del programa Google Maps

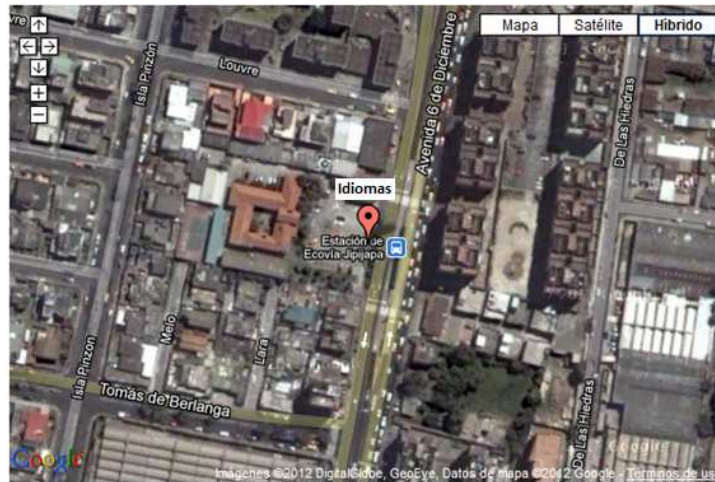


Figura. 3.40. Ubicación Google Maps Prevención Idiomas

En la tabla 3.4, se muestra las coordenadas y el requerimiento del equipo de comunicación

Tabla. 3.4. Coordenadas y Requerimientos Prevención Idiomas

Lugar	Coordenadas	Requerimiento Equipo de Comunicación	Requerimiento
Prevención	0° 9' 53.4738" S 78° 28' 31.6158" O	Pro 5100	Prioritario

- **Prevención Idiomas**



Figura. 3.41. Prevención Idiomas

La prevención de la ESPE Departamento de Lenguas está ubicada en el acceso único a esta sede en la avenida 6 de Diciembre 6289 y Tomás de Berlanga en el norte de Quito, como se muestra en la figura 3.41.

En esta prevención también permanece el personal de guardia delegado diariamente de los grupos de guardia que están conformados por los militares de la ESPE, por lo tanto esta prevención se convierte en otro punto de operación del servicio de guardia porque desde esta se debería mantener comunicación vía radio con el

personal de guardia ubicado en la ESPE matriz, para de esta manera reportar cualquier tipo de novedad suscitada en sus predios; por esta prevención se controla el ingreso y salida de vehículos, además de los estudiantes y personal que en ella laboran.

De igual manera aquí se considera prioritario disponer de un sistema de comunicación con una radio fija operable al 100% que este a disposición del guardia al igual que la ESPE matriz para que pueda comunicarse con la policía militar por cualquier eventualidad que requiera de ayuda, y permitir así su monitoreo y la comunicación con las otras sedes.

Por lo que en esta sede de acuerdo a lo mencionado en el punto 3.1, se tiene instalada una radio base PRO 5100 con antena omnidireccional, la misma que está a disposición del personal de seguridad de la prevención, cubriendo las necesidades de este punto crítico.

- **IASA I**

En la figura 3.42, se observa la prevención de Idiomas en el mapa digital del programa Google Maps



Figura. 3.42. Ubicación Google Maps Prevención IASA I

En la tabla 3.5, se muestra las coordenadas y el requerimiento del equipo de comunicación.

Tabla 3.5. Coordenadas y Requerimientos Prevención IASA I

Lugar	Coordenadas	Requerimiento Equipo de Comunicación	Requerimiento
Prevención	00°23'8,37"S 078°24'59,13"O	Pro 5100	Prioritario

- **Prevención IASA I**



Figura. 3.43. Prevención IASA I

La prevención principal del IASA I está ubicada a unos 400 m aproximadamente del el acceso principal a este campus en el ingreso de la Hcda. El Prado sector Selva Alegre, como se muestra en la figura 3.43. En esta prevención permanece el personal de

guardia asignado diariamente de los grupos de guardia que están conformados por los militares asignados a la ESPE IASA I, por lo tanto esta prevención se convierte en otro punto de operación del servicio de guardia porque desde esta se debería mantener

comunicación vía radio con el personal de guardia ubicado en la ESPE matriz, para así reportar cualquier tipo de novedad suscitada en sus predios; por esta prevención se controla el ingreso y salida tanto a pie como vehículos del personal administrativo, docente, estudiantes y militar.

De igual manera aquí se considera prioritario disponer de un sistema de comunicación con una radio fija operable al 100% que este a disposición del guardia al igual que la ESPE matriz para que pueda comunicarse con la policía militar por cualquier eventualidad que requiera de ayuda, y permitir así su monitoreo y la comunicación con las otras sedes y la matriz.

Por lo que en esta sede de acuerdo a lo mencionado en el punto 3.1, se tiene instalada una radio base PRO 5100 con antena omnidireccional, utilizada para cubrir las necesidades de este punto crítico.

3.3 DETERMINACIÓN DE LOS GRUPOS DE TRABAJO Y ASIGNACIÓN DE TONOS

De acuerdo a la necesidad de los puntos prioritarios establecidos en el ítem anterior y rigiéndonos en base a las encuestas, que se anexan, realizadas a las principales autoridades de la institución, en la que manifiestan que la red de radiocomunicaciones de la ESPE es indispensable para la seguridad y basándose

básicamente en la pregunta 2 en la que se preguntó sobre: "Qué personal debe tener radios portátiles? Personal de Transporte, Personal Militar u otros"; hubo el criterio general de

que únicamente el personal militar, seguridad y de transportes debía tener el servicio de radiocomunicación, orientando de esta forma a la programación de únicamente 2 grupos, uno para la interconexión de las sedes y otro independiente de la repetidora para cada sede.

Por lo que se procedió a organizar los siguientes grupos de trabajo a los cuales se les asigno un tono de tipo analógico como se puede ver en la tabla 3.6.

Tabla. 3.6. Tonos y Grupos de Trabajo

Grupos de Trabajo	Alias	Canal Asignado	Tipo de línea privada	Código
1	SEGURIDAD	1	TPL	6B
2	SIMPLEX	2	TPL	6B

- **Grupo 1: Seguridad**

Para este grupo de trabajo se utilizó el tono TPL 6B, el mismo que abarca a todos los usuarios del sistema de radiocomunicaciones de la ESPE, esto en virtud de los resultados de las encuestas en los que se manifestó que debido a las nuevas tecnologías de comunicaciones como el teléfono celular, el sistema de radiocomunicaciones debía enmarcarse dentro del campo de la seguridad, de esta forma se garantiza que todas las sedes, la matriz y el personal de guardia que tiene los equipos portátiles estén comunicados continuamente para alertar cualquier eventualidad ocurrida en las diferentes sedes o en el campus politécnico, por lo que, lo que se trata dentro de este grupo de seguridad es escuchado por todos los usuarios de la red.

- **Grupo 2: Simplex**

Para este grupo de trabajo se utilizó el tono analógico TPL 6B, el mismo que se utiliza cuando la repetidora sale de operación por fallas en el suministro eléctrico o

defectos en la misma, todos los usuarios tienen programado este grupo por cualquier emergencia. Los equipos de radio portátil que utilizan este tono tienen cobertura siempre y cuando estos se encuentren en un radio máximo de 4 Km a la redonda.

3.4 ASIGNACIÓN DE NOMINATIVOS A LOS USUARIOS DEL SISTEMA.

La asignación de los nuevos nominativos de la red, se la realizó en base al análisis de los criterios recogidos a las principales autoridades de la ESPE, así como también teniendo en consideración las seguridades dadas por el encargado militar del sistema de radiocomunicaciones de la ESPE, Sr. Cap. Darwin Paredes, quién es además el colaborador de tesis. Por lo tanto los nominativos para seguridad de autoridades y sedes de la red de radiocomunicaciones analógica VHF de la ESPE queda dispuesta como se muestra en la tabla 3.7.

Tabla. 3.7. Nuevos Nominativos

FUNCIÓN	NOMINATIVO
RECTOR	MERCURIO
VICERECTOR ACADEMICO	VENUS
VICERECTOR DE INVESTIGACIONES	TIERRA
GERENTE ADMINISTRATIVO Y FINANCIERO	MARTE
OFICIAL DE SEGURIDAD	JUPITER
JEFE DE CONTROL	SATURNO
JEFE DE ESCUELA	URANO
OFICIAL DE SEMANA	NEPTUNO
INSTITUTO DE IDIOMAS	PLUTON
INSTITUTO HÉROES DEL CENEP	SATÉLITE
IASA I	ESTRELLA
PREVENCIÓN	LUNA
RETÉN	ORBITA
POLICIA MILITAR	NUCLEO

3.5 REPROGRAMACIÓN DE LOS EQUIPOS DE RADIOCOMUNICACIONES CON LOS NUEVOS GRUPOS DE TRABAJO Y LAS NUEVAS FRECUENCIAS ASIGNADAS.

Por disposición de la Dirección de Comunicaciones y Sistemas DISICOM mediante telegrama N° 12-DISICOM-d-231 el señor Crnl. EMC Marcelo Gómez, Director de Sistemas de Información y Comunicaciones del Ejército, dispone la migración a las nuevas frecuencias para la red de radiocomunicaciones de la ESPE; las cuales se muestran en la tabla 3.8.

Tabla. 3.8. Asignación de Nuevas Frecuencias

Modo de operación	Frecuencia Antigua (MHz)	Frecuencia Nueva(MHz)
Transmisión	151,525	151,625
Recepción	152,925	152,525

Por lo que para cumplir con esta disposición se elaboró un cronograma para desplazarse a la estación repetidora y a cada una de las sedes para realizar la reprogramación de las mismas.

En la figura 3.44, se observa la reprogramación de repetidora Kenwood TKR750 en la caseta de la estación ubicada en el cerro Cruz Loma.



Figura. 3.44. Repetidora Kenwood TKR750 y Software Hardware de programación

En la figura 3.45, se muestra la Programación de la Repetidora TKR-750 .

No.	RX Frequency	TX Frequency	Q/DQT Dec	Q/DQT Enc	Ch Name	Multi Table	W/N	Power	Ope Mode	Scan Add	CW ID
1	152.52500	151.62500	179.9	179.9		Yes	Wide	High	Repeat	No	No
2	152.52500	151.62500	D023N	D023N		Yes	Wide	High	Repeat	No	No
3	152.52500	151.62500	D031N	D031N		Yes	Wide	High	Repeat	No	No
4	152.52500	151.62500	D043N	D043N		Yes	Wide	High	Repeat	No	No
5	152.52500	151.62500	D051N	D051N		Yes	Wide	High	Repeat	No	No
6	152.52500	151.62500	D065N	D065N		Yes	Wide	High	Repeat	No	No
7	152.52500	151.62500	D071N	D071N		Yes	Wide	High	Repeat	No	No
8	152.52500	151.62500	D072N	D072N		Yes	Wide	High	Repeat	No	No
9	152.52500	151.62500	D132N	D132N		Yes	Wide	High	Repeat	No	No
10	152.52500	151.62500	D143N	D143N		Yes	Wide	High	Repeat	No	No
11	152.52500	151.62500	D152N	D152N		Yes	Wide	High	Repeat	No	No
12	152.52500	151.62500	D165N	D165N		Yes	Wide	High	Repeat	No	No
13	152.52500	151.62500	D174N	D174N		Yes	Wide	High	Repeat	No	No
14	152.52500	151.62500	D205N	D205N		Yes	Wide	High	Repeat	No	No
15	152.52500	151.62500	D223N	D223N		Yes	Wide	High	Repeat	No	No
16	152.52500	151.62500	D243N	D243N		Yes	Wide	High	Repeat	No	No

Figura. 3.45. Nueva Programación de la Repetidora

En la figura 3.45, el recuadro de color rojo muestra las nuevas frecuencias programadas en el equipo repetidor Kenwood que para recepción utiliza 152,525 MHz y para transmisión utiliza 151,625 MHz y el recuadro de color azul muestra el tono asignado que en este caso es un TPL de 179.9 Hz.

- **Programación del Grupo de Trabajo Simplex**

Figura. 3.46. Programación Grupo de Trabajo Simplex

En la figura 3.46, el recuadro de color rojo muestra las nuevas frecuencias programadas los radios portátiles y bases para el grupo de trabajo Simplex se utiliza la misma para transmisión y recepción que en este caso es de 151,625 MHz y el recuadro de color azul muestra el tono asignado que en este caso es un TPL de 179.9 Hz.

- **Programación del Grupo de Trabajo Seguridad**

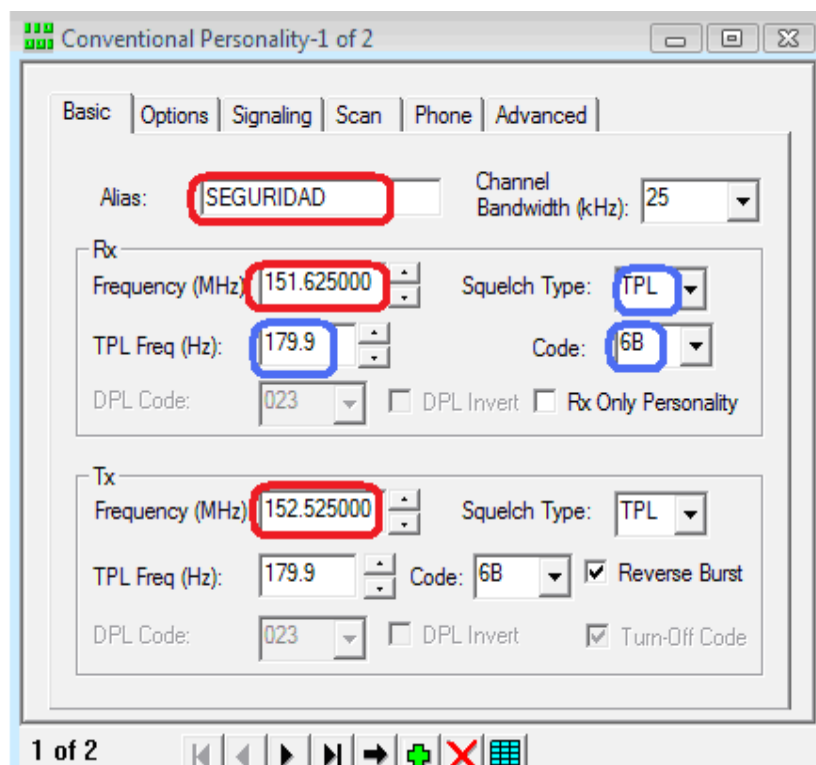


Fig. 3.47. Programación Grupo de Trabajo Seguridad

En la figura 3.47, el recuadro de color rojo muestra las nuevas frecuencias programadas los radios portátiles y bases para el grupo de trabajo Seguridad, el cual utiliza la repetidora ubicada en Cruz Loma. Por tal motivo, la frecuencia que se utiliza para transmisión es 152,525 MHz y para recepción es 151,625 MHz y el recuadro de color azul muestra el tono asignado que en este caso es un TPL de 179.9 Hz.

Para crear los grupos de trabajo Simplex y Seguridad que necesitan las radios, se procede a programar la lista de búsqueda, que consiste en asociar cada canal a una personalidad convencional diferente.

En la figura 3.48, se muestra la ventana de la lista de escaneo, con los grupos de trabajo creados.

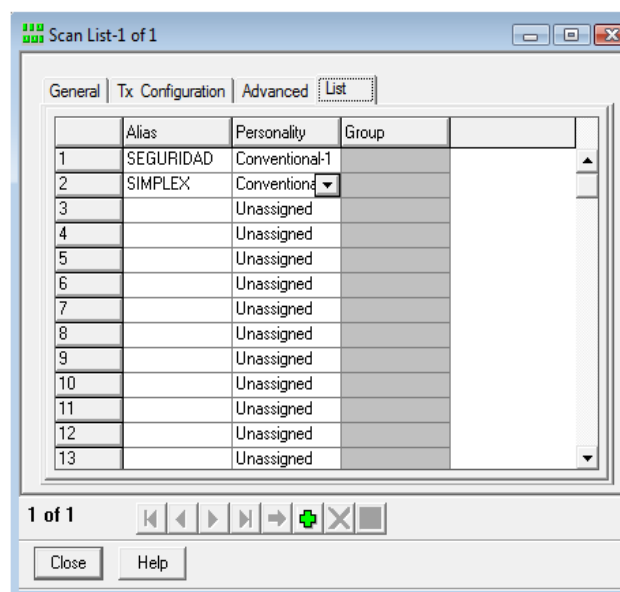


Figura. 3.48. Lista de escaneo

Por último, se procederá a explicar la programación realizada en la opción “*Personality Assignment to Zone*”.

Aquí se añade a una zona los grupos que se formaron en las identificaciones convencionales.

Primero se escoge el nombre de la zona, en este caso es ZONE 01, como se muestra en la figura 3.49.

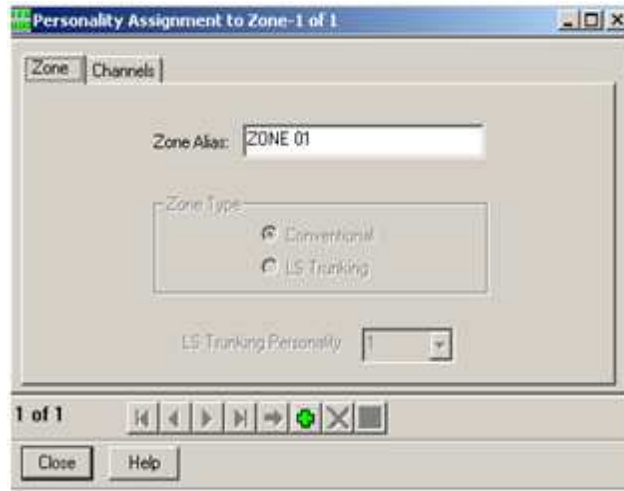


Figura. 3.49. Asignación de Zona a los Grupos de Trabajo

Luego en la pestaña de canales se procede a colocar en cada casillero de identificación el correspondiente convencional, ordenando a los participantes de la zona, como se muestra en la figura 3.50.

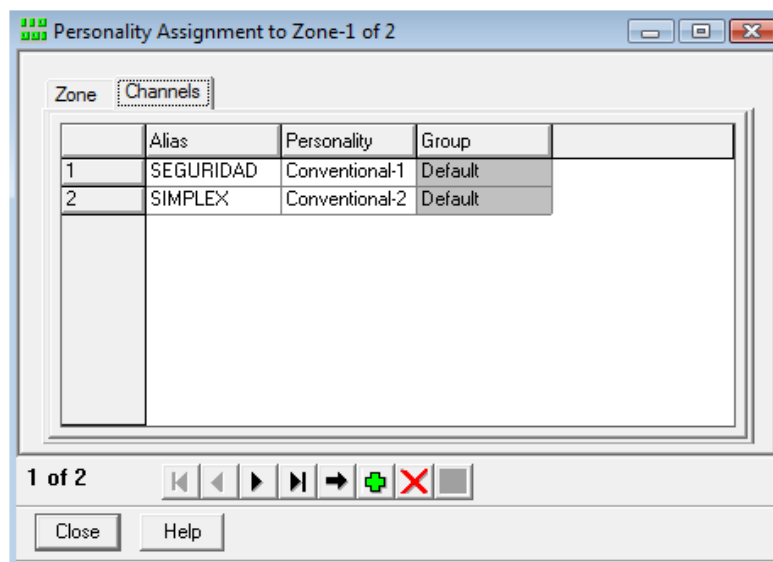


Figura. 3.50. Participantes de la Zona

Resumiendo en forma detallada la programación de las radio bases y radios portátiles para cada sede queda como se muestra en las figuras 3.51, 3.52, 3.53 y 3.54.

- Programación de la radio base y radios portátiles de la ESPE Matriz:

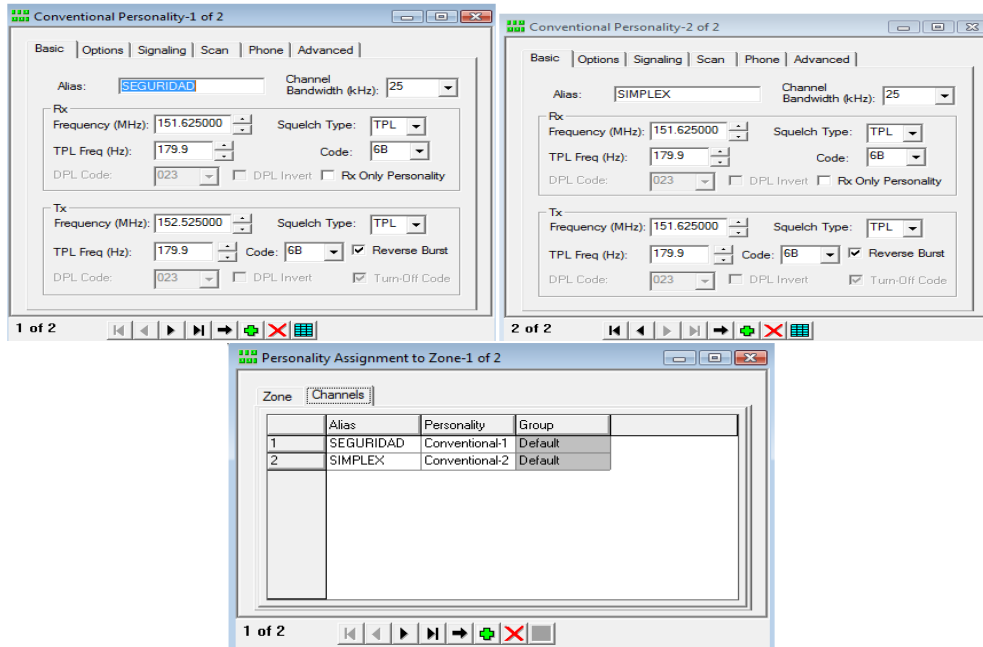


Figura. 3.51. Programación radio base y radios portátiles ESPE matriz.

- Programación de la radio base de la sede Héroes del Cenepa

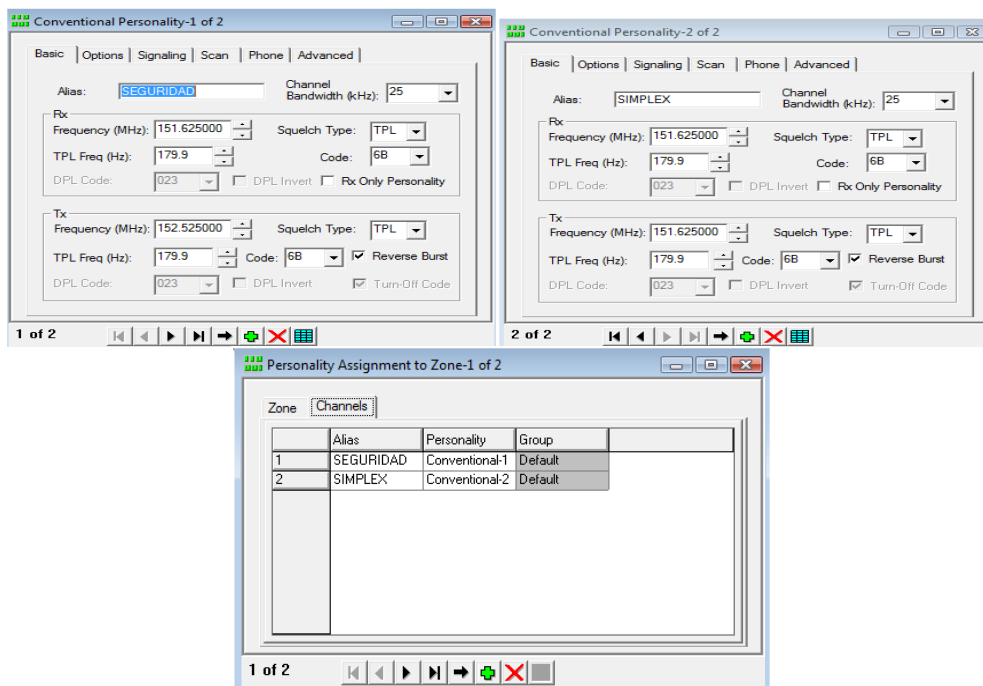


Figura. 3.52. Programación radio base y radios portátiles ESPE Héroes del Cenepa.

- **Programación de la radio base de la sede ESPE Idiomas**

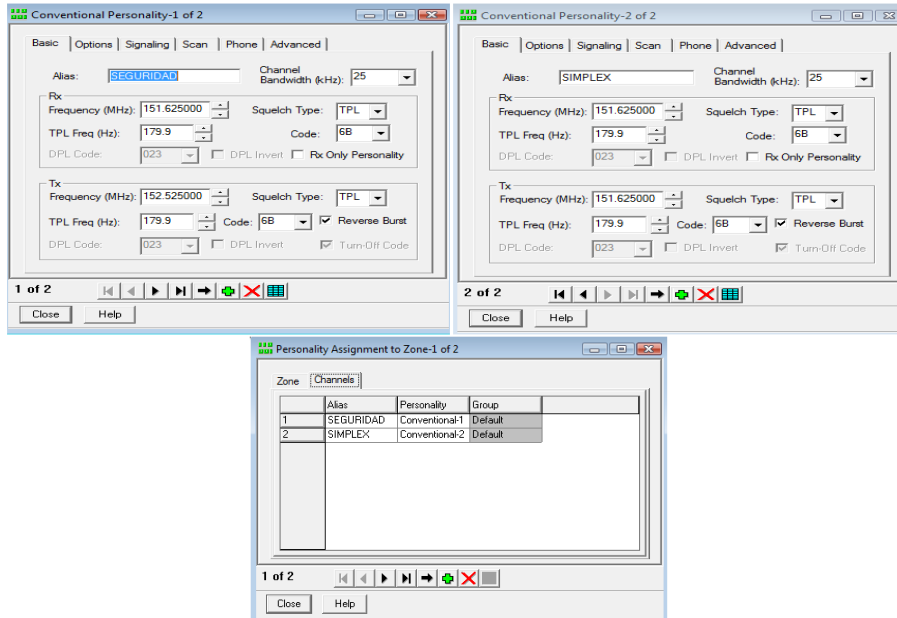


Figura. 3.53. Programación radio base y radios portátiles ESPE Idiomas

- **Programación de la radio base de la sede IASA I**

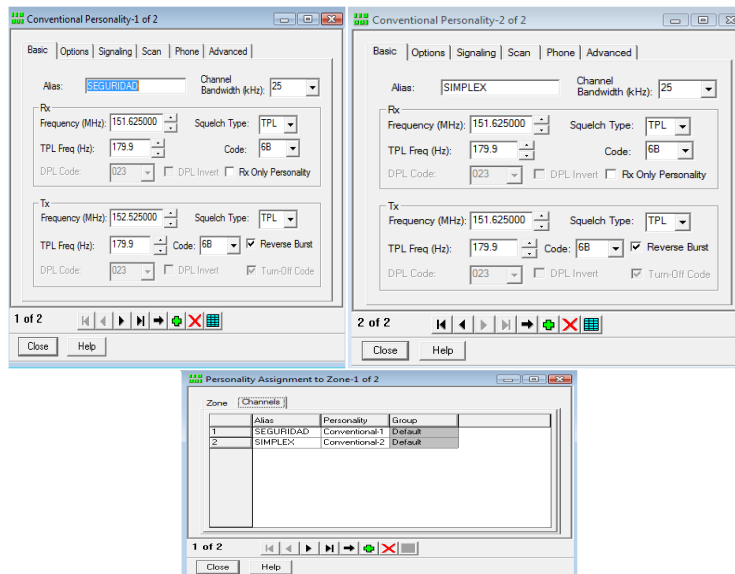


Figura. 3.54. Programación radio base y radios portátiles ESPE IASA I

3.6 PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA

3.6.1 Pruebas de conectividad entre la estación base y las distintas sedes

Para realizar las pruebas de conectividad de las radio bases y radios portátiles programados en los grupos y tonos establecidos; se procedió a realizar las pruebas de radiocomunicación entre la prevención de la ESPE matriz y los distintos puntos de la red.

- **Proceso de llamada entre la ESPE Matriz y las distintas sedes con sus respectivos nominativos.**

Como primer paso se procede a seleccionar el canal deseado para realizar la transmisión.

Ya verificado que el canal de voz está libre, se debe presionar el botón PTT, presione para hablar, y se procede a hablar al micrófono.; la luz Indicadora de LED se ilumina continuamente mientras se transmite para verificar la comunicación; cabe destacar que se debe colocar el micrófono a 5 cm de la boca para aumentar la claridad, como se muestra en la figura 3.55., y para recibir la transmisión, se libera PTT.



Figura. 3.55. PTT para la realización de pruebas.

Para comunicarse con las distintas sedes, se procede a mencionar el nombre del nominativo correspondiente al destino de transmisión que se desea que conteste, seguido

de la palabra CAMBIO; todos los nominativos de la ESPE para la nueva programación vigente, están detallados en la tabla 3.7.

Para calificar el nivel de percepción de la comunicación se realizara la prueba MOS. Esta prueba se utiliza para medir la calidad de audio del servicio.

La escala de la calidad de audio se muestra en la figura 3.56.

Grado de Satisfacción	MOS	
	4.5	
muy satisfechos	4.4	deseable
satisfechos	4.3	
algunos usuarios insatisfechos	4.0	aceptable
muchos usuarios insatisfechos	3.6	
casi ningún usuario satisfecho	3.1	no aceptable
no recomendable	2.6	
	1	

Figura. 3.56. Escala de Percepción MOS

- **Para grupo Seguridad**

Para realizar esta prueba se procedió a realizar la transmisión desde la prevención de la ESPE matriz con los distintos puntos de la red. La figura 3.57 muestra la comunicación realizada entre la prevención y el reten en el grupo de seguridad.



Figura. 3.57. Prueba de comunicación Grupo SEGURIDAD.

En la tabla 3.9. se detallan los resultados de todas las pruebas realizadas con las distintas sedes en el grupo SEGURIDAD.

Tabla. 3.9. Prueba del estado de la red, grupo SEGURIDAD

Pto. Origen	Pto. Destino	Nominativo o Pto. origen	Nominativo Pto destino	Calidad de Audio (Escala 1 - 4.5)	Resultado	Observaciones
Prevención ESPE Matriz	Portátil Prevención ESPE Matriz	LUNA	LUNA PORTATIL	4.3	OK	Comunicación clara
Prevención ESPE Matriz	Prevención ESPE IASA I	LUNA	ESTRELLA	4.4	OK	Comunicación clara y concisa
Prevención ESPE Matriz	Prevención H. del Cenepa	LUNA	SATELITE	4.3	OK	Comunicación clara
Prevención ESPE Matriz	Prevención ESPE Idiomas	LUNA	PLUTON	4.4	OK	Comunicación clara y concisa
Prevención ESPE Matriz	Portátil del reten	LUNA	ORBITA	4.5	OK	Comunicación clara y concisa

- **Para grupo Simplex**

Para el grupo Simplex se realizaron las mismas pruebas que con el grupo seguridad, considerando en este caso, la repetidora no va a actuar, aunque esta se active ya que los equipos de radios tienen misma la frecuencia de transmisión, que con el grupo seguridad, como se muestra en la figura 3.57.



Figura. 3.58. Prueba de comunicación Grupo SIMPLEX

En la tabla 3.10. se detallan los resultados de todas las pruebas realizadas con las distintas sedes en el grupo SIMPLEX.

Tabla. 3.10. Prueba del estado de la red, grupo SIMPLEX

Pto. Origen	Pto. Destino	Nominativo Pto. origen	Nominativo Pto destino	Calidad de Audio (Escala 1 -10)	Resultado	Observaciones
Prevenición ESPE Matriz	Portátil Prevenición ESPE Matriz	LUNA	LUNA PORTATIL	4.5	OK	Comunicación clara y concisa
Prevenición ESPE Matriz	Prevenición ESPE IASA I	LUNA	ESTRELLA	0	NEGATIVO	Sin comunicación
Prevenición ESPE Matriz	Prevenición H. del Cenepa	LUNA	SATELITE	0	NEGATIVO	Sin comunicación
Prevenición ESPE Matriz	Prevenición ESPE Idiomas	LUNA	PLUTON	0	NEGATIVO	Sin comunicación
Prevenición ESPE Matriz	Portátil del reten	LUNA	ORBITA	4.5	OK	Comunicación clara y concisa

3.6.2 Pruebas de operación de la programación de los grupos de trabajo en los equipos de radio.

Para constatar el funcionamiento óptimo de la red reestructurada de radiocomunicaciones se procedió a realizar pruebas de transmisión y recepción desde la prevención de la ESPE matriz, en los grupos de trabajo SEGURIDAD y SIMPLEX.

- **Prueba de transmisión y recepción de comunicaciones en el grupo de trabajo SEGURIDAD**

En la figura 3.59 el display de la radio base muestra el nombre del grupo de trabajo en el cual está trabajando; este grupo está asignado al canal N° 1. Así también se puede ver que la radio portátil tiene el selector de canales en el canal 1, el cual también visualiza en su display el nombre del grupo programado que es SEGURIDAD.



Figura. 3.59. Verificación del grupo SEGURIDAD y del canal 1 asignado

Para verificar la conectividad entre la estación base y el radio portátil se procedió a realizar un PTT con la radio portátil, verificando la activación de la repetidora y la recepción de la señal en la radio base, la cual encendió el LED y reprodujo el audio transmitido por la radio portátil.

En la gráfica 3.59 se puede visualizar este proceso de conectividad ya que al presionar el PTT con la portátil el LED de la estación base se enciende de color rojo, indicando que está recibiendo la señal de la estación repetidora, verificándose la conectividad entre estos dos dispositivos mediante la estación repetidora ubicada en Cruz Loma.



Figura. 3.60. Verificación de transmisión desde la radio portátil a radio base

También se realizó un PTT con la radio base, verificándose la activación de la repetidora y la recepción por parte de la radio portátil la misma que encendió el LED con color rojo y reprodujo la señal de voz, este proceso se puede visualizar en la figura 3.61.



Figura. 3.61. Verificación de transmisión desde la radio base a la radio portátil

- **Prueba de transmisión y recepción de comunicaciones en el grupo de trabajo SIMPLEX**

En la figura 3.62 el display de la radio base muestra el nombre del grupo de trabajo en el cual está trabajando; este grupo está asignado al canal N° 2. Así también se puede ver que la radio portátil tiene el selector de canales en el canal 2, el cual también visualiza en su display el nombre del grupo programado que es SIMPLEX.



Figura. 3.62. Verificación del grupo SIMPLEX y del canal 2 asignado

Para comprobar lo expuesto se procedió a realizar un PTT mediante la radio portátil, donde se verificó la recepción de voz en la radio base mediante el encendido del LED de la misma, con color rojo.



Figura. 3.63. Verificación de transmisión desde la radio portátil a radio base

También se realizó un PTT mediante la radio base, donde se verificó la recepción de voz en la radio portátil mediante el encendido del LED con color rojo de la misma, como se muestra en la figura 3.64.



Figura. 3.64. Verificación de transmisión desde la radio base a la radio portátil

Por lo tanto se concluye que el mantenimiento y la reestructuración de la red de radiocomunicaciones de la ESPE se ha realizado de manera correcta al tenerla en buen funcionamiento en su totalidad, tanto en las radios bases como en las radios portátiles de cada sede.

Se pudo verificar la correcta programación de los canales asignados y los grupos de trabajo, SEGURIDAD Y SIMPLEX, mediante las pruebas de transmisión y recepción de voz realizadas.

También la correcta reestructura de la red se refleja en la calidad del audio así como también el nivel de percepción de los usuarios de la red que se encuentra en un promedio de 4.35, lo que significa un grado de satisfacción de “muy satisfechos”.

CAPÍTULO IV

PROPUESTA Y DISEÑO DE LA RED DE RADIOCOMUNICACIONES DIGITAL DE LA ESPE

La Innovación de la tecnología en cuanto a las radiocomunicaciones ha avanzado constantemente hasta llegar a una etapa digital, la cual brinda muchos beneficios en varios aspectos, y la ESPE al ser a más de una institución educativa; un recinto militar, no puede quedar atrapada en una tecnología obsoleta como es el caso de una red análoga de comunicaciones; por lo que debe migrar a una nueva red digital de radio comunicaciones.

Por esta razón se procede a hacer una investigación, que determine el grado de necesidad de la red y los nuevos servicios que esta pueda ofrecer al personal de la ESPE que se encuentre dentro de las instalaciones de cualquiera de las sedes o del campus politécnico, así como también al personal que se encuentre dentro del área de cobertura.

Para este proceso se ha realizado un pequeño estudio de mercado que determine los usuarios que usaran la red de radio digital, parámetro que se considera importante para el diseño de la red.

- **Estudio de mercado para determinar los parámetros necesarios para el diseño de la red digital**

El presente estudio pretende tomar una muestra significativa de los usuarios más frecuentes de este sistema para determinar los servicios adicionales que se pueden proporcionar y el número de usuarios que debe tener la red de radiocomunicaciones.

- **Definición del problema de estudio de mercado**

Se requiere realizar un diseño de una nueva red para realizar una migración de la red análoga VHF de comunicación de la ESPE, a una red de radiocomunicaciones digital, para tener los beneficios que esta presta como lo son transmisión de voz, los de radiolocalización vehicular mediante GPS, comunicación de datos tales como mensajes de texto, almacenamiento de conversaciones e ID de las personas que utilizan los equipos.

- **Objetivos de la investigación de mercado**

- Conocer la opinión de las principales autoridades y personal experto que conoce de los beneficios del área digital en radiocomunicaciones.
- Conocer el nivel de conocimiento de las autoridades en cuanto a los beneficios del área digital en radiocomunicaciones, para así difundir la información sobre el tema.
- Analizar los requerimientos que tienen los directivos sobre la red digital.
- Conocer la opinión de los directivos acerca de las personas idóneas que deben portar los radios.

- Analizar las ubicaciones específicas en donde se es indispensable contar con el servicio, para conocer cuál es el número de usuarios con el cual se va a diseñar la red.

- **Tipo de investigación de mercado**

La clasificación acorde para la investigación de mercados a realizar, ha sido la Investigación para resolver problemas, en donde se desea realizar un diseño de una nueva red para realizar una migración de la red análoga VHF de comunicación de la ESPE, a una red de radiocomunicaciones digital.

- **Metodología de la investigación de estudio de mercado**

Luego de que se ha definido con precisión el problema y establecido los objetivos de la investigación, se determina que se necesita investigar las opiniones y requerimientos de la red para realizar una migración a la tecnología digital, por lo que se realizarán encuestas al personal directivo y a expertos del área. Para obtenerlas se elaborará una base de datos con la población o el total de directivos y se tomará una muestra de los mismos para el respectivo análisis.

- **Diseño de la investigación de mercado**

Según Naresh Malhotra, el diseño de investigación es la estructuración o plano de ejecución que sirve para llevar a cabo el proyecto de investigación. Este detalla los procedimientos necesarios para obtener la información requerida.

Estructura o plano para llevar a cabo el proyecto de la investigación de mercados. Especifica los detalles de los procedimientos necesarios a fin de obtener la información que se necesita para estructurar y resolver los problemas de investigación.

- **Fuentes de Información primarias**

Estos datos se generan a través de varias herramientas de investigación para obtener datos cualitativos y cuantitativos con el fin de conocer y comprender gustos, preferencias y tendencias que permitirán desarrollar las estrategias a través de los instrumentos de recopilación de datos como:

- **Encuestas**

“Son entrevistas con un número de personas utilizando un cuestionario prediseñado. Según el mencionado autor, el método de encuesta incluye un cuestionario estructurado que se da a los encuestados y que está diseñado para obtener información específica”. (Malhotra, 2004)

La encuesta se realizara a una muestra de directivos de la ESPE, Campus Sangolquí, la cual se determinará mediante el cálculo de la muestra estadística.

- **Tipo y tamaño de muestra**

- **Tipo de muestra**

- **Poblaciones y Muestras**

Cuando se realiza un estudio de investigación, se pretende generalmente inferir o generalizar resultados de una muestra a una población. Se estudia en particular a un reducido número de individuos a los que tenemos acceso con la idea de poder generalizar los hallazgos a la población de la cual esa muestra procede.

Este proceso de inferencia se efectúa por medio de métodos estadísticos basados en la probabilidad.

La población representa el conjunto grande de individuos que deseamos estudiar, en este caso el total de directivos de la ESPE, en definitiva, un colectivo homogéneo que reúnen unas características determinadas.

La muestra es el conjunto menor de individuos (subconjunto de la población accesible y limitado sobre el que realizamos las mediciones o el experimento con la idea de obtener conclusiones generalizables a la población).

El individuo es cada uno de los componentes de la población y la muestra.

La muestra debe ser representativa de la población y con ello queremos decir que cualquier individuo de la población en estudio debe haber tenido la misma probabilidad de ser elegido.

- **Muestreo**

Es una herramienta de la investigación científica. Su función básica es determinar que parte de una realidad en estudio (población o universo) debe examinarse con la finalidad de hacer inferencias sobre dicha población.

El error que se comete debido al hecho que se obtienen conclusiones, sobre cierta realidad, a partir de la observación de sólo una parte de ella, se denomina error de muestreo.

Obtener una muestra adecuada significa lograr una versión simplificada de la población, que reproduzca de algún modo sus rasgos básicos.

○ **Métodos de Muestreo**

Es el proceso por el cual se seleccionan los individuos que formarán una muestra. Para que se puedan obtener conclusiones fiables para la población a partir de la muestra, es importante tanto su tamaño como el modo en que han sido seleccionados los individuos que la componen.

Los métodos de muestreo probabilísticos son aquellos que se basan en el principio de que todos los individuos tienen la misma probabilidad de ser elegidos para formar parte de una muestra y, consiguientemente, todas las posibles muestras de tamaño n tienen la misma probabilidad de ser elegidas.

Los métodos de muestreo no probabilísticos no garantizan la representatividad de la muestra y por lo tanto no permiten realizar estimaciones inferenciales sobre la población.

• **Muestreo aleatorio simple**

Al seleccionar una muestra aleatoria de n mediciones de una población infinita de N mediciones, si el muestreo se lleva a cabo de forma que todas las muestras posibles de tamaño n tengan la misma probabilidad de ser seleccionadas, el muestreo se llama aleatorio y el resultado es una muestra aleatoria simple.

El procedimiento empleado es el siguiente:

- 1) Se asigna un número a cada individuo de la población.
- 2) A través de algún medio mecánico se eligen tantos sujetos como sea necesario para completar el tamaño de muestra requerido.

- **Prueba piloto**

Una pregunta filtro, en un método aleatorio simple consiste en la selección de una pregunta de entre varias de una encuesta realizada; cuando esta es de carácter cualitativo, con el objetivo de que esta represente el mayor peso de relevancia o mayor importancia al estudio de mercado que se desea hacer, para de esta forma procesar datos o proceder a tomar un criterio de peso para estudios posteriores. Se lo utiliza cuando se realizan pruebas piloto antes de realizar una encuesta.

- **Pregunta Filtro**

De acuerdo a la definición de la pregunta filtro, para la presente encuesta de las preguntas elaboradas para la misma se ha seleccionado como pregunta filtro a la siguiente pregunta:

“Usted opina que los radios que operan en la actual red de radiocomunicaciones de la ESPE, son indispensables para la seguridad de la universidad?, y qué opina de los sistemas de radiocomunicaciones digitales y cuales servicios piensa que debería prestar la red digital de radiocomunicaciones a diseñar?”.

Se ha tomado como el universo a todos los usuarios (N) actuales de la red que son 37 para hacer el cálculo de la muestra.

Siendo:

$N = 37$

$p = 0,20$ proporción estimada de éxito

$q = 0,80$ proporción estimada de fracaso

$$n = N * p * q \quad \text{Ecuación 4.1.}$$

$$n = 37 * 0,20 * 0,80$$

$$n = 5,92 \approx 6$$

De acuerdo al cálculo anterior se ha determinado que la muestra significativa que representa al universo es de 6 usuarios de la red de radiocomunicaciones análoga de la ESPE, por lo que se ha elegido a las personas que ocupan puestos jerárquicos directivos que se detallan en la tabla 4.1.

Tabla 4.1. Lista de directivos seleccionados para ser encuestados.

Orden	Cargo Directivo	Nombre de la persona que lo desempeña
1	Rector	General Carlos Rodríguez
2	Vicerrector Académico	Crnl. Gutiérrez
3	Vicerrector de Investigación	Crnl. Domínguez
4	Vicerrector de Vinculación	Crnl. Marcelo Gómez
5	Encargado de Seguridad y Radiocomunicaciones	Crnl. Revelo y Cap. Paredes
6	Director de la Unidad de Transportes	Crnl. (r) Fernando Remache

- **Encuesta elaborada para establecer los parámetros del diseño de la red digital de la ESPE.**

La encuesta ha sido estructurada de tal forma que permita extraer el criterio de los usuarios de la red, por lo tanto consta de 8 preguntas relacionadas con la red de radiocomunicaciones de la ESPE [8], cuyo formato se puede ver a continuación.

MODELO DE ENCUESTA REALIZADA



**Carrera de Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones
Departamento de Eléctrica y Electrónica
Escuela Politécnica del Ejército**

Tesis: “LEVANTAMIENTO Y REESTRUCTURACIÓN DE LA RED ANALÓGICA DE RADIOCOMUNICACIONES DE LA ESPE Y PROPUESTA DE MIGRACIÓN A LA RADIO DIGITAL CON PRUEBAS Y APLICACIONES”

CUESTIONARIO

La presente encuesta es dirigida a capturar la opinión de las principales autoridades de la ESPE matriz, así como del personal que tiene a cargo la seguridad de la institución mediante la red de radiocomunicaciones de la ESPE, para tener un mejor criterio en su propuesta de migración a digital.

1. Usted opina que los radios que operan en la actual red de radiocomunicaciones de la ESPE, son indispensables para la seguridad de la universidad? Sí o No ¿Por qué?

2. Qué personal debe tener radios portátiles?

Personal de Transporte

Personal Militar

Otros : _____

3. En qué puntos de la ESPE y sus sedes, usted piensa que se debe tener radios fijas?

4. Usted piensa que es necesario que el personal de transporte tengan equipos de comunicación? Sí o No ¿Por qué?

5. Que servicios adicionales debería prestar la red digital de radiocomunicaciones a diseñar?

6. Usted cree que es conveniente designar una persona encargada que se dedique al mantenimiento de la red y de los radios?

7. Usted cree que es necesario incorporar el servicio de GPS para el personal militar que tiene radios?

8. Usted opina que es conveniente que la red digital de radiocomunicaciones a diseñar, debería integrar las tres ciudades, donde se encuentran la ESPE y sus sedes? Sí o No ¿Por qué?

- **Tabulación de resultados**

La tabla 4.2 muestra la tabulación de los resultados obtenidos en las encuestas realizadas al personal elegido, así como también se tabula los criterios emitidos por los usuarios encuestados, cuyo resultado se coloca en la columna de observación; de tal forma se obtiene un criterio único y generalizado de las respuestas dadas a las preguntas cualitativas.

Tabla 4.2. Tabulación de resultados de las encuestas realizadas.

Pregunta N° 1		SI	NO	Observación
Usted opina que los radios que operan en la actual red de radiocomunicaciones de la ESPE, son indispensables para la seguridad de la universidad? Sí o No ¿Por qué?		5	1	La opinión general fue afirmativa ya que son sistemas propios que pueden solventar necesidades permanentes sin depender de otra institución
Pregunta N° 2		Personal de transportes	Personal Militar	Observación
Qué personal debe tener radios portátiles? Personal de Transporte Personal Militar Otros : _____		6	6	Los directivos también aportaron al decir que a más de dicho personal es necesario que Directivos, personal de UTICs y prevenciones en todas las sedes cuenten también con soporte de comunicaciones interno.
Pregunta N° 3		Observación		
En qué puntos de la ESPE matriz y sus sedes, usted piensa que se debe tener radios fijas?		Los usuarios encuestados opinaron en su mayoría que se debe de contar con radios fijas en prevenciones, UTICs, en unidades de control descentralizadas y salas de monitoreo		
Pregunta N° 4		SI	NO	Observación
Usted piensa que es necesario que el personal de transporte tengan equipos de comunicación? Sí o No ¿Por qué?		3	2	Las personas a favor consideran que es importante que tengan radios el personal de transportes principalmente por su seguridad Las persona que no están de acuerdo con esta pregunta argumentaron que no es necesaria una comunicación directa con ellos sino más bien simplemente un monitoreo por GPS a cada unidad.
Pregunta N° 5		Observación		
Que servicios adicionales debería prestar la red digital de radiocomunicaciones a diseñar?		Los usuarios encuestados opinaron en su mayoría que los servicios que debe prestar la nueva red son principalmente de GPS, enlace con línea telefónica y botón de pánico para emergencias		
Pregunta N° 6		Observación		
Usted cree que es conveniente designar una persona encargada que se dedique al mantenimiento de la red y de los radios?		Los usuarios encuestados opinaron en su mayoría de forma afirmativa, argumentando que es muy importante que se especialice a alguien en particular para el mantenimiento en general de la red.		
Pregunta N° 7		Observación		
Usted cree que es necesario incorporar el servicio de GPS para el personal militar que tiene radios?		Los usuarios encuestados opinaron en su mayoría de forma afirmativa, argumentando que es muy importante la radiolocalización al personal militar para aumentar la seguridad y el control de sus funciones.		
Pregunta N° 8		SI	NO	Observación
Usted opina que es conveniente que la red digital de radiocomunicaciones a diseñar, debería integrar las tres ciudades, donde se encuentran la ESPE y sus sedes? Sí o No ¿Por qué?		6	0	Las personas a favor consideran que es importante que se puedan enlazar las 3 provincias y sus sedes debido a que esto brindara una mejor organización a nivel directivo y bajara el costo del empleo de líneas telefónicas, haciendo un cambio en la costumbre de uso celular.

- **Gráfico estadístico**

En la figura 4.1 se muestra el resultado de la pregunta filtro, la cual nos permite ver en forma gráfica que el 80% de los encuestados cree que es necesario un sistema de comunicaciones, y que es primordial migrar a la tecnología digital por todas las ventajas que ofrece y los sitios y usuarios que deben disponer de este servicio.

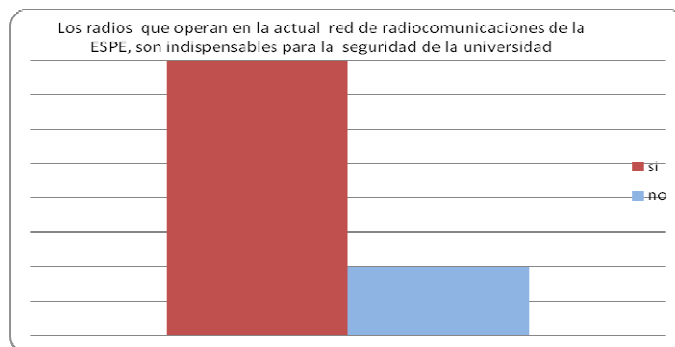


Figura 4.1. Tabulación del resultado de la pregunta filtro.

De acuerdo a los resultados obtenidos en las encuestas, y en la pregunta filtro; se procede a establecer los parámetros principales para el diseño de la red digital de radiocomunicaciones, como lo son: los lugares de ubicación de los equipos, el personal de la ESPE usuario de los equipos portátiles, servicios adicionales que debe prestar la nueva red digital; etc. Estos parámetros se explican en las tablas 4.3, 4.4 y en los puntos 3, 4, 5 y 6 que se describen a continuación:

1. La tabla 4.3 muestra los puntos prioritarios que deben tener radios fijas digitales:

Tabla 4. 3 Puntos prioritarios que deben disponer de radios digitales

Puntos de la ESPE y sus sedes	Radios Fijas
Prevención de la ESPE matriz	Sí
Prevención de las sedes	Sí
Salas de Control y Monitoreo Vehicular	Sí
Retén de la ESPE matriz	Sí
UTIC's	Sí

2. La tabla 4.4 muestra el personal que debe portar radios portátiles digitales:

Tabla 4. 4 Personal que deben disponer de radios portátiles digitales

Personal	Radios Portátiles
Directivos	Sí
Militar	Sí
De Servicios a la Universidad	Sí

3. Los servicios adicionales que debería prestar la red digital, además de la transmisión de voz, son los servicios de radiolocalización vehicular mediante GPS, comunicación de datos tales como mensajes de texto, almacenamiento de conversaciones e ID de los usuarios del sistema. Por lo que aprovechando estos nuevos servicios y de acuerdo a las necesidades de la unidad de transportes se considera prioritario que los vehículos de la ESPE tengan incorporado una radio móvil digital con GPS, que permita el monitoreo de la ubicación de los vehículos desde la central de transportes.
4. La red digital de radiocomunicaciones a diseñar, debe ser eficiente de tal forma que permita el control de las novedades en las sedes, la coordinación de eventos, la seguridad, y brindar la comunicación oportuna en los casos en los que algunas de las sedes requieran el apoyo de personal para garantizar su seguridad.
5. De acuerdo al levantamiento de la información referente a los usuarios prioritarios que requieren disponer de un equipo de radio y a los puntos críticos de la ESPE matriz y sus sedes que requieren de equipos de radio fijos se ha elaborado los posibles usuarios del sistema a diseñar en cada una de las sedes y de la ESPE matriz.
 - **ESPE matriz.**
 - La ESPE Matriz cuenta con dos puntos prioritarios para el acceso al campus politécnico, donde la policía militar debe contar con radios digitales para brindar seguridad y cumplir sus funciones de

guardia que como recinto militar a más de ser establecimiento educativo le corresponde; es por esto que para cada uno de estos puntos se establece una radio base digital así como también de radios portátiles para el oficial de semana y radios para los militares de turno que se desplazan dentro del campus para reportar cualquier eventualidad en el mismo.

- Además aquí también existen departamentos que por su función es importante y necesario contar con radios para la comunicación y monitoreo del personal, como lo son el departamento de Servicios Universitarios que debe contar con equipos para el personal que se desplaza a realizar adquisiciones, como para el jefe de control de este personal, de esta forma se requiere una radio portátil en la oficina y dos radios portátiles digitales para los dos grupos de trabajo que existe en la unidad.

El departamento de UTIC's también requiere una radio base digital que permanezca en las oficinas de las UTIC's para coordinaciones con los grupos de trabajo y tres radios digitales para los tres grupos de trabajo que se desplazan en funciones de mantenimiento.

- Considerando que la unidad de transportes cuenta con treinta vehículos que están en buenas condiciones para desplazarse por Quito y sus alrededores, y que es indispensable que estos vehículos cuenten con un sistema de rastreo de acuerdo a las recomendaciones dadas por contraloría, se requieren de treinta radios fijas digitales para instalar en cada uno de estos vehículos de tal manera que su desplazamiento pueda ser monitoreado desde la oficina central de transportes de la ESPE matriz.

○ **Sede ESPE IASA I**

- Esta sede cuenta con una prevención, la cual debe de contar con una radio base digital fija así como también una radio portátil digital para el oficial de semana o la policía militar,
- Considerando que la unidad de transporte cuenta dispone de ocho vehículos entre operativos y por adquirir para la sede ESPE IASA I, para desplazarse por Quito y sus alrededores, y que es indispensable que estos vehículos cuenten con un sistema de rastreo de acuerdo a las recomendaciones dadas por contraloría, se requieren de ocho radios fijas digitales para instalar en cada uno de estos vehículos de tal manera que su desplazamiento pueda ser monitoreado desde la oficina central de transportes de la ESPE.

○ **Sedes: ESPE Idiomas y Héros del Cenepa**

- Estas sedes al no contar con vehículos asignados en sus instalaciones, únicamente requieren una radio base digital en cada una de sus prevenciones
-

De acuerdo a estos puntos la tabla 4.5 resume en número total de radios digitales .

Tabla 4. 5 Número de usuarios para matriz y sedes en Pichincha

Puntos de la ESPE y sus sedes ESPE Matriz	# Usuarios
Policía Militar	6
Servicios Universitarios	3
UTIC's	5
Transportes	30
IASA I	10
Héros del Cenepa	1
Idiomas	1
Total usuarios Pichincha	56

○ **Sede ESPE IASA II Santo Domingo**

- Para la sede del IASA II en Santo Domingo, se designó una radio base digital para la prevención de la misma; y considerando que la unidad de transporte dispone de dos vehículos para esta sede, para desplazarse por Santo Domingo y sus alrededores, y que es indispensable que estos vehículos cuenten con un sistema de rastreo de acuerdo a las recomendaciones dadas por contraloría, se requieren de dos radios fijas digitales para instalar en cada uno de estos vehículos de tal manera que su desplazamiento pueda ser monitoreado desde la oficina central de transportes de la ESPE matriz.

- Para la sede ESPE Latacunga, se designó una radio base digital para la prevención de las misma; y considerando que la unidad de transporte dispuso de quince vehículos para esta sede, para desplazarse por Latacunga y sus alrededores, y que es indispensable que estos vehículos cuenten con un sistema de rastreo de acuerdo a las recomendaciones dadas por contraloría, se requieren de quince radios fijas digitales para instalar en cada uno de estos vehículos de tal manera que su desplazamiento pueda ser monitoreado desde la oficina central de transportes de la ESPE matriz.

En base a esto se estableció el número de usuarios que se requiere que integren la red digital de radiocomunicaciones a diseñar para estas sedes, se muestra en la tabla 4.6

Tabla 4. 6. Número de usuarios en sedes ESPE Sto. Domingo y Latacunga

Sedes	# Usuarios
IASA II Santo Domingo	3
ESPE Latacunga	16
Total usuarios	19

Por lo tanto el número total de usuarios para los cuales se debe diseñar la red de radiocomunicaciones de la ESPE y todas sus sedes, es de 75 usuarios. Los cuales, se encuentran distribuidos según la tabla 4.7.

Tabla 4. 7 Número de usuarios según el tipo de radio

Tipos de Radios	# Usuarios
Radios Portátiles	10
Radios Fijas	65
Total	75

- **Banda de Frecuencias**

Según el Plan Nacional de Frecuencias de la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones reformado en Marzo del 2008, existen segmentos de banda para la operación de sistemas de uso reservado conforme al Plan Militar de Frecuencias [1], las cuales muestra la tabla 4.8.

Tabla 4. 8 Bandas de frecuencias Secretaria Nacional de Telecomunicaciones

Banda de Frecuencia (MHz)	Banda de Frecuencia (GHz)
26,175 - 27,5	2,3 - 2,5
29,7 - 37,5	4,4 - 5
40,02 - 40,98	12,75 - 13,25
41,015 - 50	
74,6 - 74,8	
75,2 - 76	
138 - 144	
150,05 - 174	
248 - 272	
300 - 328,6	
387 - 399,9	
410 - 417,5	
430 - 440	
460 - 512	
806 - 824	
851 - 869	

La red analógica de radiocomunicaciones VHF de la ESPE, que se encuentra actualmente en funcionamiento, opera en la banda de frecuencias de 151.175 MHz a 152.975 MHz, que fue considerada en el plan militar de frecuencias del Comando Conjunto de la Fuerzas Armadas aprobado mediante resolución N° 442-27 del 27 de septiembre del 2007 para el servicio de radiocomunicaciones fijo y móvil terrestre. Este plan militar de frecuencias fue aprobado por el CONATEL mediante resolución 08-02-conatel2006.

Para realizar el diseño de la red digital de radiocomunicaciones de la ESPE y sus sedes, se utilizará la banda mencionada, teniendo en cuenta que para usar la misma en las diferentes provincias donde se encuentran las sedes de la ESPE solo se necesita el permiso de la Dirección de Comunicaciones del Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas y la legalización en el CONATEL.

Para realizar los enlaces entre las repetidoras, se utilizará la banda de 5.8 GHz, que va desde 5,725GHz a 5,8250 GHz, dado que la misma permite establecer enlaces vía microondas, es una banda no licenciada. Adicionalmente, existe un reglamento para la implementación y operación de sistemas de modulación digital en esta banda de frecuencias en el que hay que registrarse para el diseño de los enlaces.

4.1 RECONOCIMIENTO DE PUNTOS DE REPETICIÓN Y DETERMINACIÓN DE COORDENADAS

Para diseñar la red digital de radiocomunicaciones que una a la ESPE con sus sedes de Latacunga y Santo Domingo, se simuló en Radio Mobile un enlace entre el repetidor de Cruz Loma y los cerros que den cobertura a Sto. Domingo y a Latacunga, determinándose que los posibles puntos que permitan viabilizar este proyecto son el Cerro Atacazo, para salir de la provincia de Pichincha hacia Putzalagua o Sumi Loma para cubrir la sede ESPE Latacunga y hacia los cerros de Bombolí o Chiguilpe para dar cobertura a la sede de Santo Domingo.

Los datos que se muestran en la tabla 4.9, corresponden a las coordenadas de las ubicaciones de los sitios de repetición que son de interés para el diseño de la red digital de radiocomunicaciones de la ESPE, y que el Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas tiene infraestructura de telecomunicaciones o tiene acceso a las mismas. Estos se obtuvieron del archivo de infraestructura de telecomunicaciones del CONATEL, el cual es de libre acceso.

Estas coordenadas fueron verificadas mediante el programa Google Maps, coincidiendo con las ubicaciones de los sitios de repetición que se va a utilizar en el diseño de la red de radiocomunicaciones digital de la ESPE, como se muestra en la tabla 4.9.

Tabla 4. 9 Coordenadas de los sitios de repetición

Emplazamiento	Latitud	Longitud	Hsnm(m)
Atacazo	00°21'22,2"S	078°37'9,1"O	4474
Chiguilpe Alto	00°17'44,7"S	079°5'12,1"O	1172
Cruz Loma	00°11'16,1"S	078°32'7,4"O	3902,7
Putzalagua	00°57'56"S	078°33'42,7"O	3468,9
Sumi Loma	00°40'00"S	078°36'0"O	3390,2
Bombolí	00°14'48,2"S	079°11'31,3"O	600,3

Todos estos sitios de repetición fueron elegidos de acuerdo al levantamiento de la información obtenida de la Dirección de Comunicaciones del Ejército.

4.2 DETERMINACIÓN DE SECTORES A CUBRIRSE CON EL SISTEMA

Para poder determinar los mejores sitios de repetición que cubran mayores áreas en los sitios donde se encuentran las sedes se ha procedido a realizar una simulación de

cobertura, para el caso de la sede Santo Domingo los dos posibles cerros que dan cobertura a esta sede son Chiguilpe Alto y Bombolí. Para cubrir la sede de Latacunga los posibles puntos de repetición son Sumi Loma y Putzalagua.

A continuación analizaremos las áreas de cobertura que cubriría la repetidora en los diferentes cerros cercanos a cada una de las sedes, para establecer el mejor sitio donde se instalará la estación repetidora.

4.2.1 Repetidora de Cruz Loma

Aunque la cobertura en este cerro no es de interés para nuestro diseño ya que la repetidora está instalada desde el año 1992 en este sitio, hemos incluido en este proyecto como información adicional las áreas a cubrirse al utilizar la repetidora de Cruz Loma.

Como puede observarse en la figura 4.2 la repetidora Cruz Loma cubre las sedes de la ESPE tales como Idiomas, Héroes del Cenepa, ESPE matriz y IASA I, además cubre los sectores de Calderón, Machachi, El Quinche, Tumbaco, San Miguel de los Bancos.



Figura 4.2. Cobertura repetidora Cruz Loma

4.2.2 Repetidora de Chiguilpe Alto

Las áreas a cubrirse al utilizar la repetidora de Chiguilpe Alto, a más de las sede de IASA Santo Domingo, son:

La ciudad de Santo Domingo de Tsáchilas hasta El Carmen, Pedro Vicente Maldonado, San Miguel de los Bancos, Patricia Pilar y Puerto Quito. Como se puede observar en la figura 4.3.

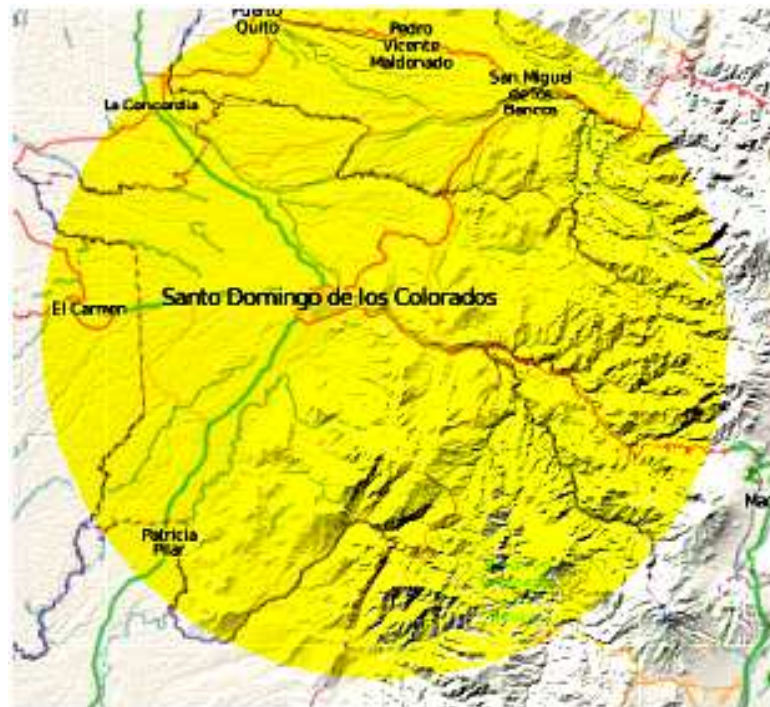


Figura 4.3 Cobertura repetidora Chiguilpe Alto

4.2.3 Repetidora de Bombolí

Las áreas a cubrirse al utilizar la repetidora de Bombolí, a más de las sede de IASA Santo Domingo, son la ciudad de Santo Domingo de los Tsáchilas hasta los sectores de Puerto Quito, El Carmen, La Concordia.

Los sectores que limitan son Pedro Vicente Maldonado, Patricia Pilar y San Miguel de los Bancos como se puede observar en la figura 4.4.

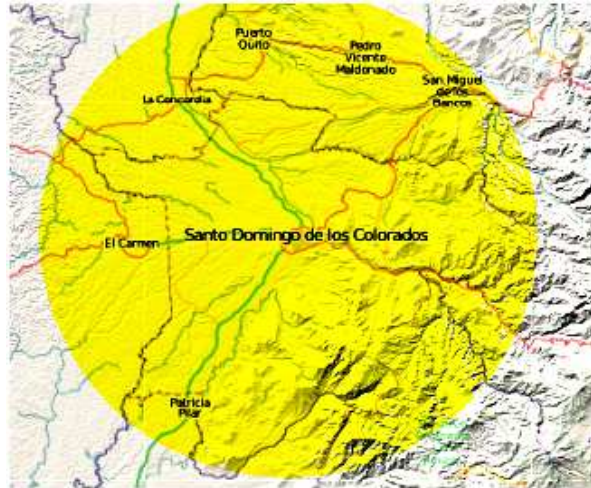


Figura 4. 4. Cobertura repetidora Bombolí

4.2.4 Repetidora de Putzalagua

Las áreas a cubrirse al utilizar la repetidora de Putzalagua, a más de las sede de ESPE Latacunga, son la ciudad de la Latacunga hasta los sectores de Saquisilí, y San Miguel de Salcedo como se puede observar en la figura 4.5.

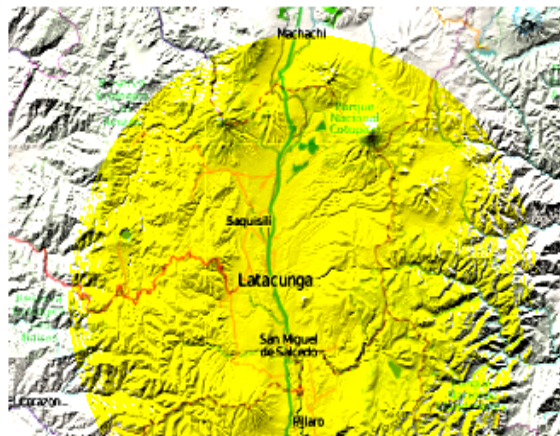


Figura 4. 5. Cobertura repetidora Putzalagua

4.2.5 Repetidora de Sumi Loma

Las áreas a cubrirse al utilizar la repetidora de Sumi Loma, a más de las sede de ESPE Latacunga, son la ciudad de la Latacunga hasta los sectores de Saquisilí, San Miguel de Salcedo, Machachi, Amaguana, San Rafael y gran parte de Sangolquí como se puede observar en la figura 4.6.



Figura 4. 6. Cobertura repetidora Sumi Loma

4.3 DISEÑO DE LA RED DE COMUNICACIONES DIGITAL.

Para el diseño de la red de comunicaciones digital, se plantearán dos escenarios:

- Enlace Sede – Repetidora
- Enlace Repetidora- Repetidora

A continuación se detalla minuciosamente todo el diseño para los escenarios antes mencionados:

4.3.1 Enlace Sede – Repetidora

Para comprender y realizar de una mejor manera el enlace VHF, se dividió en cinco zonas. Cada zona llevará el nombre de la repetidora que da la cobertura, como se muestra en las tablas 4.10, 4.11, 4.12, 4.13 y 4.14.

➤ Zona 1: Cruz Loma

Tabla 4. 10. Enlace zona Cruz Loma

Repetidora	Terminal/Estación
Cruz Loma	Héroes del Cenepa
	ESPE Matriz
	IASA(Prevención Central)
	Idiomas

➤ Zona 2: Chiguilpe Alto

Tabla 4. 11. Enlace zona Chiguilpe Alto

Repetidora	Terminal/Estación
Chiguilpe Alto	IASA Santo Domingo

➤ Zona 3: Bombolí

Tabla 4. 12. Enlace zona Bombolí

Repetidora	Terminal/Estación
Bombolí	IASA Santo Domingo

➤ **Zona 4:** Putzalagua

Tabla 4. 13. Enlace zona Putzalagua

Repetidora	Terminal/Estación
Putzalagua	ESPE Latacunga

➤ **Zona 5:** Sumi Loma

Tabla 4. 14. Enlace zona Sumi Loma

Repetidora	Terminal/Estación
Sumi Loma	ESPE Latacunga

4.3.2 Especificaciones técnicas de los Equipos

En las tablas 4.15, 4.16 y 4.17, se muestran las características más importantes de los equipos digitales a utilizar en el diseño.


- **Repetidora Digital**

Tabla 4. 15. Especificaciones técnicas repetidora

	
Parámetros	VHF
Frecuencia	146-174 MHz
Número de Canales	30
Sensibilidad	0,27/0,33 μ V
Potencia de Transmisión	25W – 50W
Espaciamiento de canales	6,25/12,5 kHz

- **Radios Bases**

Tabla 4. 16. Especificaciones técnicas radio base

	
Parámetros	VHF
Frecuencia	136-174 MHz
Número de Canales	512
Tamaño	160x45x157 mm
Sensibilidad	0,20/0,28 μ V
Potencia de Transmisión	1-30 W
Espaciamiento de canales	6,25/12,5 kHz
Voltaje de Alimentación DC	10.8-15,7 V DC

- **Radios Portátiles**

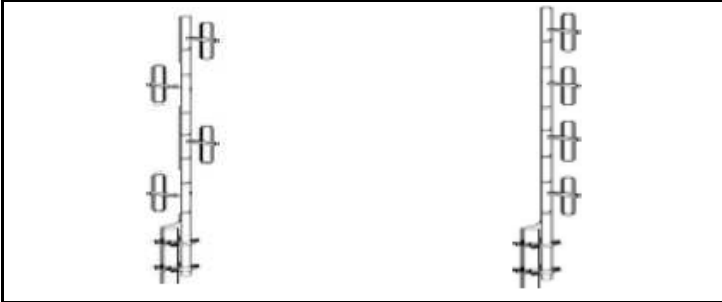
Tabla 4. 17. Especificaciones Técnicas radio portátil

	
Parámetros	VHF
Frecuencia	136-174 MHz
Número de Canales	512
Tamaño	58x127,5x41,3 mm
Sensibilidad	0,20/0,25 μ V
Potencia de Transmisión	1/5 W
Espaciamiento de canales	6,25/12,5 KHz
Voltaje de Alimentación DC	7,5 V DC

4.3.3 Tipo y Ganancias de la Antena

Se utilizará la antena de cuatro dipolos doblados, que actualmente se utiliza en sistema de radiocomunicaciones VHF analógico de la ESPE, específicamente en el cerro de Cruz Loma. Las características de la misma se muestran en la tabla 4.18.

Tabla 4. 18. Especificaciones Técnicas Antena 4 Dipolos

	
Especificaciones	Valores
Frecuencia Mínima	151,430 MHz
Frecuencia Máxima	156,430 MHz
VSWR	1,3
Ganancia	12 dBi

4.3.4 Cálculos del Radio Enlace

El diseño se lo realizará con los valores críticos de los diferentes parámetros, para simular el peor escenario. Toda la información técnica que se requiera de los equipos, se tomara de las tablas anteriores. Los parámetros del enlace a calcular son los siguientes:

- Pérdida por propagación en espacio libre
- PIRE
- Radio de la Primera Zona de Fresnel
- Margen de Despeje
- Potencia Nominal de Recepción

- Margen de Desvanecimiento
- Confiabilidad del Enlace

Primero, se procede a simular en Radiomobile, cada zona teniendo en cuenta que se debe asegurar que como mínimo este despejada el 60% de la Primera Zona de Fresnel.

Además debe existir línea de vista entre la repetidora y las sedes de la ESPE, para ello se puede modificar la altura de las torres, teniendo muy en cuenta que deben ser valores a los cuales se pueda realizar la futura implementación del sistema a diseñar.

Como segundo paso, se obtiene el perfil topográfico y se realiza los cálculos de los parámetros mencionados anteriormente, estos se comparan con los obtenidos en la simulación. Si existe un margen de error entre los mismos, se consideran como aceptables hasta con un margen del 10% de error.

4.3.4.1 Enlace ESPE - Cruz Loma

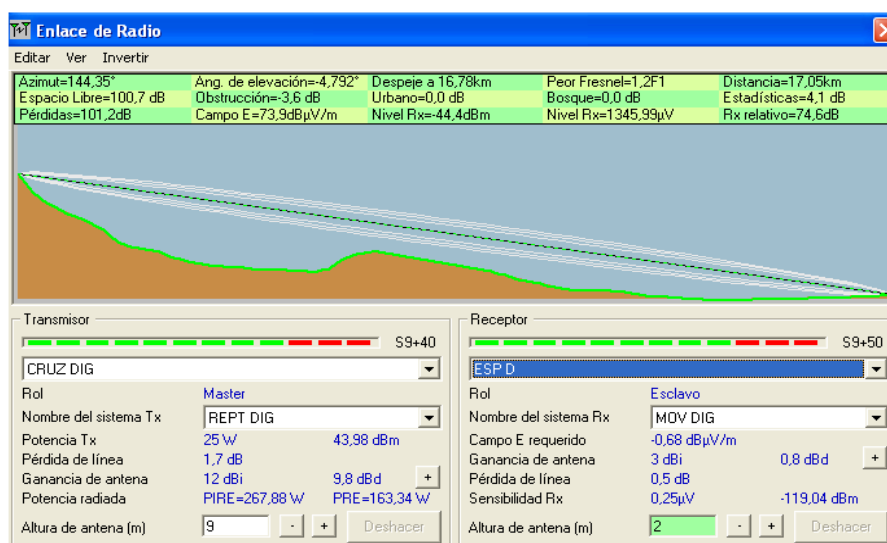


Figura 4. 7. Enlace ESPE Cruz Loma

En el enlace ESPE – Cruz Loma de la figura 4.7, se tiene despejada más del 60% de la Primera Zona de Fresnel. Además, se tiene línea de vista, con una altura de torre de

9m en Cruz Loma. En la ESPE matriz, se utiliza una radio portátil digital que como altura máxima puede estar en 2 m.

Para realizar los cálculos de los parámetros, se procede a obtener el perfil topográfico del enlace, el cual se muestra en la figura 4.8.

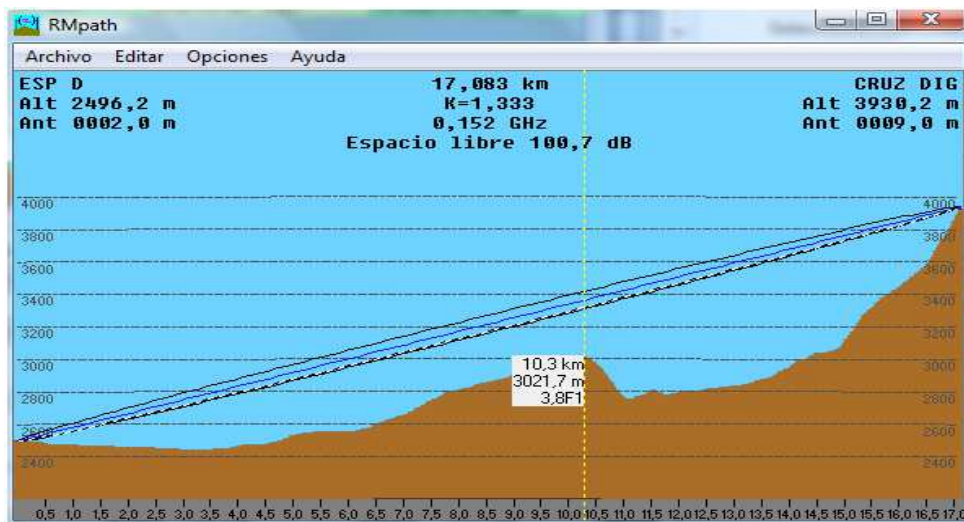


Figura 4.8. Perfil topográfico enlace ESPE Cruz Loma

Con esta información, se procede a realizar los siguientes cálculos:

- **Pérdida por propagación en espacio libre**

La frecuencia que se utilizará para determinar las pérdidas, es un valor promedio entre las frecuencias mínima y máxima, las cuales son 151,625 MHz y 152,525 MHz respectivamente. El valor promedio es de 152,075 MHz. La fórmula para realizar los cálculos de la pérdida por propagación en el espacio libre es:

$$FSL_{(dB)} = 20 \log(d) + 20 \log(f) - 147.558$$

Ecuación 4.1 Cálculo de pérdida de propagación en el espacio libre

La pérdida por espacio libre se muestra en la tabla 4.19:

Tabla 4. 19. Pérdida espacio libre enlace ESPE – Cruz Loma

Enlace	Distancia(m)	Frecuencia(Hz)	Pérdidas (dB)
ESPE - Cruz Loma	17083	152255000	100,744741

- **Cálculo del PIRE**

Para el cálculo del PIRE, se utiliza la ecuación 4.2:

PIRE(dBm)= Potencia del transmisor(dBm)-Pérdidas en el cable y conectores(dB)
+ Ganancia de antena(dBi)

Ecuación 4. 2 Cálculo del PIRE

El valor del PIRE, es el mostrado en la tabla 4.20:

Tabla 4. 20. Valor PIRE ESPE matriz

LUGAR	PTX (dBm)	Pérdidas (dB)	G Antena (dBi)	PIRE(dBm)
ESPE Matriz	37	0,5	3	39,5

- **Zona de Fresnel**

Para la determinación del radio de la primera Zona de Fresnel, se tomará como referencia el punto donde está ubicada la obstrucción más alta a lo largo del perfil topográfico, y se utiliza la ecuación 4.3 mostrada a continuación.

$$r_n = 17,32 \times \sqrt{\frac{d_1 \times d_2}{d \times f}}$$

Ecuación 4. 3 Cálculo del radio de la primera Zona de Fresnel

Donde:

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

d_1 = distancia desde el transmisor al obstáculo más prominente en km.

d_2 = distancia desde el obstáculo más prominente al receptor en km.

d = distancia total del enlace en km. $d= d_1+ d_2$

f = frecuencia en GHz.

El radio de la primera Zona de Fresnel se muestra en la tabla 4.21:

Tabla 4. 21. Valor de radio de la primera zona de Fresnel

D1(Km)	D2(Km)	DTOTAL(Km)	F(GHz)	KTE	RADIO(m)
10,3	6,783	17,083	0,152	17,32	89,8407863

- **Margen de Despeje**

Para el cálculo del margen de despeje es necesario, primero determinar la altura de despeje en la elevación más alta, utilizando la ecuación 4.4.

$$h_{desp} = h_1 + \frac{d_1}{d}(h_2 - h_1) - (h_c + \frac{d_1 d_2}{2ka})$$

Ecuación 4. 4 Cálculo de la altura de despeje

Donde:

h_1 y h_2 = altura desde el nivel del mar hasta las antenas

d = distancia desde la antena 1 hasta la antena 2

d_1 = distancia desde la antena 1 hasta el obstáculo

d_2 = distancia desde la antena 2 hasta el obstáculo

h_c = altura desde el nivel del mar hasta el obstáculo

k = coeficiente de la curvatura de la tierra

a = radio de la tierra.

Los valores utilizados para el cálculo de la altura de despeje se obtienen del perfil topográfico. El valor de la altura de despeje se muestra en la tabla 4.22:

Tabla 4. 22. Valor de la altura de despeje

d1(m)	d2(m)	DTOTAL(m)	h1(m)	h2(m)	hC(m)	a(Km)	K	H Desp(m)
10300	6783	17083	2498,2	3939,2	3021,7	6370000	1,333	341,22056

Debido a que la h_{desp} es > 0 , no existe obstrucción por cumbre, por lo tanto, se puede calcular el margen de despeje de la zona de Fresnel, que de acuerdo a la ecuación 4.5.

$$M_{D\%} = \left(1 + \frac{h_{desp} - r_1}{r_1} \right) \times 100$$

Ecuación 4. 5 Cálculo del margen de despeje

El valor del margen de despeje se muestra en la tabla 4.23

Tabla 4. 23. Valor del margen de despeje

HDESP(M)	R1(M)	MD%
341,22056	89,8407863	379,805848

El margen de despeje es superior al 60% que es lo mínimo requerido, por lo que la zona de Fresnel se considera despejada.

- **Potencia nominal de Recepción**

La potencia nominal de recepción se calcula mediante la siguiente ecuación;

P_{inRX} = Potencia del transmisor (dBm) – Pérdida en el cable Tx (dB) + Ganancia de antena de Tx (dBi) – Pérdidas en la trayectoria en el espacio abierto (dB) + Ganancia de antena Rx (dBi) – Pérdidas en el cable de Rx (dB) – Pérdidas y atenuaciones adicionales (dB)

Ecuación 4. 6 Cálculo de la potencia nominal de recepción

En la sede de la ESPE matriz, la P_{inRX} se muestra en la tabla 4.24:

Tabla 4. 24. Valor de la P_{inRX} ESPE matriz

PTx (dBm)	PERD CAB Tx	G Tx (DBI)	FSL (dB)	GRx (dBi)	PER CAB Rx	PER ADI (DB)	PInRx (dBm)
37	0,5	3	100,72	12	1,7		-50,92

- **Margen de Desvanecimiento**

Para el cálculo del margen de desvanecimiento, se utiliza la ecuación 4.7:

$$MD_{(dB)} = P_{in} (dBm) - U_{Rx} (dBm)$$

Ecuación 4. 7 Cálculo del margen de desvanecimiento

Donde:

P_{in} = Potencia nominal de recepción

U_{Rx} = Umbral del receptor

El valor del margen de desvanecimiento se muestra en la tabla 4.25:

Tabla 4. 25. Valor del margen de desvanecimiento

Pin Rx(dBm)	URx(dBm)	MARD DESV(DB)
-50,92	-119,03	68,11

De acuerdo a la tabla 4.26:

Tabla 4. 26. Tabla de confiabilidad de un enlace

MD(dB)	Confiabilidad (%)	Tiempo de Indisponibilidad
10	90.0	36.5 días
20	99.0	3.65 días
30	99.90	8.75 horas
40	99.990	52.3 minutos
50	99.999	5.23 minutos

La confiabilidad del enlace es superior al 99.999%, que da un tiempo de indisponibilidad menor a 5,23 minutos al año.

4.3.4.2 Enlace Idiomas Cruz Loma

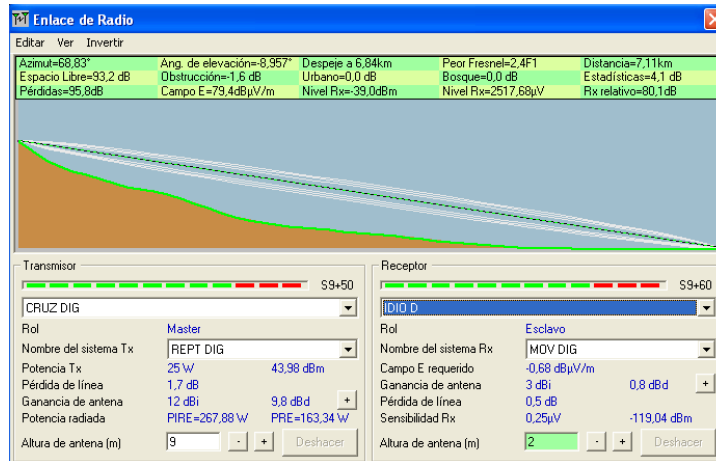


Figura 4.9. Enlace Idiomas - Cruz Loma

En el enlace Idiomas – Cruz Loma de la figura 4.9, se tiene despejada más del 60% de la Primera Zona de Fresnel. Además, se tiene línea de vista, con una altura de torre de 9m en Cruz Loma. En la ESPE matriz, se utiliza una radio portátil digital que como altura máxima puede estar en 2 m.

Para realizar los cálculos de los parámetros, se procede a obtener el perfil topográfico del enlace, el cual se muestra en la figura 4.10.

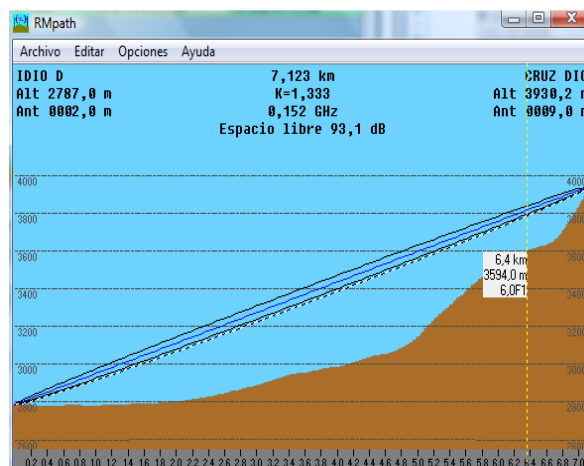


Figura 4.10. Perfil topográfico enlace Idiomas - Cruz Loma

Con esta información, se procede a realizar los siguientes cálculos de:

- **Pérdida por propagación en espacio libre**

Para realizar el cálculo de la pérdida por propagación del espacio libre se utiliza la ecuación 4.1. Los datos de la distancia y frecuencia se obtienen del perfil topográfico del enlace.

La pérdida por espacio libre se muestra en la tabla 4.27:

Tabla 4. 27. Pérdida espacio libre enlace Idiomas – Cruz Loma

Enlace	Distancia(m)	Frecuencia(Hz)	Pérdidas (dB)
Idiomas - Cruz Loma	7110	152255000	93,13082329

- **Cálculo del PIRE**

Para el cálculo del PIRE, se utiliza la ecuación 4.2. La información sobre la potencia de transmisión se obtiene de las especificaciones técnicas de los equipos, la información de la ganancia de la antena se obtiene del Tipo y Ganancia de la Antena.

La información sobre las pérdidas, como se utiliza una radio portátil, no se tiene pérdidas por cable. Sin embargo, al utilizar este equipo se tiene un valor de pérdidas estándar de 0,5 dB.

El valor del PIRE, se muestra en la tabla 4.28:

Tabla 4. 28 Valor PIRE ESPE IDIOMAS

LUGAR	PTX (dBm)	Pérdidas (dB)	G Antena (dBi)	PIRE(dBm)
IDIOMAS	37	0,5	3	39,5

- **Zona de Fresnel**

Para la determinación del radio de la primera Zona de Fresnel, se tomará como referencia el punto donde está ubicada la obstrucción más alta a lo largo del perfil topográfico, y se utiliza ecuación 4.3.

El radio de la primera zona de Fresnel, se muestra en la tabla 4.29

Tabla 4. 29 Valor de radio de la primera zona de Fresnel

D1(Km)	D2(Km)	DTOTAL(Km)	F(GHz)	KTE	RADIO(m)
6,4	0,723	7,123	0,152	17,32	35,805831

- **Margen de Despeje**

Para el cálculo del margen de despeje es necesario, primero determinar la altura de despeje en la elevación más alta, utilizando la ecuación 4.4.

Los valores utilizados para el cálculo de la altura de despeje se obtienen del perfil topográfico. El valor de la altura de despeje, se muestra en la tabla 4.30:

Tabla 4. 30. Valor de la altura de despeje

d1(m)	d2(m)	DTOTAL(m)	h1(m)	h2(m)	hC(m)	a(Km)	K	H Desp(m)
6400	723	7123	2789,2	3939,2	3594	6370000	1,333	228,200028

Debido a que la h_{desp} es > 0 , no existe obstrucción por cumbre, por lo tanto, se puede calcular el margen de despeje de la zona de Fresnel, utilizando la ecuación 4.5.

El % del Margen de Despeje , se muestra en la tabla 4.31:

Tabla 4. 31. Valor del margen de despeje

HDESP(M)	R1(M)	MD%
228,2	35,805	637,341153

El margen de despeje es superior al 60% que es lo mínimo requerido, por lo que la zona de Fresnel se considera despejada.

- **Potencia nominal de Recepción**

La potencia nominal de recepción se calcula mediante la ecuación 4.6:

En la sede de Idiomas, la P_{inRX} , se muestra en la tabla 4.32:

Tabla 4. 32. Valor de la P_{inRX} ESPE IDIOMAS

PTx (dBm)	PERD CAB Tx	G Tx (DBI)	FSL (dB)	GRx (dBi)	PER CAB Rx	PER ADI(DB)	PInRx (dBm)
37	0,5	3	93,13	12	1,7		-43,33

- **Margen de Desvanecimiento**

Para el cálculo del margen de desvanecimiento, se utiliza la ecuación 4.7.

El valor del margen de desvanecimiento, se muestra en la tabla 4.33:

Tabla 4. 33. Valor del margen de desvanecimiento

Pin Rx(dBm)	URx (dBm)	MARD DESV (DB)
-43,33	-119,03	75,7

De acuerdo a la siguiente tabla 4.34:

Tabla 4. 34. Tabla de confiabilidad de un enlace

MD(dB)	Confiabilidad (%)	Tiempo de Indisponibilidad
10	90.0	36.5 días
20	99.0	3.65 días
30	99.90	8.75 horas
40	99.990	52.3 minutos
50	99.999	5.23 minutos

La confiabilidad del enlace es superior al 99.999%, que da un tiempo de indisponibilidad menor a 5,23 minutos al año.

4.3.4.3 Enlace Héroes del Cenepa Cruz Loma

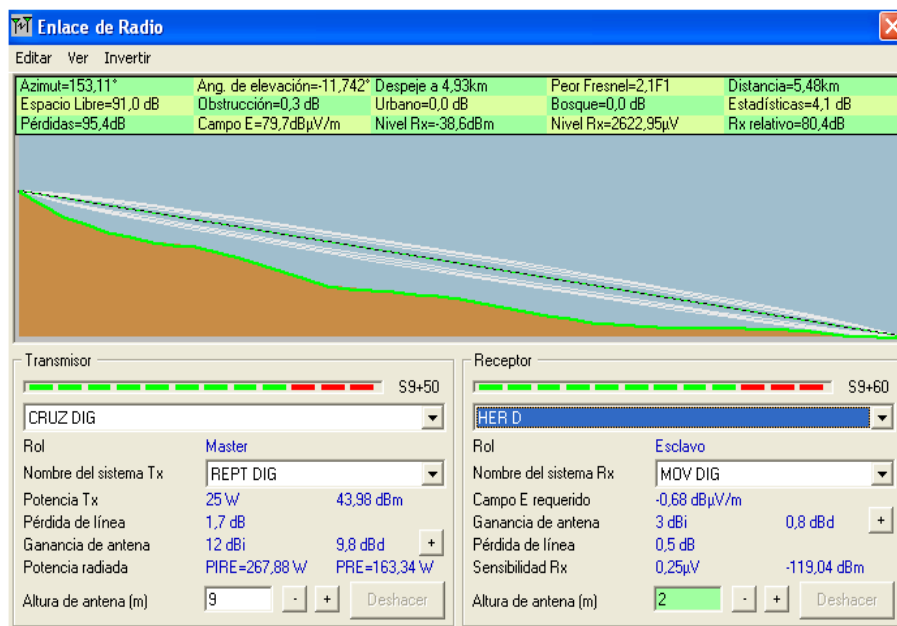


Figura 4. 11. Enlace Héroes del Cenepa - Cruz Loma

En el enlace Héroes del Cenepa – Cruz Loma de la figura 4.11, se tiene despejada más del 60% de la Primera Zona de Fresnel. Además, se tiene línea de vista, con una altura de torre de 9m en Cruz Loma. En la ESPE matriz, se utiliza una radio portátil digital que como altura máxima puede estar en 2 m.

Para realizar los cálculos de los parámetros, se procede a obtener el perfil topográfico del enlace, el cual se muestra en la figura 4.12:

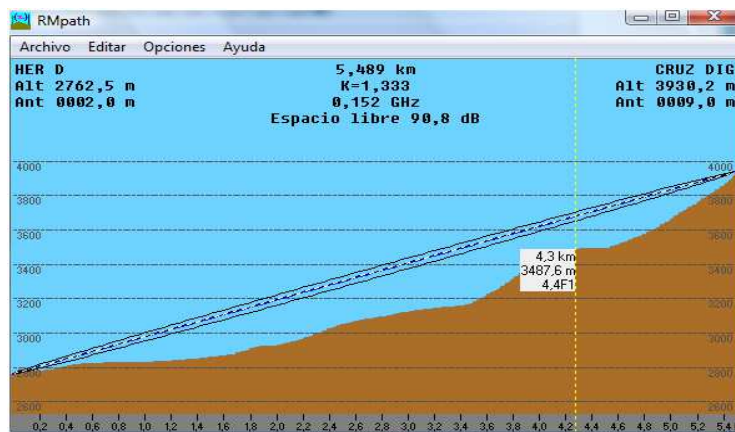


Figura 4.12. Perfil topográfico enlace Héroes del Cenepa - Cruz Loma

Con esta información, se procede a realizar los siguientes cálculos de:

- **Pérdida por propagación en espacio libre**

Para realizar el cálculo de la pérdida por propagación del espacio libre se utiliza la ecuación 4.1. Los datos de la distancia y frecuencia se obtienen del perfil topográfico del enlace.

La pérdida por espacio libre, se muestra en la tabla 4.35:

Tabla 4. 35. Pérdida espacio libre enlace Héroes del Cenepa – Cruz Loma

Enlace	Distancia(m)	Frecuencia(Hz)	Pérdidas (dB)
Héroes - Cruz Loma	5480	152255000	90,86904244

- **Cálculo del PIRE**

Para el cálculo del PIRE, se utiliza la ecuación 4.2. La información sobre la potencia de transmisión se obtiene de las especificaciones técnicas de los equipos, la información de la ganancia de la antena se obtiene del Tipo y Ganancia de la Antena.

La información sobre las pérdidas, como se utiliza una radio portátil, no se tiene pérdidas por cable. Sin embargo, al utilizar este equipo se tiene un valor de pérdidas estándar de 0,5 dB.

El valor del PIRE, se muestra en la tabla 4.36:

Tabla 4. 36. Valor PIRE Héroes del Cenepa

LUGAR	PTX (dBm)	Pérdidas (dB)	G Antena (dBi)	PIRE(dBm)
H. del Cenepa	37	0,5	3	39,5

- **Zona de Fresnel**

Para la determinación del radio de la primera Zona de Fresnel, se tomará como referencia el punto donde está ubicada la obstrucción más alta a lo largo del perfil topográfico, y se utiliza ecuación 4.3.

El radio de la primera Zona de Fresnel, se muestra en la tabla 4.37:

Tabla 4. 37. Valor de radio de la primera zona de Fresnel

D1(Km)	D2(Km)	DTOTAL(Km)	F(GHz)	KTE	RADIO(m)
4,3	1,189	5,489	0,152	17,32	42,8750494

- **Margen de Despeje**

Para el cálculo del margen de despeje es necesario, primero determinar la altura de despeje en la elevación más alta, utilizando la ecuación 4.4:

Los valores utilizados para el cálculo de la altura de despeje se obtienen del perfil topográfico. El valor de la altura de despeje, se muestra en la tabla 4.38:

Tabla 4. 38. Valor de la altura de despeje

d1(m)	d2(m)	DTOTAL(m)	h1(m)	h2(m)	hC(m)	a(Km)	K	H Desp(m)
4300	1189	5489	2764,5	3939,2	3487,6	6370000	1,333	196,841244

Debido a que la h_{desp} es > 0 , no existe obstrucción por cumbre, por lo tanto, se puede calcular el margen de despeje de la zona de Fresnel, utilizando la ecuación 4.5.

El % del Margen de Despeje es:

Tabla 4. 39. Valor del margen de despeje

HDESP(M)	R1(M)	MD%
196,841	42,875	459,104373

El margen de despeje es superior al 60% que es lo mínimo requerido, por lo que la zona de Fresnel se considera despejada.

- **Potencia nominal de Recepción**

La potencia nominal de recepción se calcula mediante la ecuación 4.6:

En la sede de Idiomas, la P_{inRX} , se muestra en la tabla 4.40:

Tabla 4. 40. Valor de la P_{inRX} ESPE Héroes del Cenepa

PT_x (dBm)	PERD CAB Tx	G Tx (DBI)	FSL (dB)	GR_x (dBi)	PER CAB Rx	PER ADI (DB)	PInRx (dBm)
37	0,5	3	90,86	12	1,7		-41,06

- **Margen de Desvanecimiento**

Para el cálculo del margen de desvanecimiento, se utiliza la ecuación 4.7.

El valor del margen de desvanecimiento, se muestra en la tabla 4.41:

Tabla 4. 41. Valor del margen de desvanecimiento

P_{in} Rx (dBm)	U_{rx} (dBm)	MARD DESV(DB)
-41,06	-119,03	77,97

De acuerdo a la tabla 4.42:

Tabla 4. 42. Tabla de confiabilidad de un enlace

MD(dB)	Confiabilidad (%)	Tiempo de Indisponibilidad
10	90.0	36.5 días
20	99.0	3.65 días
30	99.90	8.75 horas
40	99.990	52.3 minutos
50	99.999	5.23 minutos

La confiabilidad del enlace es superior al 99.999%, que da un tiempo de indisponibilidad menor a 5,23 minutos al año.

4.3.4.4 Enlace IASA I (Prevención Central) - Cruz Loma

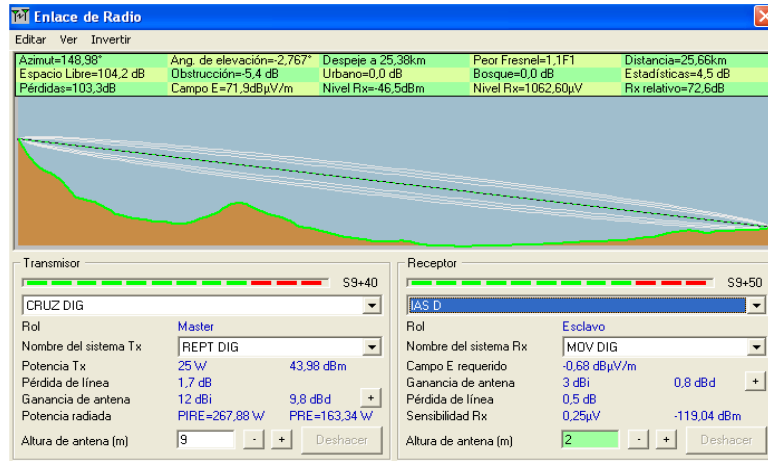


Figura 4. 13. Enlace IASA I - Cruz Loma

En el enlace IASA (Prevención Central) - Cruz Loma de la figura 4.13, se tiene despejada más del 60% de la Primera Zona de Fresnel. Además, se tiene línea de vista, con una altura de torre de 9m en Cruz Loma. En la ESPE matriz, se utiliza una radio portátil digital que como altura máxima puede estar en 2 m.

Para realizar los cálculos de los parámetros, se procede a obtener el perfil topográfico del enlace, el cual se muestra en la figura 4.14.

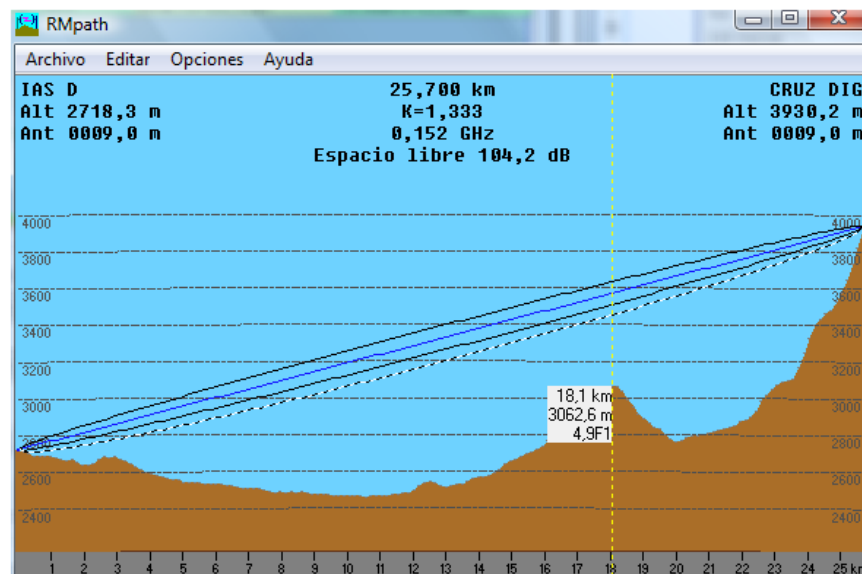


Figura 4. 14. Perfil topográfico enlace IASA I Cruz Loma

Con esta información, se procede a realizar los siguientes cálculos de:

- **Pérdida por propagación en espacio libre**

Para realizar el cálculo de la pérdida por propagación del espacio libre se utiliza la ecuación 4.1. Los datos de la distancia y frecuencia se obtienen del perfil topográfico del enlace.

La pérdida por espacio libre es:

Tabla 4. 43. Pérdida espacio libre enlace IASA I – Cruz Loma

Enlace	Distancia(m)	Frecuencia(Hz)	Pérdidas (dB)
IASA I - Cruz Loma	25650	152255000	104,2751787

- **Cálculo del PIRE**

Para el cálculo del PIRE, se utiliza la ecuación 4.2. La información sobre la potencia de transmisión se obtiene de las especificaciones técnicas de los equipos, la información de la ganancia de la antena se obtiene del Tipo y Ganancia de la Antena.

La información sobre las pérdidas, como se utiliza una radio portátil, no se tiene pérdidas por cable. Sin embargo, al utilizar este equipo se tiene un valor de pérdidas estándar de 0,5 dB.

El valor del PIRE, es el mostrado en la tabla 4.44.

Tabla 4. 44. Valor PIRE IASA I

LUGAR	PTX (dBm)	Pérdidas (dB)	G Antena (dBi)	PIRE(dBm)
IASA I	37	0,5	3	39,5

- **Zona de Fresnel**

Para la determinación del radio de la primera Zona de Fresnel, se tomará como referencia el punto donde está ubicada la obstrucción más alta a lo largo del perfil topográfico, y se utiliza ecuación 4.3.

El radio de la primera Zona de Fresnel es el mostrado en la tabla 4.45.

Tabla 4. 45. Valor de radio de la primera zona de Fresnel

D1(Km)	D2(Km)	DTOTAL(Km)	F(GHz)	KTE	RADIO(m)
18,1	7,6	25,7	0,152	17,32	102,77929

- **Margen de Despeje**

Para el cálculo del margen de despeje es necesario, primero determinar la altura de despeje en la elevación más alta, utilizando la ecuación 4.4:

Los valores utilizados para el cálculo de la altura de despeje se obtienen del perfil topográfico. El valor de la altura de despeje se puede ver en la tabla 4.46:

Tabla 4. 46. Valor de la altura de despeje

d1(m)	d2(m)	DTOTAL(m)	h1(m)	H2(m)	hC(m)	a(Km)	K	H Desp(m)
18100	7600	25700	2727	3939	3063	6370000	1,33	510,117

Debido a que la h_{desp} es > 0 , no existe obstrucción por cumbre, por lo tanto, se puede calcular el margen de despeje de la zona de Fresnel, utilizando la ecuación 4.5.

El % del Margen de Despeje es mostrado en la tabla 4.47:

Tabla 4. 47. Valor del margen de despeje

HDESP(M)	R1(M)	MD%
510,116	102,779	496,323

El margen de despeje es superior al 60% que es lo mínimo requerido, por lo que la zona de Fresnel se considera despejada.

- **Potencia nominal de Recepción**

La potencia nominal de recepción se calcula mediante la ecuación 4.6:

En la sede de IASA I, la P_{inRX} es el mostrado en la tabla 4.48.

Tabla 4. 48. Valor de la P_{inRX} ESPE IASA I

PTx (dBm)	PERD CAB Tx	G Tx (DBI)	FSL (dB)	GRx (dBi)	PER CAB Rx	PER ADI (DB)	PInRx (dBm)
37	0,5	3	104,27	12	1,7		-54,47

- **Margen de Desvanecimiento**

Para el cálculo del margen de desvanecimiento, se utiliza la ecuación 4.7.

El valor del margen de desvanecimiento es el mostrado en la tabla 4.49.

Tabla 4. 49. Valor del margen de desvanecimiento

Pin Rx(dBm)	URx(dBm)	MARD DESV(DB)
-54,47	-119,03	64,56

De acuerdo a la tabla 4.50:

Tabla 4. 50. Tabla de confiabilidad de un enlace

MD(dB)	Confiabilidad (%)	Tiempo de Indisponibilidad
10	90.0	36.5 días
20	99.0	3.65 días
30	99.90	8.75 horas
40	99.990	52.3 minutos
50	99.999	5.23 minutos

La confiabilidad del enlace es superior al 99.999%, que da un tiempo de indisponibilidad menor a 5,23 minutos al año.

4.3.4.5 Enlace IASA Santo Domingo - Chiguilpe Alto

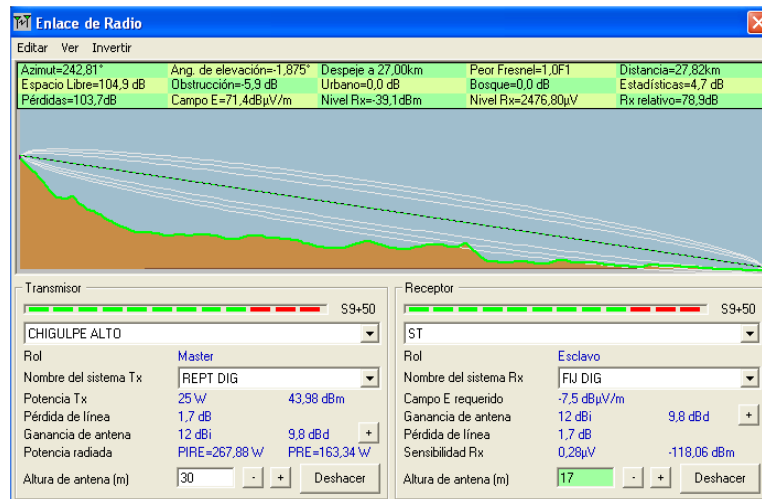


Figura 4. 15. Enlace IASA II – Chiguilpe Alto

En el enlace Chiguilpe Alto – IASA II de la figura 4.15, se tiene despejada más del 60% de la Primera Zona de Fresnel. Además, se tiene línea de vista, con una altura de torre de 30m en Chiguilpe Alto. En la IASA II (Santo Domingo), se utiliza una radio base digital en la cual la altura de la antena debe estar ubicada a 15m.

Para realizar los cálculos de los parámetros, se procede a obtener el perfil topográfico del enlace, el cual se muestra en la figura 4.16.

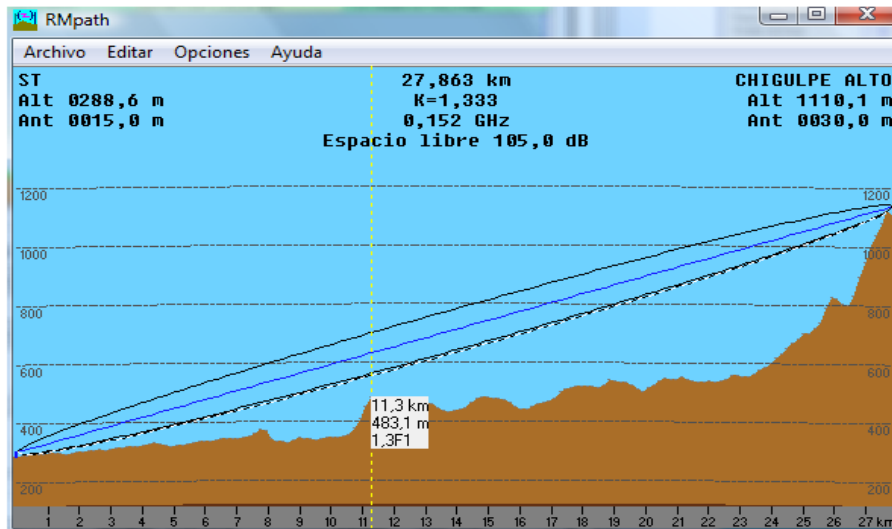


Figura 4. 16. Perfil topográfico enlace IASA II – Chiguilpe Alto

Con esta información, se procede a realizar los siguientes cálculos de:

- **Pérdida por propagación en espacio libre**

Para realizar el cálculo de la pérdida por propagación del espacio libre se utiliza la ecuación 4.1. Los datos de la distancia y frecuencia se obtienen del perfil topográfico del enlace.

La pérdida por espacio libre es el mostrado en la tabla 4.51.

Tabla 4. 51. Pérdida espacio libre enlace IASA II – Chiguilpe Alto

Enlace	Distancia(m)	Frecuencia(Hz)	Pérdidas (dB)
IASA II - Chiguilpe Alto	27863	152255000	104,9939888

- **Cálculo del PIRE**

Para el cálculo del PIRE, se utiliza la ecuación 4.2. La información sobre la potencia de transmisión se obtiene de las especificaciones técnicas de los equipos, la información de la ganancia de la antena se obtiene del Tipo y Ganancia de la Antena.

La información sobre las pérdidas, como se utiliza una radio portátil, no se tiene pérdidas por cable. Sin embargo, al utilizar este equipo se tiene un valor de pérdidas estándar de 0,5 dB.

El valor del PIRE, es el mostrado en la tabla 4.52.

Tabla 4. 52. Valor PIRE ESPE IASA II

LUGAR	PTX (dBm)	Pérdidas (dB)	G Antena (dBi)	PIRE(dBm)
IASA II	44,77	0,98	12	55,79

- **Zona de Fresnel**

Para la determinación del radio de la primera Zona de Fresnel, se tomará como referencia el punto donde está ubicada la obstrucción más alta a lo largo del perfil topográfico, y se utiliza ecuación 4.3.

El radio de la primera Zona de Fresnel el mostrado en la tabla 4.53.

Tabla 4. 53. Valor de radio de la primera zona de Fresnel

D1(Km)	D2(Km)	DTOTAL(Km)	F(GHz)	KTE	RADIO(m)
11,3	16,563	27,863	0,152	17,32	115,13858

- **Margen de Despeje**

Para el cálculo del margen de despeje es necesario, primero determinar la altura de despeje en la elevación más alta, utilizando la ecuación 4.4:

Los valores utilizados para el cálculo de la altura de despeje se obtienen del perfil topográfico. El valor de la altura de despeje es el mostrado en la tabla 4.54.

Tabla 4. 54. Valor de la altura de despeje

d1(m)	d2(m)	DTOTAL (m)	h1(m)	h2(m)	hC(m)	a(Km)	K	H Desp(m)
11300	16560	27863	303,6	1140,1	483,1	6370000	1,33	148,72847

Debido a que la h_{desp} es > 0 , no existe obstrucción por cumbre, por lo tanto, se puede calcular el margen de despeje de la zona de Fresnel, utilizando la ecuación 4.5.

El % del Margen de Despeje es el mostrado en la tabla 4.55.

Tabla 4. 55. Valor del margen de despeje

HDESP(M)	R1(M)	MD%
148,728	115,138	129,17369

El margen de despeje es superior al 60% que es lo mínimo requerido, por lo que la zona de Fresnel se considera despejada.

- **Potencia nominal de Recepción**

La potencia nominal de recepción se calcula mediante la ecuación 4.6:

En la sede IASA II, la P_{inRx} es el mostrado en la tabla 4.56.

Tabla 4. 56. Valor de la P_{inRx} IASA II

PTx (dBm)	PERD CAB Tx	G Tx(DBI)	FSL (dB)	GRx (dBi)	PER CAB Rx	PInRx (dBm)
44,77	1,7	12	112,94	12	1,7	-47,57

- **Margen de Desvanecimiento**

Para el cálculo del margen de desvanecimiento, se utiliza la ecuación 4.7.

El valor del margen de desvanecimiento es el mostrado en la tabla 4.57.

Tabla 4. 57. Valor del margen de desvanecimiento

Pin Rx(dBm)	URx(dBm)	MARD DESV(DB)
-47,57	-118,1	70,53

De acuerdo a la tabla 4.58:

Tabla 4. 58. Tabla de confiabilidad de un enlace

MD(dB)	Confiabilidad (%)	Tiempo de Indisponibilidad
10	90.0	36.5 días
20	99.0	3.65 días
30	99.90	8.75 horas
40	99.990	52.3 minutos
50	99.999	5.23 minutos

La confiabilidad del enlace es superior al 99.999%, que da un tiempo de indisponibilidad menor a 5,23 minutos al año.

4.3.4.6 Enlace IASA Santo Domingo - Bombolí

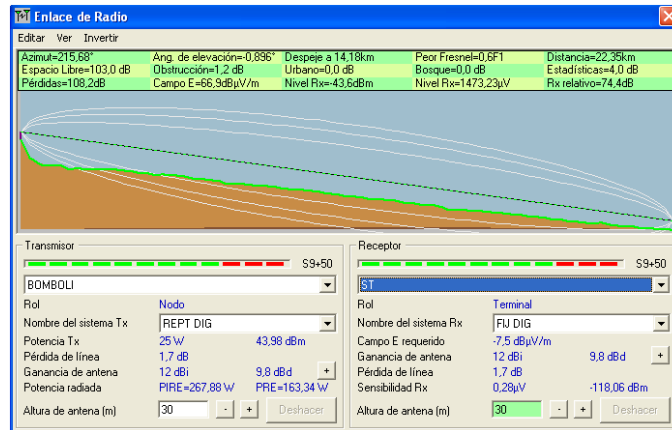


Figura 4. 17. Enlace IASA II – Bombolí

En el enlace Bombolí – IASA II de la figura 4.17, se tiene despejada más del 60% de la Primera Zona de Fresnel. Además, se tiene línea de vista, con una altura de torre de 30m en Bombolí. En la IASA II (Santo Domingo), se utiliza una radio base digital en la cual la altura de la antena debe estar ubicada a 15m.

Para realizar los cálculos de los parámetros, se procede a obtener el perfil topográfico del enlace, el cual se muestra en la siguiente figura:

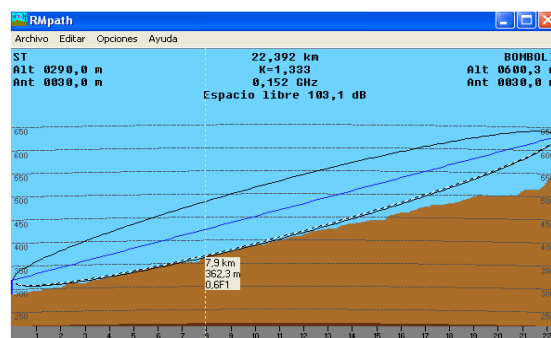


Figura 4. 18. Perfil topográfico enlace IASA II - Bombolí

Con esta información, se procede a realizar los siguientes cálculos de:

- **Pérdida por propagación en espacio libre**

Para realizar el cálculo de la pérdida por propagación del espacio libre se utiliza la ecuación 4.1. Los datos de la distancia y frecuencia se obtienen del perfil topográfico del enlace.

La pérdida por espacio libre es el mostrado en la tabla 4.59.

Tabla 4. 59. Pérdida espacio libre enlace IASA II - Bombolí

Enlace	Distancia(m)	Frecuencia(Hz)	Pérdidas (dB)
IASA II - Bombolí	22392	152255000	103,095289

- **Cálculo del PIRE**

Para el cálculo del PIRE, se utiliza la ecuación 4.2. La información sobre la potencia de transmisión se obtiene de las especificaciones técnicas de los equipos, la información de la ganancia de la antena se obtiene del Tipo y Ganancia de la Antena.

La información sobre las pérdidas, como se utiliza una radio portátil, no se tiene pérdidas por cable. Sin embargo, al utilizar este equipo se tiene un valor de pérdidas estándar de 0,5 dB.

El valor del PIRE, es el mostrado en la tabla 4.60.

Tabla 4. 60. Valor PIRE ESPE IASA II

LUGAR	PTX (dBm)	Pérdidas (dB)	G Antena (dBi)	PIRE(dBm)
IASA II	44,77	0,98	12	55,79

- **Zona de Fresnel**

Para la determinación del radio de la primera Zona de Fresnel, se tomará como referencia el punto donde está ubicada la obstrucción más alta a lo largo del perfil topográfico, y se utiliza ecuación 4.3.

El radio de la primera Zona de Fresnel es el mostrado en la tabla 4.61.

Tabla 4. 61. Valor de radio de la primera zona de Fresnel

D1(Km)	D2(Km)	DTOTAL(Km)	F(GHz)	KTE	RADIO(m)
7,9	14,492	22,392	0,152	17,32	100,45172

- **Margen de Despeje**

Para el cálculo del margen de despeje es necesario, primero determinar la altura de despeje en la elevación más alta, utilizando la ecuación 4.4:

Los valores utilizados para el cálculo de la altura de despeje se obtienen del perfil topográfico. El valor de la altura de despeje es el el mostrado en la tabla 4.62.

Tabla 4. 62. Valor de la altura de despeje

d1(m)	d2(m)	DTOTAL(m)	h1(m)	h2(m)	hC(m)	a(Km)	K	H Desp(m)
7900	14492	22392	320	690,3	362,3	6370000	1,33	81,602044

Debido a que la h_{desp} es > 0 , no existe obstrucción por cumbre, por lo tanto, se puede calcular el margen de despeje de la zona de Fresnel, utilizando la ecuación 4.5.

El % del Margen de Despeje es el mostrado en la tabla 4.63.

Tabla 4. 63. Valor del margen de despeje

HDESP(M)	R1(M)	MD%
81,602044	100,45172	81,235092

El margen de despeje es superior al 60% que es lo mínimo requerido, por lo que la zona de Fresnel se considera despejada.

- **Potencia nominal de Recepción**

La potencia nominal de recepción se calcula mediante la ecuación 4.6:

En la sede de Idiomas, la P_{inRX} el mostrado en la tabla 4.64.

Tabla 4. 64. Valor de la P_{inRX} IASA II

PTx(dBm)	PERD CAB Tx	G Tx(DBI)	FSL (dB)	GRx(dBi)	PER CAB Rx	PInRx (dBm)
44,77	1,7	12	103,09529	12	1,7	-37,72529

- **Margen de Desvanecimiento**

Para el cálculo del margen de desvanecimiento, se utiliza la ecuación 4.7.

El valor del margen de desvanecimiento es:

Tabla 4. 65. Valor del margen de desvanecimiento

Pin Rx(dBm)	URx(dBm)	MARD DESV(DB)
-37,72529	-118,1	80,374711

De acuerdo a la tabla 4.6.

Tabla 4. 66. Tabla de confiabilidad de un enlace

MD(dB)	Confiabilidad (%)	Tiempo de Indisponibilidad
10	90.0	36.5 días
20	99.0	3.65 días
30	99.90	8.75 horas
40	99.990	52.3 minutos
50	99.999	5.23 minutos

La confiabilidad del enlace es superior al 99.999%, que da un tiempo de indisponibilidad menor a 5,23 minutos al año.

4.3.4.7 Enlace ESPE Latacunga – Putzalagua

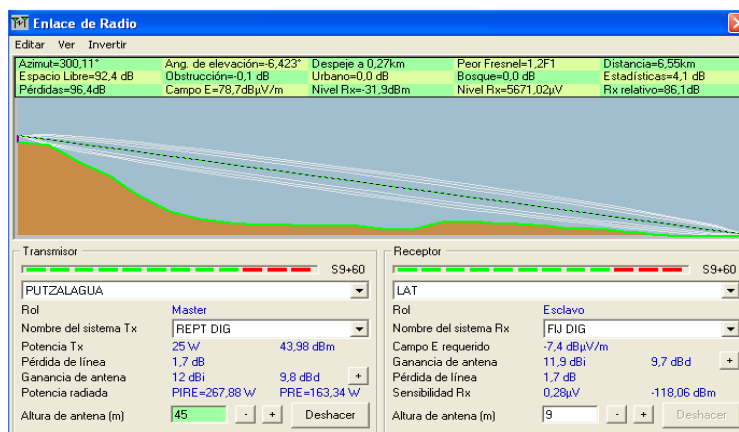


Figura 4. 19. Enlace ESPE Latacunga – Putzalagua

En el enlace Putzalagua– ESPE Latacunga que se muestra en la figura 4.19, se tiene despejada más del 60% de la Primera Zona de Fresnel. Además, se tiene línea de vista, con una altura de torre de 45m en Putzalagua. En la ESPE Latacunga, se utiliza una radio base digital en la cual la altura de la antena debe estar ubicada a 9m.

Para realizar los cálculos de los parámetros, se procede a obtener el perfil topográfico del enlace, el cual se muestra en la figura 4.20.

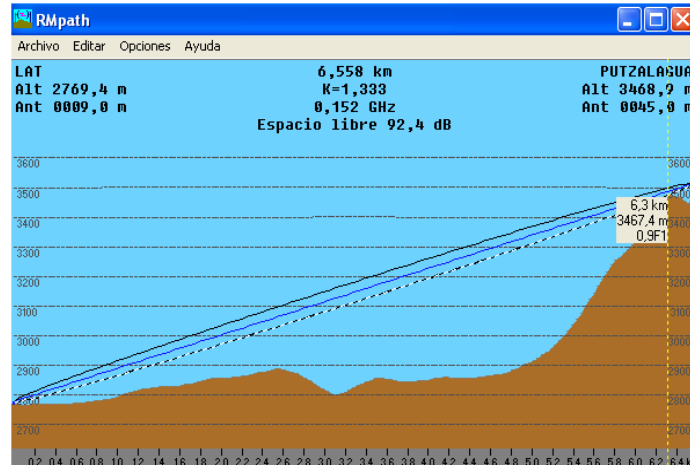


Figura 4. 20. Perfil topográfico enlace ESPE Latacunga – Putzalagua

Con esta información, se procede a realizar los siguientes cálculos de:

- **Pérdida por propagación en espacio libre**

Para realizar el cálculo de la pérdida por propagación del espacio libre se utiliza la ecuación 4.1. Los datos de la distancia y frecuencia se obtienen del perfil topográfico del enlace.

La pérdida por espacio libre es la mostrado en la tabla 4.67.

Tabla 4. 67. Pérdida espacio libre enlace ESPE Latacunga – Putzalagua

Enlace	Distancia(m)	Frecuencia(Hz)	Pérdidas (dB)
ESPE Latacunga – Putzulagua	6550	152255000	92,41825727

- **Cálculo del PIRE**

Para el cálculo del PIRE, se utiliza la ecuación 4.2. La información sobre la potencia de transmisión se obtiene de las especificaciones técnicas de los equipos, la información de la ganancia de la antena se obtiene del Tipo y Ganancia de la Antena.

La información sobre las pérdidas, como se utiliza una radio portátil, no se tiene pérdidas por cable. Sin embargo, al utilizar este equipo se tiene un valor de pérdidas estándar de 0,5 dB.

El valor del PIRE, es el mostrado en la tabla 4.68.

Tabla 4. 68. Valor PIRE ESPE Latacunga

LUGAR	PTX (dBm)	Pérdidas (dB)	G Antena (dBi)	PIRE(dBm)
ESPE Latacunga	44,77	0,98	12	55,79

- **Zona de Fresnel**

Para la determinación del radio de la primera Zona de Fresnel, se tomará como referencia el punto donde está ubicada la obstrucción más alta a lo largo del perfil topográfico, y se utiliza ecuación 4.3.

El radio de la primera Zona de Fresnel es el mostrado en la tabla 4.69.

Tabla 4. 69. Valor de radio de la primera zona de Fresnel

D1(Km)	D2(Km)	DTOTAL(Km)	F(GHz)	KTE	RADIO(m)
6,4	0,158	6,558	0,152	17,32	17,444516

- **Margen de Despeje**

Para el cálculo del margen de despeje es necesario, primero determinar la altura de despeje en la elevación más alta, utilizando la ecuación 4.4:

Los valores utilizados para el cálculo de la altura de despeje se obtienen del perfil topográfico. El valor de la altura de despeje es el mostrado en la tabla 4.70.

Tabla 4. 70. Valor de la altura de despeje

d1(m)	d2(m)	DTOTAL (m)	h1(m)	h2(m)	hC(m)	a(Km)	K	H Desp(m)
6400	158	6558	2776	3506,8	3463,6	6370000	1,333	25,533503

Debido a que la h_{desp} es > 0 , no existe obstrucción por cumbre, por lo tanto, se puede calcular el margen de despeje de la zona de Fresnel, utilizando la ecuación 4.5.

El % del Margen de Despeje es el mostrado en la tabla 4.71.

Tabla 4. 71. Valor del margen de despeje

HDESP(M)	R1(M)	MD%
25,533503	17,444	146,37125

El margen de despeje es superior al 60% que es lo mínimo requerido, por lo que la zona de Fresnel se considera despejada.

- **Potencia nominal de Recepción**

La potencia nominal de recepción se calcula mediante la ecuación 4.6:

En la sede de ESPE Latacunga, la P_{inRX} es la mostrada en la tabla 4.72.

Tabla 4. 72. Valor de la P_{inRx} ESPE Latacunga

PTx (dBm)	PERD CAB Tx	G Tx (DBI)	FSL (dB)	GRx (dBi)	PER CAB Rx	PInRx (dBm)
44,77	1,7	12	105,22	12	1,7	-39,85

- **Margen de Desvanecimiento**

Para el cálculo del margen de desvanecimiento, se utiliza la ecuación 4.7.

El valor del margen de desvanecimiento es el mostrado en la tabla 4.73.

Tabla 4. 73. Valor del margen de desvanecimiento

P_{in Rx}(dBm)	URx(dBm)	MARD DESV(DB)
-39,85	-118,1	78,25

De acuerdo a la tabla 4.74.

Tabla 4. 74. Tabla de confiabilidad de un enlace

MD(dB)	Confiabilidad (%)	Tiempo de Indisponibilidad
10	90.0	36.5 días
20	99.0	3.65 días
30	99.90	8.75 horas
40	99.990	52.3 minutos
50	99.999	5.23 minutos

La confiabilidad del enlace es superior al 99.999%, que da un tiempo de indisponibilidad menor a 5,23 minutos al año.

4.3.4.8 Enlace ESPE Latacunga – Sumi Loma

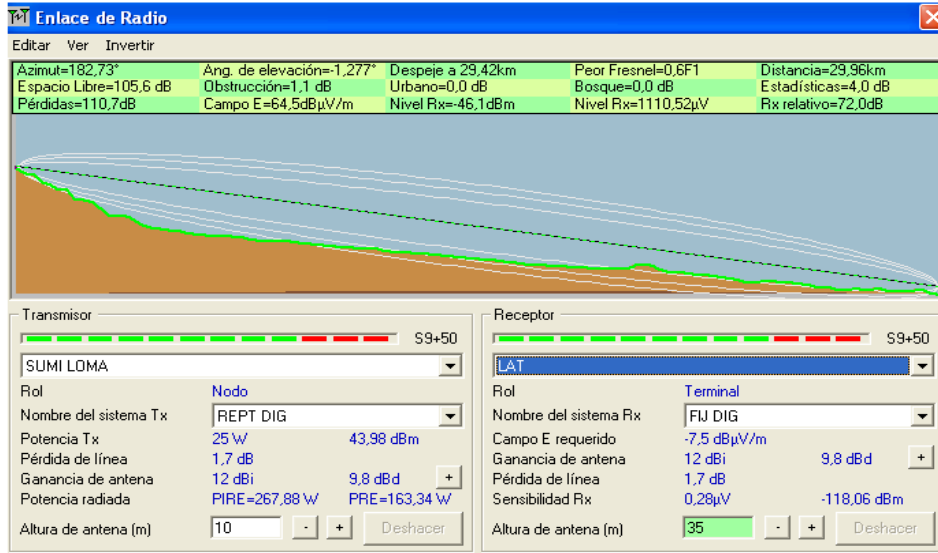


Figura 4. 21. Enlace ESPE Latacunga – Sumi Loma

En el enlace Sumi Loma – ESPE Latacunga de la figura 4.21, se tiene despejada más del 60% de la Primera Zona de Fresnel. Además, se tiene línea de vista, con una altura de torre de 45m en Putzalagua. En la ESPE Latacunga, se utiliza una radio base digital en la cual la altura de la antena debe estar ubicada a 9m. Para realizar los cálculos de los parámetros, se procede a obtener el perfil topográfico del enlace, el cual se muestra en la figura 4.22.

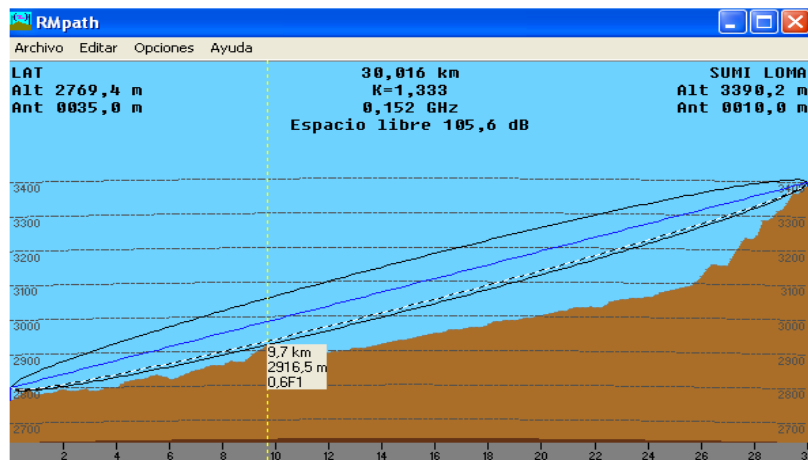


Figura 4. 22. Perfil topográfico enlace Latacunga-Sumi Loma

Con esta información, se procede a realizar los siguientes cálculos de:

- **Pérdida por propagación en espacio libre**

Para realizar el cálculo de la pérdida por propagación del espacio libre se utiliza la ecuación 4.1. y de la distancia y frecuencia se obtienen del perfil topográfico.

La pérdida por espacio libre es la mostrada en la tabla 4.75.

Tabla 4. 75. Pérdida espacio libre enlace ESPE Latacunga – Sumi Loma

Enlace	Distancia(m)	Frecuencia(Hz)	Pérdidas (dB)
ESPE Lat. – Sumi Loma	30016	152255000	105,6404876

- **Cálculo del PIRE**

Para el cálculo del PIRE, se utiliza la ecuación 4.2. La información sobre la potencia de transmisión se obtiene de las especificaciones técnicas de los equipos, la información de la ganancia de la antena se obtiene del Tipo y Ganancia de la Antena.

La información sobre las pérdidas, como se utiliza una radio portátil, no se tiene pérdidas por cable. Sin embargo, al utilizar este equipo se tiene un valor de pérdidas estándar de 0,5 dB.

El valor del PIRE, es el mostrado en la tabla 4.76.

Tabla 4. 76. Valor PIRE ESPE Latacunga

LUGAR	PTX (dBm)	Pérdidas (dB)	G Antena (dBi)	PIRE(dBm)
ESPE Latacunga	44,77	0,98	12	55,79

- **Zona de Fresnel**

Para la determinación del radio de la primera Zona de Fresnel, se tomará como referencia el punto donde está ubicada la obstrucción más alta a lo largo del perfil topográfico, y se utiliza ecuación 4.3.

El radio de la primera Zona de Fresnel es el mostrado en la tabla 4.77.

Tabla 4. 77. Valor de radio de la primera zona de Fresnel

D1(Km)	D2(Km)	DTOTAL(Km)	F(GHz)	KTE	RADIO(m)
9,7	20,316	30,0166,558	0,152	17,32	113,82945

- **Margen de Despeje**

Para el cálculo del margen de despeje es necesario, primero determinar la altura de despeje en la elevación más alta, utilizando la ecuación 4.4:

Los valores utilizados para el cálculo de la altura de despeje se obtienen del perfil topográfico. El valor de la altura de despeje es el s el mostrado en la tabla 4.78.

Tabla 4. 78. Valor de la altura de despeje

d1(m)	d2(m)	DTOTAL (m)	h1(m)	h2(m)	hC(m)	a(Km)	K	H Desp(m)
9700	20316	30016	2804,4	3400,2	2916,5	6370000	1,333	68,835242

Debido a que la h_{desp} es > 0 , no existe obstrucción por cumbre, por lo tanto, se puede calcular el margen de despeje de la zona de Fresnel, utilizando la ecuación 4.5.

El % del Margen de Despeje es el mostrado en la tabla 4.79.

Tabla 4. 79. Valor del margen de despeje

HDESP(M)	R1(M)	MD%
68,835242	113,82945	60,472259

El margen de despeje es superior al 60% que es lo mínimo requerido, por lo que la zona de Fresnel se considera despejada.

- **Potencia nominal de Recepción**

La potencia nominal de recepción se calcula mediante la ecuación 4.6:

En la sede de ESPE Latacunga, la P_{inRX} es la mostrada en la tabla 4.80.

Tabla 4. 80. Valor de la P_{inRX} ESPE Latacunga

PTx (dBm)	PERD CAB Tx	G Tx (DBI)	FSL (dB)	GRx (dBi)	PER CAB Rx	PInRx (dBm)
44,77	1,7	12	105,64049	12	1,7	-40,27049

- **Margen de Desvanecimiento**

Para el cálculo del margen de desvanecimiento, se utiliza la ecuación 4.7.

El valor del margen de desvanecimiento es el mostrado en la tabla 4.81.

Tabla 4. 81. Valor del margen de desvanecimiento

Pin Rx(dBm)	URx(dBm)	MARD DESV(DB)
40,270488	-118,1	77,8295

De acuerdo a la tabla 4.82.:

Tabla 4. 82. Tabla de confiabilidad de un enlace

MD(dB)	Confiabilidad (%)	Tiempo de Indisponibilidad
10	90.0	36.5 días
20	99.0	3.65 días
30	99.90	8.75 horas
40	99.990	52.3 minutos
50	99.999	5.23 minutos

La confiabilidad del enlace es superior al 99.999%, que da un tiempo de indisponibilidad menor a 5,23 minutos al año.

En base a los criterios de diseño se concluye las siguientes características mínimas con las que los equipos deben de contar para satisfacer el enlace diseñado; de esta forma se procede a detallar a continuación.

- **Determinación de la mejor ruta de enlace entre la repetidora y las sedes.**

Según lo analizado en el diseño se concluye que la ruta óptima para los enlaces es la siguiente mostrada en la tabla 4.83.

Tabla 4. 83. Ruta óptima para el enlace de la red digital

REPETIDORA	SEDE
Cruz Loma	ESPE matriz
Cruz Loma	Héroes del Cenepa
Cruz Loma	ESPE Idiomas
Cruz Loma	IASA I
Chiguilpe Alto	IASA II Sto. Domingo
Putzalagua	ESPE Latacunga

- Para los casos de los enlaces entre Cruz Loma y las sedes de Pichincha el equipo necesario es el mostrado en la tabla 4.84.

Tabla 4. 84. Equipo principal para enlaces entre Cruz Loma y sedes de Pichincha

EQUIPO	CARACTERÍSTICA NECESARIA
REPETIDORA	Potencia de Tx mayor o igual a 25 W
Radio portátil	Potencia de Tx requerida de 5 W
Radio móvil	Potencia de Tx requerida de 30 W
DUPLEXOR	Para dos frecuencias
ANTENA de 4 Dipolos	Ganancia necesaria 12 dBi ubicada a 9 m
TORRE	Altura 15 m

- Para el caso del enlace entre Chiguilpe Alto y la sede de IASA II Sto. Domingo el equipo necesario es el mostrado en la tabla 4.85.

Tabla 4. 85. Equipo principal para enlaces entre Chiguilpe Alto – IASA II

EQUIPO	CARACTERÍSTICA NECESARIA
REPETIDORA	Potencia de Tx mayor o igual a 25 W
Radio portátil	Potencia de Tx requerida de 5 W
Radio móvil	Potencia de Tx requerida de 30 W
DUPLEXOR	Para dos frecuencias
ANTENA de 4 Dipolos de la Repetidora	Ganancia necesaria 12 dBi ubicada a 45 m
ANTENA de 4 Dipolos de la sede	Ganancia necesaria 9 dBi ubicada a 9 m
TORRE	Altura 60 m

- Para el caso del enlace entre Putzalagua y la sede ESPE Latacunga el equipo necesario es el mostrado en la tabla 4.86.

Tabla 4. 86. Equipo principal para enlaces entre Putzalagua – ESPE Latacunga.

EQUIPO	CARACTERÍSTICA NECESARIA
REPETIDORA	Potencia de Tx mayor o igual a 25 W

Radio portátil	Potencia de Tx requerida de 5 W
Radio móvil	Potencia de Tx requerida de 30 W
DUPLEXOR	Para dos frecuencias
ANTENA de 4 Dipolos de la Repetidora	Ganancia necesaria 12 dBi ubicada a 45 m
ANTENA de 4 Dipolos de la sede	Ganancia necesaria 9 dBi ubicada a 9 m
TORRE	Altura 60 m

4.3.5 Validación de los resultados de los Enlaces Sede Repetidora

Se validará la información proporcionada de cada enlace por Radio Mobile, mediante una comparación con los resultados obtenidos en el diseño teórico, con el fin de obtener el error que no supere el 10%, para considerar como válidos los mismos. A continuación, se muestra las tablas comparativas de cada enlace:

4.3.5.1 Enlace ESPE Matriz – Cruz Loma

Tabla 4. 87. Porcentaje de error entre el valor de la simulación y el valor teórico

Parámetro	Valor Teórico	Valor Radiomobile	% Error
Pérdida por espacio libre(dB)	100,744741	101,2	0,45189356
Margen de despeje(%)	379,805848	380	0,05111875
PIRE(dBm)	39,5	39	1,26582278
Potencia nominal de recepción(dBm)	-50,92	-51,4	0,94265515

Por lo tanto, el enlace es factible de realizar ya que se tiene una alta intensidad en la señal de receptor, buena confiabilidad que significa bajos tiempos de indisponibilidad. Además, se puede implementar ya que la ESPE dispone de infraestructura de telecomunicaciones en la sede y en el cerro de Cruz Loma.

4.3.5.2 Enlace ESPE Idiomas – Cruz Loma

Tabla 4. 88. Porcentaje de error entre el valor de la simulación y el valor teórico

Parámetro	Valor Teórico	Valor Radiomobile	% Error
Pérdida por espacio libre(dB)	93,13082329	93,2	0,07427907
Margen de despeje (%)	637,341153	600	-5,85889564
PIRE(dBm)	39,5	39	-1,26582278
Potencia nominal de recepción(dBm)	-43,33	-46	6,16201246

Por lo tanto, el enlace es factible de realizar ya que se tiene una alta intensidad en la señal de receptor, buena confiabilidad que significa bajos tiempos de indisponibilidad. Además, se puede implementar ya que la ESPE dispone de infraestructura de telecomunicaciones en la sede y en el cerro de Cruz Loma.

4.3.5.3 Enlace ESPE Héroes del Cenepa – Cruz Loma

Tabla 4. 89. Porcentaje de error entre el valor de la simulación y el valor teórico

Parámetro	Valor Teórico	Valor Radiomobile	% Error
Pérdida por espacio libre(dB)	90,86904244	91	0,1441168
Margen de despeje (%)	459,104373	440	-4,16122654
PIRE(dBm)	39,5	39	-1,26582278
Potencia nominal de recepción(dBm)	-41,06	-45,1	9,83925962

Por lo tanto, el enlace es factible de realizar ya que se tiene una alta intensidad en la señal de receptor, buena confiabilidad que significa bajos tiempos de indisponibilidad. Además, se puede implementar ya que la ESPE dispone de infraestructura de telecomunicaciones en la sede y en el cerro de Cruz Loma.

4.3.5.4 Enlace IASA I – Cruz Loma

Tabla 4. 90. Porcentaje de error entre el valor de la simulación y el valor teórico

Parámetro	Valor Teórico	Valor Radiomobile	% Error
Pérdida por espacio libre(dB)	104,2751787	104,3	0,02380365
Margen de despeje (%)	496,323179	490	-1,27400437
PIRE(dBm)	39,5	39	-1,26582278
Potencia nominal de recepción(dBm)	-54,47	-53,5	-1,78079677

Por lo tanto, el enlace es factible de realizar ya que se tiene una alta intensidad en la señal de receptor, buena confiabilidad que significa bajos tiempos de indisponibilidad. Además, se puede implementar ya que la ESPE dispone de infraestructura de telecomunicaciones en la sede y en el cerro de Cruz Loma

4.3.6 Enlaces Repetidora- Repetidora

Para realizar los enlaces digitales de microondas entre repetidoras, primero se debe especificar los mismos de acuerdo a las ubicaciones que planteó el Departamento de Seguridad de la ESPE, tal y como se muestra en la tabla 4.91.

Tabla 4. 91. Tabla de posición de repetidoras.

Repetidora	Repetidora
Cruz Loma	Atacazo
Atacazo	Chiguilpe Alto
Atacazo	Bombolí
Atacazo	Putzalagua
Atacazo	Sumi Loma

4.3.6 Especificaciones técnicas de los Equipos

La tabla 4.91 muestra las especificaciones técnicas del puente inalámbrico Punto a Punto Ethernet.

Tabla 4. 92. Tabla de posición de repetidoras.

Especificaciones del puente inalámbrico Punto a Punto Ethernet	
Frecuencias de Operación	5.8 GHz
Throughput	7 Mbps
Canal de Recepción	≥ 15 MHz
Sensibilidad	-90 dBm
Potencia de Transmisión	23 dBm
Ganancia de la Antena	20 dBi

4.3.7.1 Tipo y Ganancias de la Antena

El tipo de antena a utilizarse es un flat plate integrado que se muestra en la tabla 4.93:

Tabla 4. 93. Tipo de antena para enlace digital

Tipo	Vista Lateral	Ganancia	Orientación
Flat Plate Integrado		23 dBi	8°

4.3.7.2 Pérdidas en el Cable

El enlace utiliza cable Ethernet FTP para exteriores para la conexión desde la antena a los equipos; el transceiver se encuentra incorporado a la antena, por lo que la atenuación en el cable es despreciable.

4.3.7.3 Pérdidas en los conectores

Se estima 0,2 dB de pérdida para cada conector RJ45 en el cableado. Se utilizará dos conectores por sitio, es decir cuatro conectores por enlace.

4.3.7.4 Pérdidas por vegetación y obstáculos y Pérdidas por gases, vapores atmosféricos y lluvia

Las pérdidas por vegetación y obstáculos no afectan a los enlaces debido a que no existen obstáculos en el trayecto; y las pérdidas por lluvia no afectan a frecuencias bajo los 6 GHz, por ello las únicas pérdidas que se considerarán son las causadas por gases atmosféricos.

4.3.8 Cálculos del Radio Enlace

El diseño se lo realizará con los valores críticos de los diferentes parámetros, para simular el peor escenario[12]. Toda la información técnica que se requiera de los equipos, se tomará de la tabla anterior y de los anexos. Los parámetros del enlace a calcular son los siguientes:

- Pérdida por propagación en espacio libre
- PIRE
- Radio de la Primera Zona de Fresnel
- Margen de Despeje
- Potencia Nominal de Recepción
- Margen de Desvanecimiento
- Confiabilidad del Enlace

Primero, se procede a simular en el software PTP LINK Planner, ya que este permite simular los enlaces digitales de microondas entre repetidoras. Se debe asegurar que como mínimo esté despejada el 60% de la Primera Zona de Fresnel [10].

Además debe existir línea de vista entre la repetidora y las sedes de la ESPE, para ello se puede modificar la altura de las torres, teniendo muy en cuenta que deben ser valores a los cuales se pueda realizar la futura implementación del sistema a diseñar.

Como segundo paso, se obtiene el perfil topográfico y se realiza los cálculos de los parámetros mencionados anteriormente, estos se comparan con los obtenidos en la simulación. Si existe un margen de error entre los mismos, se consideran como aceptables hasta con un margen del 10% de error.

4.3.8.1 Cruz Loma – Atacazo

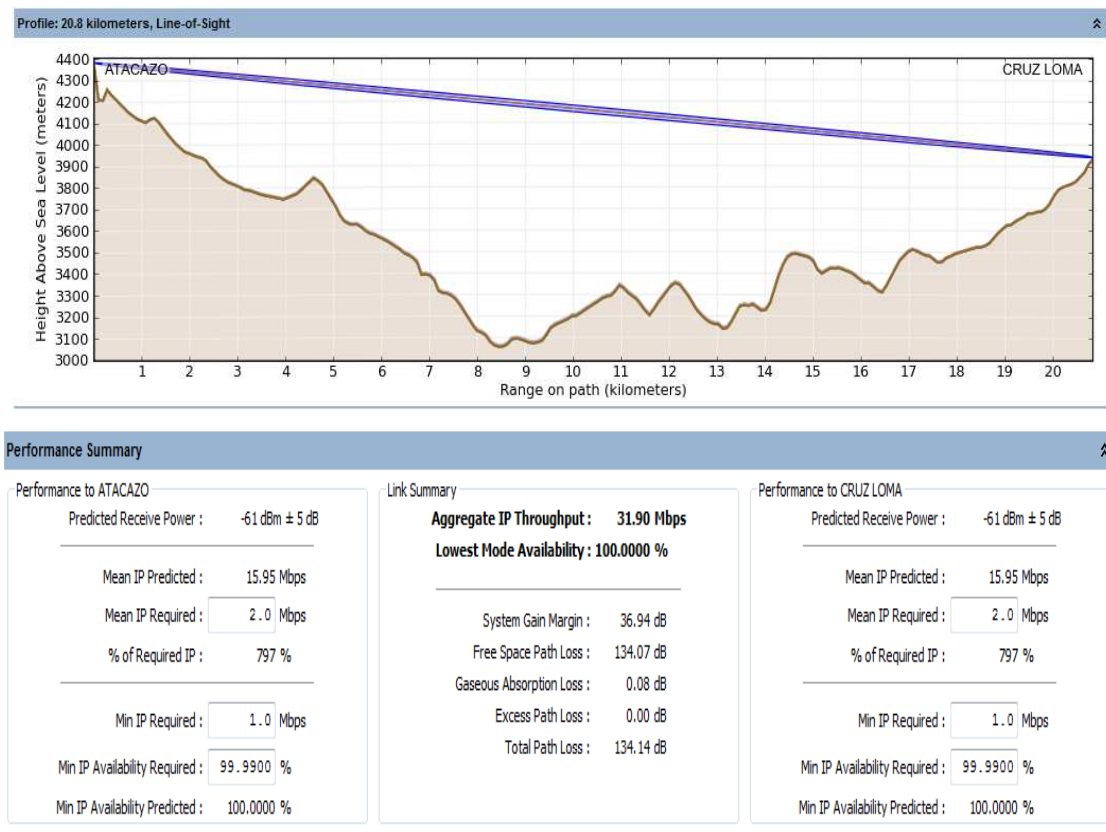


Figura 4. 23. Perfil topográfico y cálculo de parámetros enlace Cruz Loma - Atacazo

En el enlace Atacazo -Cruz Loma, se tiene despejada más del 60% de la Primera Zona de Fresnel. Además, se tiene línea de vista, con una altura de torre de 10m en Cruz Loma y 20m en el Atacazo.

Para realizar los cálculos de los parámetros, se procede a obtener el perfil topográfico del enlace, el cual se muestra en la figura 4.24.



Figura 4.24. Perfil topográfico enlace Cruz Loma - Atacazo

Con esta información, se procede a realizar los siguientes cálculos de:

- **Pérdida por propagación en espacio libre**

Para realizar el cálculo de la pérdida por propagación del espacio libre se utiliza la ecuación 4.1. La frecuencia que se utilizará para determinar las pérdidas, es un valor promedio entre las frecuencias mínima y máxima, las cuales son 5,725 GHz y 5,850 GHz respectivamente. El valor promedio es de 5,8 GHz. El dato de la distancia frecuencia se obtiene del perfil topográfico del enlace.

La pérdida por espacio libre es el mostrado en la tabla 4.94.

Tabla 4. 94. Pérdida por espacio libre Cruz Loma - Atacazo

Enlace	Distancia(m)	Frecuencia(Hz)	Pérdidas (dB)
Cruz Loma – Atacazo	20800	5787000000	134,0523363

- **Cálculo del PIRE**

Para el cálculo del PIRE, se utiliza la ecuación 4.2. La información sobre la potencia de transmisión se obtiene de las especificaciones técnicas de los equipos, la información de la ganancia de la antena se obtiene del Tipo y Ganancia de la Antena.

La información sobre las Pérdidas ya se menciona en los puntos anteriores.

El valor del PIRE, es el siguiente el mostrado en la tabla 4.95.

Tabla 4. 95. Valor PIRE Cruz Loma - Atacazo

LUGAR	PTX (dBm)	Pérdidas (dB)	G Antena (dBi)	PIRE(dBm)
Cruz Loma	27	0,4	23	49,6

- **Zona de Fresnel**

Para la determinación del radio de la primera Zona de Fresnel, se tomará como referencia el punto donde está ubicada la obstrucción más alta a lo largo del perfil topográfico, y se utiliza ecuación 4.3.

El radio de la primera Zona de Fresnel es el mostrado en la tabla 4.96.

Tabla 4. 96. Valor de radio de la primera zona de Fresnel

D1(Km)	D2(Km)	DTOTAL(Km)	F(GHz)	KTE	RADIO(m)
16,3	4,636	20,936	5,787	17,32	13,678542

- **Margen de Despeje**

Para el cálculo del margen de despeje es necesario, primero determinar la altura de despeje en la elevación más alta, utilizando la ecuación 4.4:

Los valores utilizados para el cálculo de la altura de despeje se obtienen del perfil topográfico. El valor de la altura de despeje es el mostrado en la tabla 4.97.

Tabla 4. 97. Valor de la altura de despeje

d1(m)	d2(m)	DTOTAL (m)	h1(m)	h2(m)	hC(m)	a(Km)	K	H Desp(m)
16300	4636	20936	3912,7	4360,4	3803,8	6370000	1,333	453,01306

Debido a que la $h_{\text{desp}} > 0$, no existe obstrucción por cumbre, por lo tanto, se puede calcular el margen de despeje de la zona de Fresnel, utilizando la ecuación 4.5.

El % del Margen de Despeje es el mostrado en la tabla 4.98.

Tabla 4. 98. Valor del margen de despeje

HDESP(M)	R1(M)	MD%
453,01306	13,678542	3311,8519

El margen de despeje es superior al 60% que es lo mínimo requerido, por lo que la zona de Fresnel se considera despejada.

- **Potencia nominal de Recepción**

La potencia nominal de recepción se calcula mediante la ecuación 4.6:

En el cerro Atacazo, la P_{inRX} es el mostrado en la tabla 4.99.

Tabla 4. 99. Valor de la P_{inRX} Cerro Atacazo.

PTx (dBm)	PERD CAB Tx	G Tx (DBI)	FSL (dB)	GRx (dBi)	PER CAB Rx	PER ADI(DB)	PInRx (dBm)
27	0,4	23	134,14	23	0,4	0,208	-62,148

- **Margen de Desvanecimiento**

Para el cálculo del margen de desvanecimiento, se utiliza la ecuación 4.7.

El valor del margen de desvanecimiento es el mostrado en la tabla 4.100.

Tabla 4. 100. Valor del margen de desvanecimiento

Pin Rx(dBm)	URx(dBm)	MARD DESV(DB)
-62,148	-94	31,852f

De acuerdo a la tabla 101:

Tabla 4. 101. Tabla de confiabilidad de un enlace

MD(dB)	Confiabilidad (%)	Tiempo de Indisponibilidad
10	90.0	36.5 días
20	99.0	3.65 días
30	99.90	8.75 horas
40	99.990	52.3 minutos
50	99.999	5.23 minutos

La confiabilidad del enlace es superior al 99.999%, que da un tiempo de indisponibilidad menor a 5,23 minutos al año.

4.3.8.2 Atacazo - Chiguilpe Alto

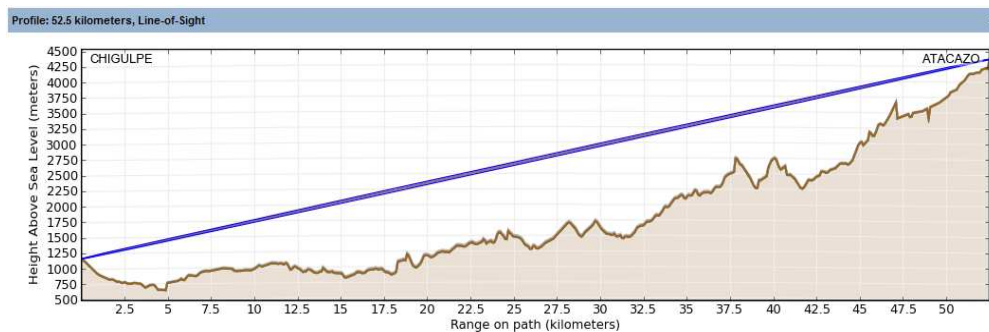


Figura 4. 25. Perfil topográfico y cálculo de parámetros enlace Atacazo – Chiguilpe Alto

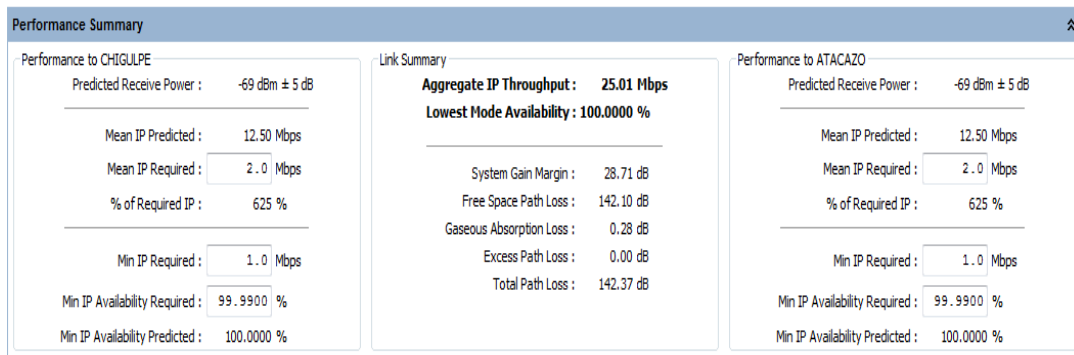


Figura 4. 25. Perfil topográfico y cálculo de parámetros enlace Atacazo – Chiguilpe Alto

En el enlace Atacazo – Chiguilpe Alto, se tiene despejada más del 60% de la Primera Zona de Fresnel. Además, se tiene línea de vista, con una altura de torre de 10m en Chiguilpe Alto y 20m en el Atacazo.

Para realizar los cálculos de los parámetros, se procede a obtener el perfil topográfico del enlace, el cual se muestra en la figura 4.26.

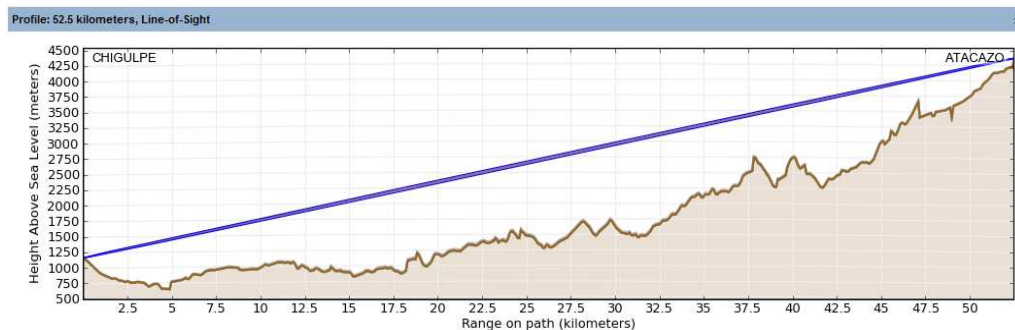


Figura 4. 26. Perfil topográfico enlace Atacazo - Chiguilpe Alto.

Con esta información, se procede a realizar los siguientes cálculos de:

- **Pérdida por propagación en espacio libre**

Para realizar el cálculo de la pérdida por propagación del espacio libre se utiliza la ecuación 4.1. La frecuencia que se utilizará para determinar las pérdidas, es un valor promedio entre las frecuencias mínima y máxima, las cuales son 5,725 GHz y 5,850

GHz respectivamente. El valor promedio es de 5,8 GHz. El dato de la distancia frecuencia se obtiene del perfil topográfico del enlace.

La pérdida por espacio libre es:

Tabla 4. 102. Pérdida por espacio libre Atacazo – Chiguilpe Alto.

Enlace	Distancia(m)	Frecuencia(Hz)	Pérdidas (dB)
Atacazo – Chiguilpe Alto	52500	5787000000	142,0942557

- **Cálculo del PIRE**

Para el cálculo del PIRE, se utiliza la ecuación 4.2. La información sobre la potencia de transmisión se obtiene de las especificaciones técnicas de los equipos, la información de la ganancia de la antena se obtiene del Tipo y Ganancia de la Antena.

La información sobre las Pérdidas ya se menciona en los puntos anteriores.

El valor del PIRE, es el mostrado en la tabla 4.103.

Tabla 4. 103. Valor PIRE Atacazo – Chiguilpe Alto.

LUGAR	PTX (dBm)	Pérdidas (dB)	G Antena (dBi)	PIRE(dBm)
Chiguilpe Alto	27	0,4	23	49,6

- **Zona de Fresnel**

Para la determinación del radio de la primera Zona de Fresnel, se tomará como referencia el punto donde está ubicada la obstrucción más alta a lo largo del perfil topográfico, y se utiliza ecuación 4.3.

El radio de la primera Zona de Fresnel es el mostrado en la tabla 4.104.

Tabla 4. 104. Valor de radio de la primera zona de Fresnel

D1(Km)	D2(Km)	DTOTAL(Km)	F(GHz)	KTE	RADIO(m)
52,1	3,75	52,475	5,787	17,32	13,892468

- **Margen de Despeje**

Para el cálculo del margen de despeje es necesario, primero determinar la altura de despeje en la elevación más alta, utilizando la ecuación 4.4:

Los valores utilizados para el cálculo de la altura de despeje se obtienen del perfil topográfico. El valor de la altura de despeje es el mostrado en la tabla 4.105.

Tabla 4. 105. Valor de la altura de despeje.

d1(m)	d2(m)	DTOTAL (m)	h1(m)	h2(m)	hC(m)	a(Km)	K	H Desp(m)
52100	3750	52475	1137,9	4360,4	4292,2	6370000	1,333	33,666633

Debido a que la h_{desp} es > 0 , no existe obstrucción por cumbre, por lo tanto, se puede calcular el margen de despeje de la zona de Fresnel, utilizando la ecuación 4.5.

El % del Margen de Despeje es el mostrado en la tabla 4.106

Tabla 4. 106. Valor del margen de despeje

HDESP(M)	R1(M)	MD%
33,666633	13,892468	242,3373

El margen de despeje es superior al 60% que es lo mínimo requerido, por lo que la zona de Fresnel se considera despejada.

- **Potencia nominal de Recepción**

En el cerro Chiguilpe Alto, la P_{inRX} es la siguiente:

Tabla 4. 107. Valor de la P_{inRx} Chiguilpe Alto.

PTx (dBm)	PERD CAB Tx	G Tx (DBI)	FSL (dB)	GRx (dBi)	PER CAB Rx	PER ADI(DB)	PInRx (dBm)
27	0,4	23	142,09426	23	0,4	0,525	-70,4192

- **Margen de Desvanecimiento**

Para el cálculo del margen de desvanecimiento, se utiliza la ecuación 4.7.

El valor del margen de desvanecimiento es:

Tabla 4. 108. Valor del margen de desvanecimiento

Pin Rx(dBm)	URx(dBm)	MARD DESV(DB)
-70,41926	-94	23,580074

De acuerdo a la tabla 4.109:

Tabla 4. 109. Tabla de confiabilidad de un enlace

MD(dB)	Confiabilidad (%)	Tiempo de Indisponibilidad
10	90.0	36.5 días
20	99.0	3.65 días
30	99.90	8.75 horas
40	99.990	52.3 minutos
50	99.999	5.23 minutos

La confiabilidad del enlace es superior al 99.999%, que da un tiempo de indisponibilidad menor a 5,23 minutos al año.

4.3.8.3 Atacazo - Bombolí

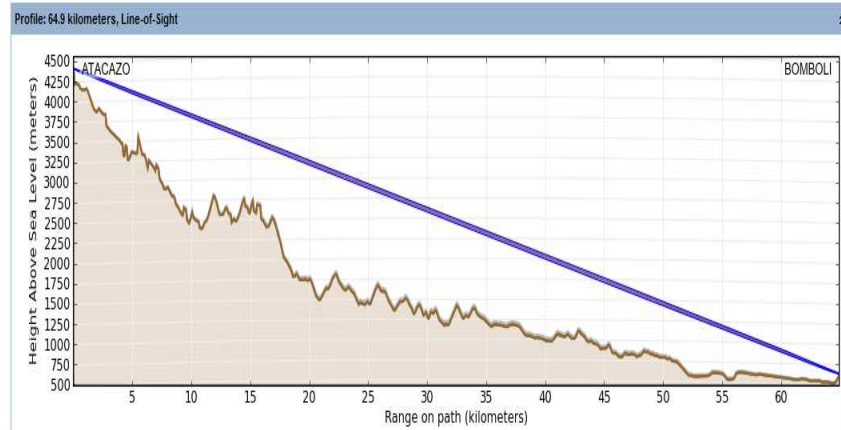


Figura 4. 27. Perfil topográfico y cálculo de parámetros enlace Atacazo – Bombolí.

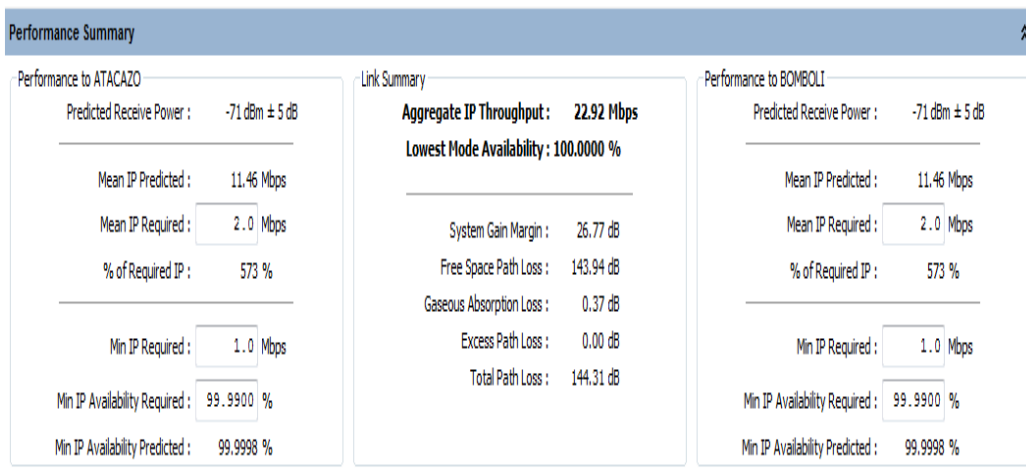


Figura 4. 27. Perfil topográfico y cálculo de parámetros enlace Atacazo – Bombolí.

En el enlace Atacazo – Bombolí se tiene despejada más del 60% de la Primera Zona de Fresnel. Además, se tiene línea de vista, con una altura de torre de 10m en Bombolí y 20m en el Atacazo.

Para realizar los cálculos de los parámetros, se procede a obtener el perfil topográfico del enlace, el cual se muestra en la figura 4.28



Figura 4. 28. Perfil topográfico enlace Atacazo – Bombolí.

Con esta información, se procede a realizar los siguientes cálculos de:

- **Pérdida por propagación en espacio libre**

Para realizar el cálculo de la pérdida por propagación del espacio libre se utiliza la ecuación 4.1. La frecuencia que se utilizará para determinar las pérdidas, es un valor promedio entre las frecuencias mínima y máxima, las cuales son 5,725 GHz y 5,850

GHz respectivamente. El valor promedio es de 5,8 GHz. El dato de la distancia frecuencia se obtiene del perfil topográfico del enlace.

La pérdida por espacio libre es la mostrada en la tabla 4.110.

Tabla 4. 110. Pérdida por espacio libre Atacazo – Bombolí.

Enlace	Distancia(m)	Frecuencia(Hz)	Pérdidas (dB)
Atacazo- Bombolí	52500	5787000000	142,0942557

- **Cálculo del PIRE**

Para el cálculo del PIRE, se utiliza la ecuación 4.2. La información sobre la potencia de transmisión se obtiene de las especificaciones técnicas de los equipos, la información de la ganancia de la antena se obtiene del Tipo y Ganancia de la Antena.

El valor del PIRE, es el mostrado en la tabla 4.111.

Tabla 4. 111. Valor PIRE Atacazo – Bombolí.

LUGAR	PTX (dBm)	Pérdidas (dB)	G Antena (dBi)	PIRE(dBm)
Bombolí	27	0,4	23	49,6

- **Zona de Fresnel**

Para la determinación del radio de la primera Zona de Fresnel, se tomará como referencia el punto donde está ubicada la obstrucción más alta a lo largo del perfil topográfico, y se utiliza ecuación 4.3.

El radio de la primera Zona de Fresnel es el mostrado en la tabla 4.112.

Tabla 4. 112. Valor de radio de la primera zona de Fresnel

D1(Km)	D2(Km)	DTOTAL(Km)	F(GHz)	KTE	RADIO(m)	
59,2	5,721	64,921	20,936	5,787	17,32	16,444678

- **Margen de Despeje**

Para el cálculo del margen de despeje es necesario, primero determinar la altura de despeje en la elevación más alta, utilizando la ecuación 4.4:

Los valores utilizados para el cálculo de la altura de despeje se obtienen del perfil topográfico. El valor de la altura de despeje es la mostrada en la tabla 4.113.

Tabla 4. 113. Valor de la altura de despeje

d1(m)	d2(m)	DTOTAL(m)	h1(m)	h2(m)	hC(m)	a(Km)	K	H Desp(m)
59200	5721	64921	680,3	4360,4	2518	6370000	1,333	498,15727

Debido a que la h_{desp} es > 0 , no existe obstrucción por cumbre, por lo tanto, se puede calcular el margen de despeje de la zona de Fresnel, utilizando la ecuación 4.5.

El % del Margen de Despeje es el mostrado en la tabla 4.114.

Tabla 4. 114 Valor del margen de despeje

HDESP(M)	R1(M)	MD%
498,15727	16,444678	3029,2917

El margen de despeje es superior al 60% que es lo mínimo requerido, por lo que la zona de Fresnel se considera despejada.

- **Potencia nominal de Recepción**

En el cerro Bombolí, la P_{inRx} es la mostrada en la tabla 4.115.

Tabla 4. 115. Valor de la P_{inRx} Cerro Bombolí.

PTx (dBm)	PERD CAB Tx	G Tx (DBI)	FSL (dB)	GRx (dBi)	PER CAB Rx	PER ADI(DB)	PInRx (dBm)
27	0,4	23	143,93596	23	0,4	0,649	- 72,34896

- **Margen de Desvanecimiento**

Para el cálculo del margen de desvanecimiento, se utiliza la ecuación 4.7.

El valor del margen de desvanecimiento es el mostrado en la tabla 4.116.

Tabla 4. 116. Valor del margen de desvanecimiento

P_{in} Rx(dBm)	URx(dBm)	MARD DESV(DB)
-72,34896	-94	21,615036

De acuerdo a la tabla 4.117.

Tabla 4. 117. Tabla de confiabilidad de un enlace

MD(dB)	Confiabilidad (%)	Tiempo de Indisponibilidad
10	90.0	36.5 días
20	99.0	3.65 días
30	99.90	8.75 horas
40	99.990	52.3 minutos
50	99.999	5.23 minutos

La confiabilidad del enlace es superior al 99.999%, que da un tiempo de indisponibilidad menor a 5,23 minutos al año.

4.3.8.4 Atacazo Sumi Loma

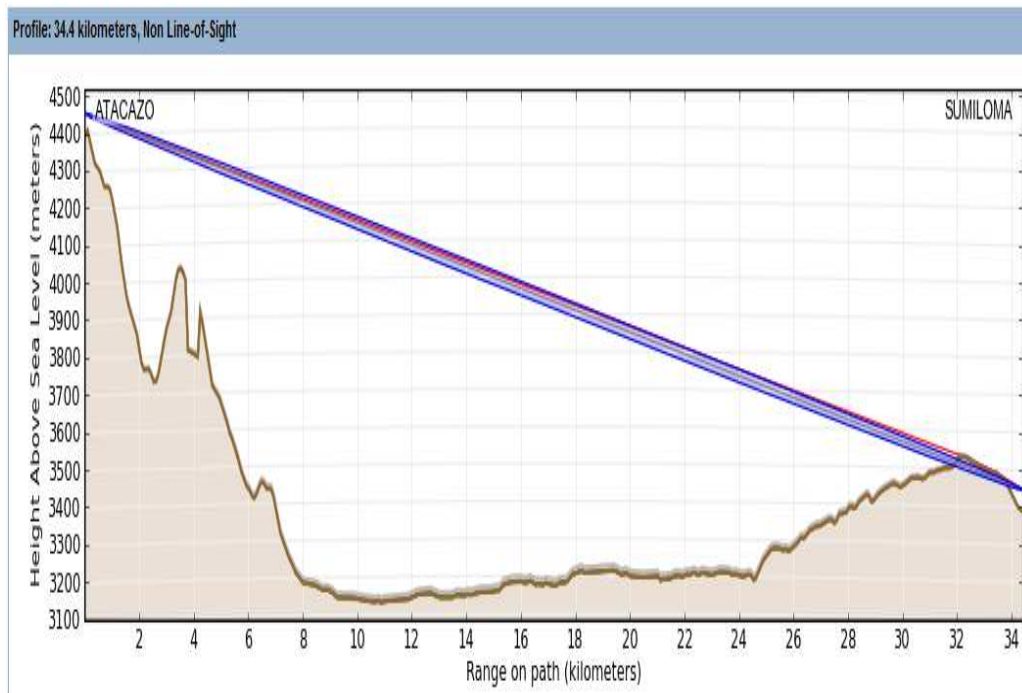


Figura 4. 29. Perfil topográfico y cálculo de parámetros enlace Atacazo – Sumi Loma.

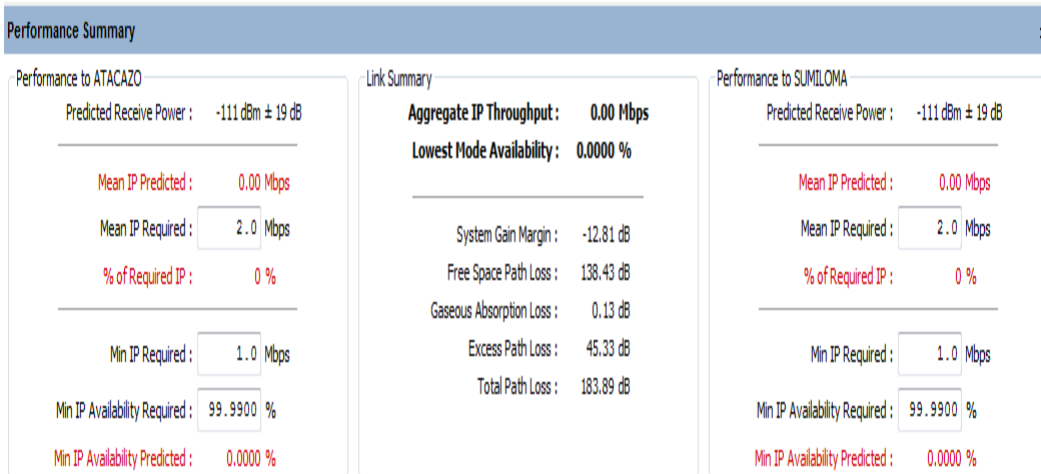


Figura 4. 29. Perfil topográfico y cálculo de parámetros enlace Atacazo – Sumi Loma.

En el enlace Atacazo – Sumi Loma no se tiene despejada más del 60% de la Primera Zona de Fresnel. Por ende, no se tiene línea de vista, incluso con alturas de torre de 60m en Sumi Loma y 60m en el Atacazo.

En este enlace se realizan ciertos cálculos de los parámetros para verificar que el enlace no es factible de realizarse. A continuación, se procede a obtener el perfil topográfico del enlace, el cual se muestra en la figura 4.30.

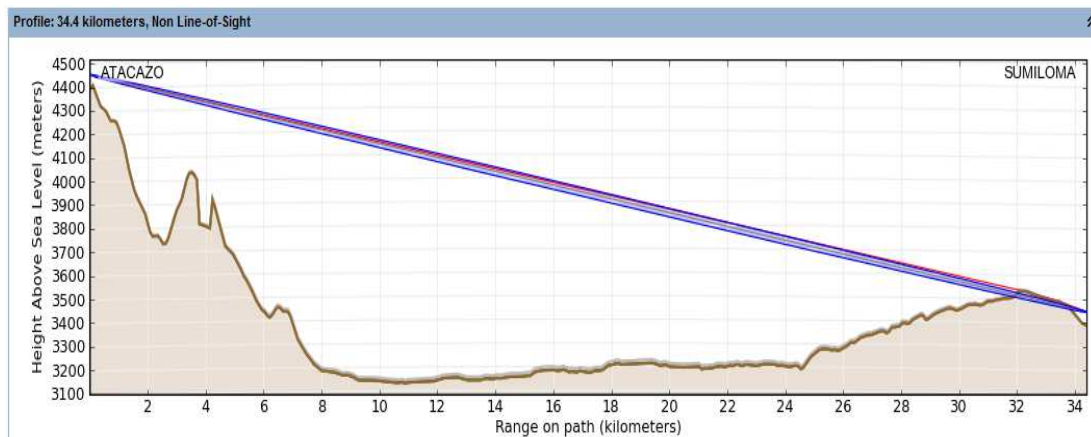


Figura 4. 30. Perfil topográfico enlace Atacazo – Sumi Loma

Con esta información, se procede a realizar los siguientes cálculos de:

- **Pérdida por propagación en espacio libre**

Para realizar el cálculo de la pérdida por propagación del espacio libre se utiliza la ecuación 4.1. La frecuencia que se utilizará para determinar las pérdidas, es un valor promedio entre las frecuencias mínima y máxima, las cuales son 5,725 GHz y 5,850 GHz respectivamente. El valor promedio es de 5,8 GHz. El dato de la distancia frecuencia se obtiene del perfil topográfico del enlace.

La pérdida por espacio libre es la mostrada en la tabla 4.118.

Tabla 4. 118. Pérdida por espacio libre Atacazo – Sumi Loma.

Enlace	Distancia(m)	Frecuencia(Hz)	Pérdidas (dB)
Atacazo – Sumi Loma	30016	5787000000	105,6404876

- **Cálculo del PIRE**

Para el cálculo del PIRE, se utiliza la ecuación 4.2. La información sobre la potencia de transmisión se obtiene de las especificaciones técnicas de los equipos, la información de la ganancia de la antena se obtiene del Tipo y Ganancia de la Antena.

La información sobre las Pérdidas ya se menciona en los puntos anteriores.

El valor del PIRE, es el mostrado en la tabla 4.119.

Tabla 4. 119. Valor PIRE Atacazo – Sumi Loma.

LUGAR	PTX (dBm)	Pérdidas (dB)	G Antena (dBi)	PIRE(dBm)
Sumi Loma	27	0,4	23	49,6

- **Zona de Fresnel**

Para la determinación del radio de la primera Zona de Fresnel, se tomará como referencia el punto donde está ubicada la obstrucción más alta a lo largo del perfil topográfico, y se utiliza ecuación 4.3.

El radio de la primera Zona de Fresnel es la mostrada en la tabla 4.120

Tabla 4. 120. Valor de radio de la primera zona de Fresnel

D1(Km)	D2(Km)	DTOTAL(Km)	F(GHz)	KTE	RADIO(m)
2,2	32,431	34,631	5,787	17,32	10,334278

- **Margen de Despeje**

Para el cálculo del margen de despeje es necesario, primero determinar la altura de despeje en la elevación más alta, utilizando la ecuación 4.4:

Los valores utilizados para el cálculo de la altura de despeje se obtienen del perfil topográfico. El valor de la altura de despeje es la mostrada en la tabla 4.121.

Tabla 4. 121. Valor de la altura de despeje

d1(m)	d2(m)	DTOTAL(m)	h1(m)	h2(m)	hC(m)	a(Km)	K	H Desp(m)
2200	32431	34631	3450,2	4360,4	3526,1	6370000	1,333	-22,27912

Debido a que la $h_{\text{desp}} < 0$, existe obstrucción por cumbre, por lo tanto, no se puede calcular el margen de despeje de la zona de Fresnel, utilizando la ecuación 4.5.

Sin embargo se realiza el cálculo del % del Margen de Despeje que es el mostrado en a tabla 4.122.

Tabla 4. 122. Valor del margen de despeje

HDESP(M)	R1(M)	MD%
-22,27912	10,334278	-215,5846

El margen de despeje es menor al 60% que es lo mínimo recorrido, por lo que la zona de Fresnel no se considera despejada.

4.3.8.5 Enlace Atacazo - Putzalagua

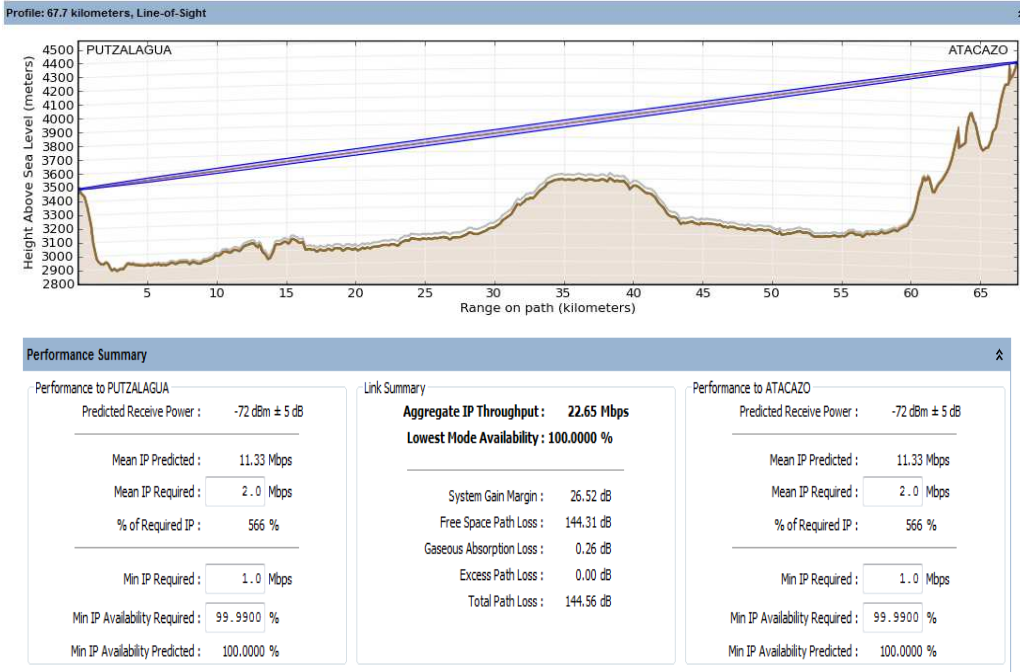


Figura 4. 31. Perfil topográfico y cálculo de parámetros enlace Atacazo – Putzalagua.

En el enlace Atacazo -Putzalagua, se tiene despejada más del 60% de la Primera Zona de Fresnel. Además, se tiene línea de vista, con una altura de torre de 27m en Putzalagua y 20m en el Atacazo.

Para realizar los cálculos de los parámetros, se procede a obtener el perfil topográfico del enlace, el cual se muestra en la figura 4.32.

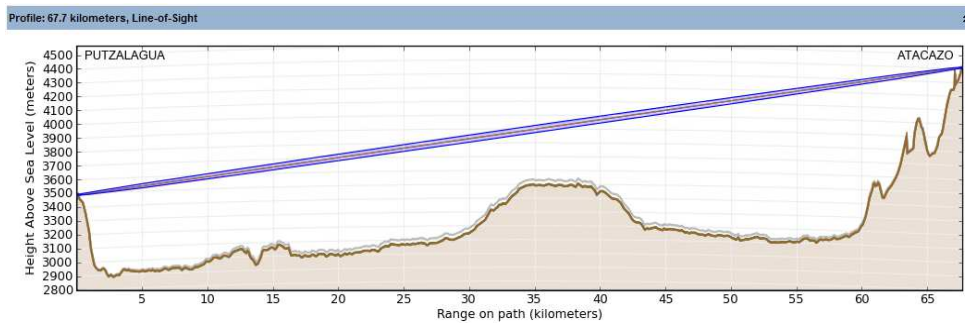


Figura 4. 32. Perfil topográfico enlace Atacazo – Putzalagua.

Con esta información, se procede a realizar los siguientes cálculos de:

- **Pérdida por propagación en espacio libre**

Para realizar el cálculo de la pérdida por propagación del espacio libre se utiliza la ecuación 4.1. La frecuencia que se utilizará para determinar las pérdidas, es un valor promedio entre las frecuencias mínima y máxima, las cuales son 5,725 GHz y 5,850 GHz respectivamente. El valor promedio es de 5,8 GHz. El dato de la distancia frecuencia se obtiene del perfil topográfico del enlace.

La pérdida por espacio libre es el mostrado en la tabla 4.123.

Tabla 4. 123. Pérdida por espacio libre Atacazo – Putzalagua.

Enlace	Distancia(m)	Frecuencia(Hz)	Pérdidas (dB)
Atacazo – Putzalagua	67700	5787000000	144,302843

- **Cálculo del PIRE**

Para el cálculo del PIRE, se utiliza la ecuación 4.2. La información sobre la potencia de transmisión se obtiene de las especificaciones técnicas de los equipos, la información de la ganancia de la antena se obtiene del Tipo y Ganancia de la Antena.

La información sobre las Pérdidas ya se menciona en los puntos anteriores.

El valor del PIRE, es el mostrado en la tabla 4.124

Tabla 4. 124. Valor PIRE Atacazo – Putzalagua.

LUGAR	PTX (dBm)	Pérdidas (dB)	G Antena (dBi)	PIRE(dBm)
Putzalagua	27	0,4	23	49,6

- **Zona de Fresnel**

Para la determinación del radio de la primera Zona de Fresnel, se tomará como referencia el punto donde está ubicada la obstrucción más alta a lo largo del perfil topográfico, y se utiliza ecuación 4.3.

El radio de la primera Zona de Fresnel es el mostrado en la tabla 4.125.

Tabla 4. 125. Valor de radio de la primera zona de Fresnel

D1(Km)	D2(Km)	DTOTAL(Km)	F(GHz)	KTE	RADIO(m)
37,1	31,036	68,136	5,787	17,32	29,597338

- **Margen de Despeje**

Los valores utilizados para el cálculo de la altura de despeje se obtienen del perfil topográfico. El valor de la altura de despeje es la mostrada en la figura 4.126.

Tabla 4. 126. Valor de la altura de despeje

d1(m)	d2(m)	DTOTAL(m)	h1(m)	h2(m)	hC(m)	a(Km)	K	H Desp(m)
37100	31036	68136	3495,9	4360,4	3499,2	6370000	1,333	399,61797

Debido a que la $h_{\text{desp}} > 0$, no existe obstrucción por cumbre, por lo tanto, se puede calcular el margen de despeje de la zona de Fresnel, utilizando la ecuación 4.5.

El % del Margen de Despeje es el mostrado en la tabla 4.127.

Tabla 4. 127. Valor del margen de despeje

HDESP(M)	R1(M)	MD%
399,61797	29,597338	1350,1821

El margen de despeje es superior al 60% que es lo mínimo requerido, por lo que la zona de Fresnel se considera despejada.

- **Potencia nominal de Recepción**

La potencia nominal de recepción se calcula mediante la ecuación 4.6:

En el cerro Putzalagua, la P_{inRx} es la mostrada en la tabla 4.128.

Tabla 4. 128. Valor de la P_{inRx} Cerro Putzalagua.

PTx (dBm)	PERD CAB Tx	G Tx (DBI)	FSL (dB)	GRx (dBi)	PER CAB Rx	PER ADI(DB)	PInRx (dBm)
27	0,4	23	144,30284	23	0,4	0,677	- 72,77984

- **Margen de Desvanecimiento**

El valor del margen de desvanecimiento es el mostrado en la tabla 4.129.

Tabla 4. 129. Valor del margen de desvanecimiento

Pin Rx(dBm)	URx(dBm)	MARD DESV(DB)
-72,77984	-94	21,220157

De acuerdo a la tabla 4.130.

Tabla 4. 130. Tabla de confiabilidad de un enlace

MD(dB)	Confiabilidad (%)	Tiempo de Indisponibilidad
10	90.0	36.5 días
20	99.0	3.65 días
30	99.90	8.75 horas
40	99.990	52.3 minutos
50	99.999	5.23 minutos

La confiabilidad del enlace es superior al 99.999%, que da un tiempo de indisponibilidad menor a 5,23 minutos al año.

- **Determinación de la mejor ruta de enlace entre las repetidoras.**

Según lo analizado en el diseño se concluye que la ruta óptima para los enlaces es la siguiente:

Tabla 4. 131. Ruta óptima para enlaces entre repetidoras.

REPETIDORA	REPETIDORA
Cruz Loma	Atacazo
Atacazo	Chiguilpe Alto
Atacazo	Putzalagua

- Para el caso del enlace entre Cruz Loma y Atacazo es necesario lo mostrado en la figura 4.132.

Tabla 4. 132. Equipos necesarios enlace Cruz Loma - Atacazo.

EQUIPO	CARACTERÍSTICA NECESARIA
REPETIDORA	Potencia de Tx mayor o igual a 25 W
Puente Ethernet Inalámbrico	Potencia de Tx requerida de 27 dBm
ANTENA Flat Plate Integrada Cruz Loma	Ganancia necesaria 23 dBi ubicada a 10 m
ANTENA Flat Plate Integrada Atacazo	Ganancia necesaria 23 dBi ubicada a 20 m

- Para el caso del enlace entre Atacazo y Chiguilpe Alto es necesario lo mostrado en la figura 4.133.

Tabla 4. 133. Equipos necesarios enlace Atacazo – Chiguilpe Alto

EQUIPO	CARACTERÍSTICA NECESARIA
REPETIDORA	Potencia de Tx mayor o igual a 25 W
Puente Ethernet Inalámbrico	Potencia de Tx requerida de 27 dBm
ANTENA Flat Plate Integrada Chiguilpe Alto	Ganancia necesaria 23 dBi ubicada a 10 m
ANTENA Flat Plate Integrada Atacazo	Ganancia necesaria 23 dBi ubicada a 20 m

- Para el caso del enlace entre Atacazo y Putzalagua es necesario lo mostrado en la figura 4.134.

Tabla 4. 134. Equipos necesarios enlace Atacazo – Putzalagua

EQUIPO	CARACTERÍSTICA NECESARIA
REPETIDORA	Potencia de Tx mayor o igual a 25 W

Puente Ethernet Inalámbrico	Potencia de Tx requerida de 27 dBm
ANTENA Flat Plate Integrada Putzalagua	Ganancia necesaria 23 dBi ubicada a 27 m
ANTENA Flat Plate Integrada Atacazo	Ganancia necesaria 23 dBi ubicada a 20 m

4.3.9 Validación de los resultados de los Enlaces Repetidora -Repetidora

Se validará la información proporcionada de cada enlace por PTP Link Planner, mediante una comparación con los resultados obtenidos en el diseño teórico, con el fin de obtener el error que no supere el 10%, para considerar como válidos los mismos. A continuación, se muestra las tablas comparativas de cada enlace:

4.3.9.1 Enlace Cruz Loma – Atacazo

La tabla 4.135 muestra el porcentaje de error entre el valor de la simulación y valor teórico en el enlace Cruz Loma - Putzalagua.

Tabla 4. 135. Porcentaje de error entre el valor de la simulación y valor teórico, enlace Cruz Loma - Atacazo

Parámetro	Valor Teórico	Valor PTP Link Planner	% Error
Pérdida por espacio libre (dB)	134,0523363	134,07	0,01317672
Margen de despeje (%)	3311,85191	3303,8	7,8541693
Confiabilidad (%)	99,99	99,99	0
Potencia nominal de recepción(dBm)	-62,148	-66	6,19810774

Por lo tanto, el enlace es factible de realizar ya que se tiene un buen nivel de recepción de la señal y bajos tiempos de indisponibilidad. Además, se puede implementar ya que la ESPE dispone de infraestructura de telecomunicaciones en el cerro de Cruz Loma y en el Atacazo donde se puede utilizar la infraestructura previa autorización de la Dirección de Comunicaciones del Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas.

4.3.9.2 Enlace Atacazo - Chiguilpe

La tabla 4.136 muestra el porcentaje de error entre el valor de la simulación y valor teórico en el enlace Atacazo - Chiguilpe.

Tabla 4. 136. Porcentaje de error entre el valor de la simulación y valor teórico, enlace Atacazo - Chiguilpe.

Parámetro	Valor Teórico	Valor PTP Link Planner	% Error
Pérdida por espacio libre(dB)	142,0942557	142,1	0,0040426
Margen de despeje (%)	242,337298	1130	366,292234
Confiabilidad (%)	99,99	99,9	-0,090009
Potencia nominal de recepción(dBm)	-70,4192557	-74	5,0848937

Por lo tanto, el enlace es factible de realizar ya que se tiene un buen nivel de recepción de la señal y bajos tiempos de indisponibilidad. Además, se puede implementar ya que la ESPE dispone de infraestructura de telecomunicaciones en el cerro Chiguilpe y en el Atacazo donde se puede utilizar la infraestructura previa

autorización de la Dirección de Comunicaciones del Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas.

4.3.9.1 Enlace Atacazo - Putzalagua

La tabla 4.137 muestra el porcentaje de error entre el valor de la simulación y valor teórico en el enlace Atacazo – Putzalagua.

Tabla 4. 137. Porcentaje de error entre el valor de la simulación y valor teórico, enlace Atacazo - Putzalagua.

Parámetro	Valor Teórico	Valor PTP Link Planner	% Error
Pérdida por espacio libre(dB)	144,302843	144,41	0,07425841
Margen de despeje (%)	1350,18212	1350	-0,01348855
Confiabledad (%)	99,99	99,9	-0,090009
Potencia nominal de recepción(dBm)	-72,779843	-76	4,42451765

Por lo tanto, el enlace es factible de realizar ya que se tiene un buen nivel de recepción de la señal y bajos tiempos de indisponibilidad. Además, se puede implementar ya que la ESPE dispone de infraestructura de telecomunicaciones en el cerro Putzalagua y en el Atacazo, donde se puede utilizar la infraestructura previa autorización de la Dirección de Comunicaciones del Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas.

4.4 Determinación de equipos a emplearse.

De acuerdo al diseño realizado las características generales necesarias de los equipos a emplearse para montar la red digital diseñada son los que se detallan en la tabla 4.138.

Tabla 4. 138. Listado de equipos a emplearse.

ENLACE / TIPO	EQUIPO	CARACTERÍSTICA NECESARIA	
Cruz Loma - sedes de Pichincha / (Rep-sede)	Repetidora	Potencia de Tx mayor o igual a 25 W	
	Radio portátil	Potencia de Tx requerida de 5 W	
	Radio móvil	Potencia de Tx requerida de 30 W	
	DUPLEXOR	Para dos frecuencias	
	Antena de 4 Dipolos	Ganancia necesaria 12 dBi ubicada a 9 mts	
	TORRE	Altura 15 mts.	
Chiguilpe Alto - sede IASA II / (Rep-sede)	Repetidora	Potencia de Tx mayor o igual a 25 W	
	Radio portátil	Potencia de Tx requerida de 5 W	
	Radio móvil	Potencia de Tx requerida de 30 W	
	DUPLEXOR	Para dos frecuencias	
	Antena de 4 Dipolos de la Repetidora	Ganancia necesaria 12 dBi ubicada a 45 mts	
	Antena de 4 Dipolos de la sede	Ganancia necesaria 9 dBi ubicada a 9 mts	
Putzalagua - sede de Latacunga / (Rep-sede)	Repetidora	Potencia de Tx mayor o igual a 25 W	
	Radio portátil	Potencia de Tx requerida de 5 W	
	Radio móvil	Potencia de Tx requerida de 30 W	
	DUPLEXOR	Para dos frecuencias	
	Antena de 4 Dipolos de la Repetidora	Ganancia necesaria 12 dBi ubicada a 45 mts	
	Antena de 4 Dipolos de la sede	Ganancia necesaria 9 dBi ubicada a 9 mts	
Cruz Loma - Atacazo / (Rep - Rep)	Repetidora	Potencia de Tx mayor o igual a 25 W	
	Puente Ethernet Inalámbrico	Potencia de Tx requerida de 27 dBm	
	Antena Flat Plate Integrada Cruz Loma	Ganancia necesaria 23 dBi ubicada a 10 mts	
	Antena Flat Plate Integrada Atacazo	Ganancia necesaria 23 dBi ubicada a 20 mts	
	Atacazo - Chiguilpe Alto / (Rep - Rep)	Repetidora	Potencia de Tx mayor o igual a 25 W
		Puente Ethernet Inalámbrico	Potencia de Tx requerida de 27 dBm
Antena Flat Plate Integrada Chiguilpe Alto		Ganancia necesaria 23 dBi ubicada a 10 mts	
Atacazo - Putzalagua / (Rep - Rep)	Repetidora	Potencia de Tx mayor o igual a 25 W	
	Puente Ethernet Inalámbrico	Potencia de Tx requerida de 27 dBm	

	Antena Flat Plate Integrada Putzalagua	Ganancia necesaria 23 dBi ubicada a 27 mts
	Antena Flat Plate Integrada Atacazo	Ganancia necesaria 23 dBi ubicada a 20 mts

Las características destacadas de los principales elementos del sistema son:

- **Repetidora Digital**

La tabla 4.139 muestra las características técnicas de la repetidora requerida.

Tabla 4. 139. Características principales Repetidora Digital

Especificaciones Técnicas de la Repetidora Requerida	
Frecuencias de Operación	136-174 MHz
Sensibilidad	$\geq 0.28 \mu\text{V}$
Potencia de Transmisión	$\geq 44.77 \text{ dBm}$
Ganancia de la Antena	$\geq 9 \text{ dBi}$
Modo de Operación	Analógico y Digital
Espaciamiento del Canal	6.25 12.5 kHz

- **Radio Portátil Digital**

La tabla 4.140 muestra las características técnicas de la Radio Portátil Digital requerida. **Tabla 4. 140. Características principales Radio Portátil Digital**

Especificaciones Técnicas de la Radio Portátil Digital Requerida	
Frecuencias de Operación	136-174 MHz
Sensibilidad	$\geq 0.25 \mu\text{V}$
Potencia de Transmisión	$\geq 36.98 \text{ dBm}$
Ganancia de la Antena	$\geq 3 \text{ dB}$
Modo de Operación	Analógico y Digital
Espaciamiento del Canal	6.25 & 12.5 kHz

- **Radio Móvil Digital**

La tabla 4.141 muestra las características técnicas de la Radio Móvil Digital requerida.

Tabla 4. 141. Características principales Radio Móvil Digital

Especificaciones Técnicas de la Radio Móvil Digital Requerida	
Frecuencias de Operación	136-174 MHz
Sensibilidad	$\geq 0.25 \mu\text{V}$
Potencia de Transmisión	$\geq 44.77 \text{ dBm}$
Ganancia de la Antena	$\geq 3 \text{ dB}$
Modo de Operación	Analógico y Digital
Espaciamiento del Canal	6.25 & 12.5 kHz

○ **Puente Ethernet Inalámbrico:**

La tabla 4.142 muestra las características principal del Puente Inalámbrico requerido.

Tabla 4. 142. Características principales Puente Ethernet Inalámbrico

Especificaciones Técnicas del Puente Ethernet Inalámbrico Requerido	
Frecuencias de Operación	Bandas ISM en 5.7 y/o 5.8 GHz
Protocolos para la conexión inalámbrica	80211 a/b/g
Throughput	$\geq 10 \text{ Mbps}$
Canal de Recepción	$\geq 15 \text{ MHz}$
Sensibilidad	$\geq -90 \text{ dBm @ } 1 \text{ Mbps}$
Potencia de Transmisión	$\geq 23 \text{ dBm}$
Ganancia de la Antena	$\geq 7 \text{ dBi}$
QoS	Si
Resistencia al agua	Si
POE	Si
Resistencia al viento	$\geq 100 \text{ km/h}$
Interfaces	1 x N-Hembra 1x RJ-45 10/100
Temperatura de Operación	$-10^\circ\text{C} \leq T \leq 50^\circ\text{C}$
Latencia	$\leq 10 \text{ ms}$

4.4.1 Infraestructura a implementarse en cada punto de repetición:

Como es conocido para montar un punto de repetición es necesario el conocimiento de varios parámetros importantes para establecer su correcta operatividad así como el de brindar autonomía a cada enlace en caso de existir falta de la energía principal en dicho punto; por lo cual en este apartado se procederá a analizar los requisitos necesarios en cada una de las repetidoras del enlace.

Como parte complementaria del presente proyecto es necesario mencionar de manera breve los requerimientos de la infraestructura civil para la puesta en marcha del mismo, y que consisten básicamente en el tipo de torres que se van a utilizar, los sistemas de protección eléctrica (sistemas de puesta a tierra y pararrayos), sistemas de generación eléctrica y los cuartos donde se instalarán los equipos de comunicaciones .

4.4.2 Torres

Una vez determinada la localización de las radio bases y dentro de ellas las ubicaciones de las antenas y la altura adecuada para su correcta operación, es necesario encontrar un lugar adecuado para la instalación de la torre.

En general existen ciertas consideraciones mayores cuando se selecciona el tipo de torre a instalar:

- Carga de la antena.
- Huella de la torre.
- Altura de la torre.

El efecto de la antena sobre una torre depende de la estructura de la torre, del peso de la antena y los cables, de la resistencia al viento que ofrece y de la altura a la que está colocada.

La velocidad media del viento del sitio también se debe tomar en consideración., la velocidad media del viento depende de dónde está ubicado el sitio en la tierra, la altitud y el entorno (rural o ciudad). La huella de la torre es la cantidad de espacio sobre la tierra que es requerido para la instalación.

En el caso del proyecto se ha determinado la necesidad de construir 3 torres, ya que en el nodo de Cruz Loma ya existe la infraestructura completa necesaria para el proyecto. Debido a que la instalación de los nodos es en lugares con espacio suficiente para la instalación, se deberán instalar torres del tipo soportadas. Este tipo de estructura soportará sin ningún problema el peso de las antenas a instalarse, el mismo que no será

mayor a 30 kilogramos, y adicionalmente resistirá a las velocidades medias del viento en las zonas de instalación.

La figura 4. 33 muestra una torre de este tipo:

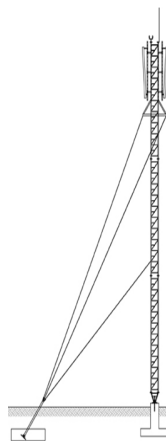


Figura 4. 33. Diagrama de torre soportada.

Debido a su base, esta clase de torres son comunes en zonas rurales como cerros donde existe el espacio libre necesario para su localización. Las torres soportadas se pueden construir con tres o cuatro lados. Están formadas por perfiles angulares formando secciones generalmente fabricadas con hierro galvanizado para resistir la corrosión. Cuanto más ancha es la base de la torre, mayor carga puede tolerar [5]. A continuación la tabla 4.143 muestra la altura de cada torre a instalar:

Tabla 4. 143. Aturas de las torres a instalar

NODO	ALTURA DE TORRE
Atacazo	30 mts.
Putzalagua	50 mts.
Chiguilpe	50 mts.

4.4.3 Sistemas de protección eléctrica

Para proteger a cada una de las radio bases en días de tormentas, y que ningún componente de la misma sea dañado es necesario contar con un buen sistema de pararrayos y de puesta a Tierra.

La instalación de un sistema de puesta a tierra permite la protección de las personas y los bienes contra los efectos de las caídas de rayos, descargas estáticas, señales de interferencia electromagnética y contactos indirectos por corrientes de fugas a tierra. Por lo tanto, la ejecución correcta de la misma brinda importantes beneficios al evitar pérdidas de vidas, daños materiales e interferencias con otras instalaciones.

En la figura 4.34 se muestra un esquema completo para un sistema de protección eléctrica:

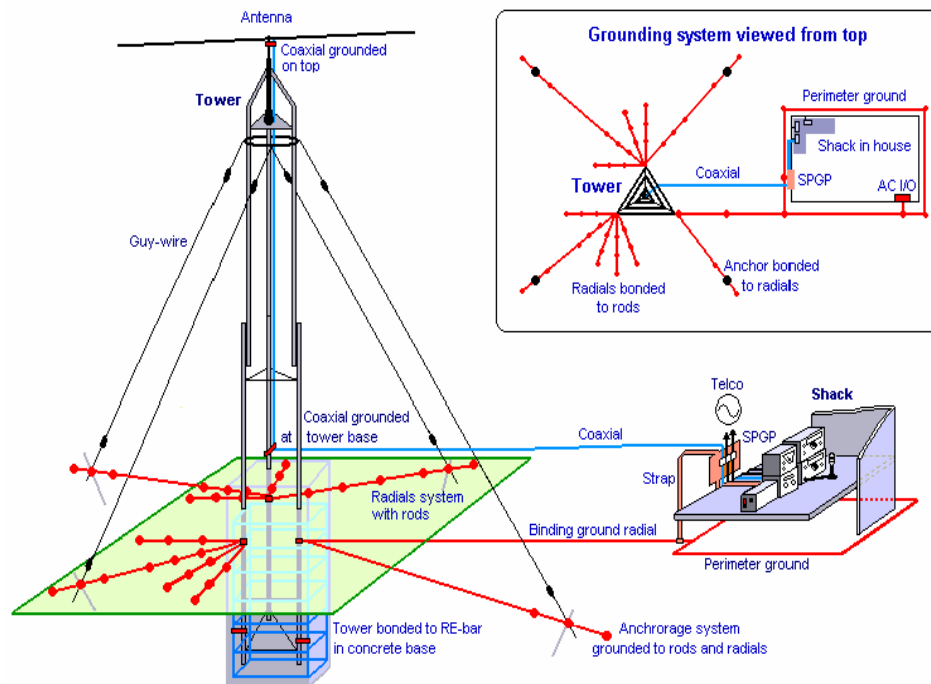


Figura 4.34. Sistema de protección eléctrica para una radiobase de telecomunicaciones

Los rayos son enemigos comunes de las instalaciones inalámbricas, y deberían prevenirse tanto como sea posible. Para ello las torres de comunicación deberán estar equipadas con pararrayos puestos a tierra correctamente en la base de la torre. El pararrayos debe estar siempre en el punto más alto de la torre. El conductor que une el pararrayos con el electrodo de puesta a tierra no debe tener empalmes y debe de ser de cobre y al menos calibre 10 AWG (American Wire Gage).

4.4.4 Sistemas de energía eléctrica

El rol principal de este subsistema es proveer de energía a distintos equipos de Telecomunicaciones adaptándose a sus requerimientos.

Adicionalmente, proveen de un resguardo de energía con la utilización de un banco de baterías con lo cual se brinda autonomía suficiente para que los equipos trabajen normalmente en caso de un inusual corte de la energía contratada.

Las radio bases están conformadas por una unidad repetidora, por el equipo duplexor y por un puente Ethernet inalámbrico. En la siguiente tabla se muestra los voltajes necesarios de cada uno de los equipos para cada nodo del enlace.

4.4.5 Cuartos de equipos

Al igual que el número de torres que se requieren para el proyecto, se necesitarán 3 cuartos de equipos, también conocidos como shelters, dentro de los cuales se instalarán los equipos de comunicaciones pertenecientes a cada radio base, los mismos que deberán contar con los siguientes requisitos:

- Dimensiones de 1.70 m de ancho, 2 m de largo y 2.20 m alto.
- Estructura metálica de perfiles acerados y tol galvanizado; debe ofrecer un ambiente seguro y seco para la instalación de equipamientos. Sellado para impedir la filtración de agua y polvo, y el escape de aire climatizado.
- Temperaturas entre -10 °C a 20 °C.
- Pintura anticorrosiva.

4.4.6 Requerimientos de soporte de energía:

4.4.6.1 Cálculo de UPS

Considerando que en cada nodo de la red estarán ubicados los equipos mostrados en la figura 4.144 con el respectivo consumo máximo de energía:

Tabla 4. 144. Consumo promedio de equipos por nodo

Equipo	Consumo Máximo
Repetidora	50 W
Puente inalámbrico Ethernet	50 W

Sabiendo que cada nodo de repetición constará de un equipo repetidor y de un equipo Puente Inalámbrico, se procede de la siguiente manera a realizar el cálculo del UPS requerido.

Datos :

$$t = 3 \text{ horas}$$

$$Potencia_{requerida} = 2 * 50W = 100W$$

$$\cos \varphi = 0.6$$

Solución:

Utilizando la siguiente ecuación del factor de potencia:

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} \quad \text{Ecuación 4.8}$$

$$\rightarrow S_{requerida} = \frac{P}{\cos \varphi} = \frac{100}{0.6} = 166.66 \text{ VA}$$

$$\therefore UPS_{requerido} = S * t = 166.66 \text{ VA} * 3 \text{ horas}$$

$$UPS_{requerido} = 500 \text{ VA}$$

Por lo tanto para cada uno de los nodos de la red diseñada se concluye que requerimos un UPS mínimo de 500 VA.

4.4.6.2 Cálculo de consumos de energía de soporte (batería) para cada nodo

A continuación se detalla los requerimientos de cada uno de los nodos principales para brindarles autonomía.

- **Nodo Cruz Loma:**

La tabla 4.145 muestra los equipos necesarios para el nodo Cruz Loma.

Tabla 4. 145. Equipos necesarios nodo Cruz Loma

Equipo	Componentes	Voltaje de operación	Consumo de Amperios/hora	Tipo de Batería Necesaria
Repetidora	1 Repetidora Digital NXR710	12 VDC	7A/h	100 Ah ,libre de mantenimiento
Puente	Puente inalámbrico Ethernet	12 VDC		

La tabla 4.146 muestra las características de la batería libre de mantenimiento a emplearse en los UPS.

Tabla 4. 146. Características Batería libre de mantenimiento a emplearse en los UPS

Voltaje DC (V)	Corriente (A)	Capacidad de Carga (A/h)
12 VDC	100 A	100 A/h

En base a los parámetros de los componentes del nodo y de la batería se procede a realizar el cálculo de la duración del soporte de la batería:

$$t = \frac{\text{capacidad de carga de batería}}{\text{consumo de componentes del nodo}}$$

$$t = \frac{100}{7}$$

$$t = 14,3 \text{ horas}$$

Ecuación 4.9

De acuerdo a los datos brindados por el distribuidor de dichos equipos y con conocimiento de la duración de la batería en cuestión se establece que el consumo de los equipos en conjunto al ser de 8 amperios por hora representa el consumo un equivalente al 3.75% de la energía de la batería, por lo que se concluye que esta durará un estimado de 14,3 horas.

- **Nodo Atacazo**

La tabla 4.147 muestra los equipos necesarios para el nodo Atacazo.

Tabla 4. 147. Equipos necesarios nodo Atacazo.

Equipo	Componentes	Voltaje de operación	Consumo de Amperios/hora	Tipo de Batería Necesaria
Repetidora	1 Repetidora Digital NXR710	12 VDC	8A/h	100 A libre de mantenimiento
	1 Dulpexor Q2220e Sinclair	12 VDC		
Puente	Puente inalámbrico Ethernet	12 VDC		

La tabla 4.148 muestra las características de la batería libre de mantenimiento a emplearse en los UPS.

Tabla 4. 148. Características Batería libre de mantenimiento a emplearse en el UPS

Voltaje DC (V)	Corriente (A)	Capacidad de Carga (A/h)
12 VDC	100 A	100 A/h

En base a los parámetros de los componentes del nodo y de la batería se procede a realizar el cálculo de la duración del soporte de la batería:

$$t = \frac{\text{capacidad de carga de batería}}{\text{consumo de componentes del nodo}}$$

$$t = \frac{100}{8}$$

$$t = 12,5 \text{ horas}$$

De acuerdo a los datos brindados por el distribuidor de dichos equipos y con conocimiento de la duración de la batería en cuestión se establece que el consumo de los equipos en conjunto al ser de 8 amperios por hora representa el consumo un equivalente al 5% de la energía de la batería, por lo que se concluye que esta durará un estimado de 12,5 horas de duración.

4.4.6.1 Nodo Putzalagua:

La tabla 4.149 muestra los equipos necesarios para el nodo Putzalagua.

Tabla 4. 149. Equipos necesarios nodo Putzalagua

Equipo	Componentes	Voltaje de operación	Consumo de Amperios/hora	Tipo de Batería Necesaria
Repetidora	1 Repetidora Digital NXR710	12 VDC	8A/h	100 A libre de mantenimiento
	1 Dulpexor Q2220e Sinclair	12 VDC		
Puente	Puente inalámbrico Ethernet	12 VDC		

La tabla 4.150 muestra el cuadro de características de la batería libre de mantenimiento a emplearse en los UPS.

Tabla 4. 150. Características Batería libre de mantenimiento a emplearse en el UPS

Voltaje DC (V)	Corriente (A)	Capacidad de Carga (A/h)
12 VDC	100 A	100 A/h

En base a los parámetros de los componentes del nodo y de la batería se procede a realizar el cálculo de la duración del soporte de la batería:

$$t = \frac{\text{capacidad de carga de batería}}{\text{consumo de componentes del nodo}}$$

$$t = \frac{100}{8}$$

$$t = 12,5 \text{ horas}$$

De acuerdo a los datos brindados por el distribuidor de dichos equipos y con conocimiento de la duración de la batería en cuestión se establece que el consumo de los equipos en conjunto al ser de 8 amperios por hora representa el consumo un equivalente al 5% de la energía de la batería, por lo que se concluye que esta durará un estimado de 20 horas de duración

- **Nodo Chiguilpe**

Los equipos necesarios para en nodo Chiguilpe son los mostrados en la figura 4.151.

Tabla 4. 151. Equipos necesarios nodo Chiguilpe.

Equipo	Componentes	Voltaje de operación	Consumo de Amperios/hora	Tipo de Batería Necesaria
Repetidora	1 Repetidora Digital NXR710	12 VDC	8A/h	100 A libre de mantenimiento
	1 Duplexor Q2220e Sinclair	12 VDC		
Puente	Puente inalámbrico Ethernet	12 VDC		

La tabla 4.152 muestra las características de la batería libre de mantenimiento a emplearse en los UPS.

Tabla 4. 152. Características Batería libre de mantenimiento a emplearse en el UPS

Voltaje DC (V)	Corriente (A)	Capacidad de Carga (A/h)
12 VDC	100 A	100 A/h

En base a los parámetros de los componentes del nodo y de la batería se procede a realizar el cálculo de la duración del soporte de la batería:

$$t = \frac{\text{capacidad de carga de batería}}{\text{consumo de componentes del nodo}}$$

$$t = \frac{100}{8}$$

$$t = 12,5 \text{ horas}$$

De acuerdo a los datos brindados por el distribuidor de dichos equipos y con conocimiento de la duración de la batería en cuestión se establece que el consumo de los equipos en conjunto al ser de 8 amperios por hora representa el consumo un equivalente al 5% de la energía de la batería, por lo que se concluye que esta durará un estimado de 20 horas de duración.

4.5 Simulación de las áreas de cobertura

A continuación, se presentará un diagrama de cobertura por cada repetidora que muestre los niveles de recepción de la señal y la extensión geográfica de la cobertura VHF, con el fin de asegurar la comunicación entre las distintas sedes de la ESPE y las repetidoras. Para un mejor análisis de la cobertura se presenta los valores de la intensidad de la señal a los cuales la misma es buena, promedio y excelente, de acuerdo al siguiente gráfico para cada repetidora:

4.5.6 Cruz Loma

La figura 4.35 muestra la señal del repetidor Cruz Loma en dBm.

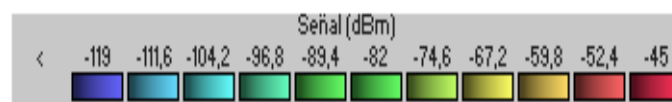


Figura 4. 35. Señal dBm Repetidor Cruz Loma.

Se considera que la señal tiene un nivel bueno hasta -96,8 dBm(celeste), promedio hasta -67,2 dBm(amarillo) y excelente hasta -45 dBm(rojo) como se muestra en la

figura 4.36. De esta manera se asegura la cobertura en las sedes de la ESPE que tienen enlaces con esta repetidora y de los sectores a cubrir en el punto 4.2.

En la figura 4.36 se muestra las coberturas en las sedes de la ESPE con la repetidora Cruz Loma.

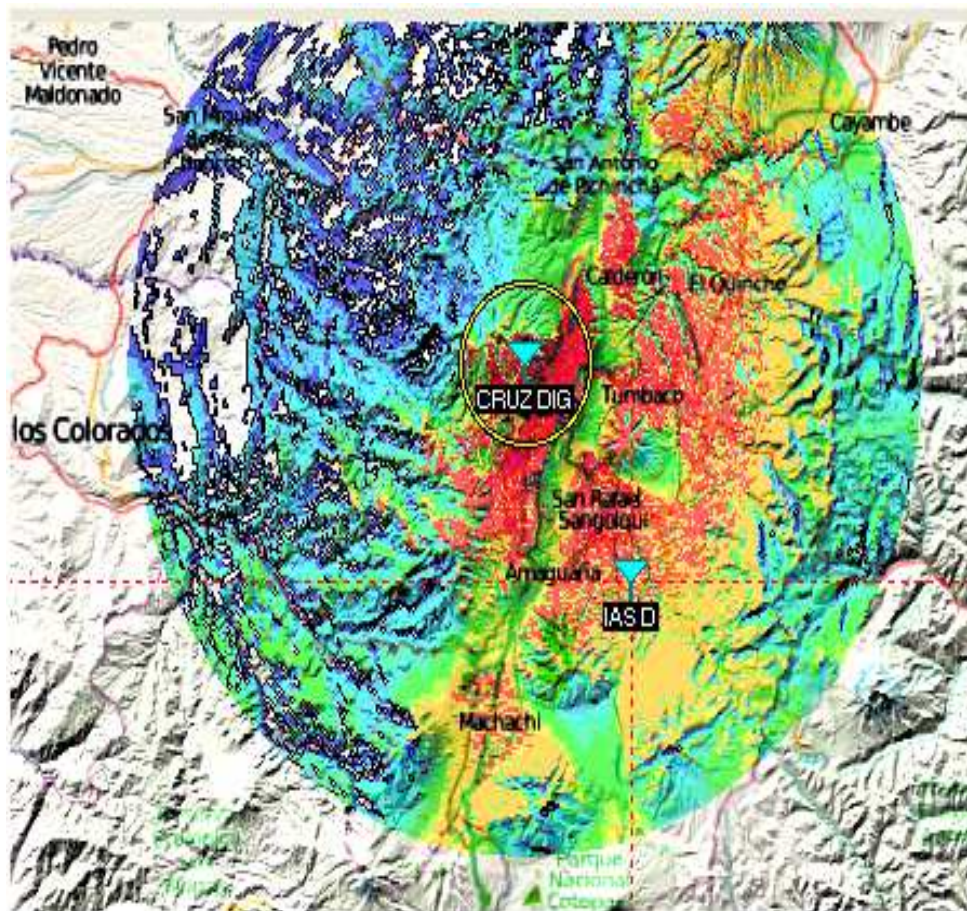


Figura 4.36. Cobertura en las sedes de la ESPE con la repetidora Cruz Loma

4.5.7 Chiguilpe Alto

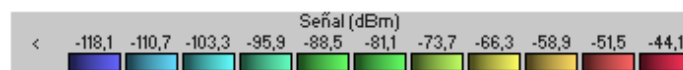


Figura 4.37. Señal dBm Repetidor Chiguilpe Alto.

Se considera que la señal tiene un nivel bueno hasta $-103,3$ dBm(celeste), promedio hasta $-66,3$ dBm(amarillo) y excelente hasta $-51,5$ dBm(rojo) como se muestra en la figura 4.38. De esta manera se asegura la cobertura en la sede de la ESPE que tiene un enlace con esta repetidora y de los sectores a cubrir en el punto 4.2

En la figura 4.38 se muestra la cobertura en las sede de la IASA II con la repetidora Cruz Loma.

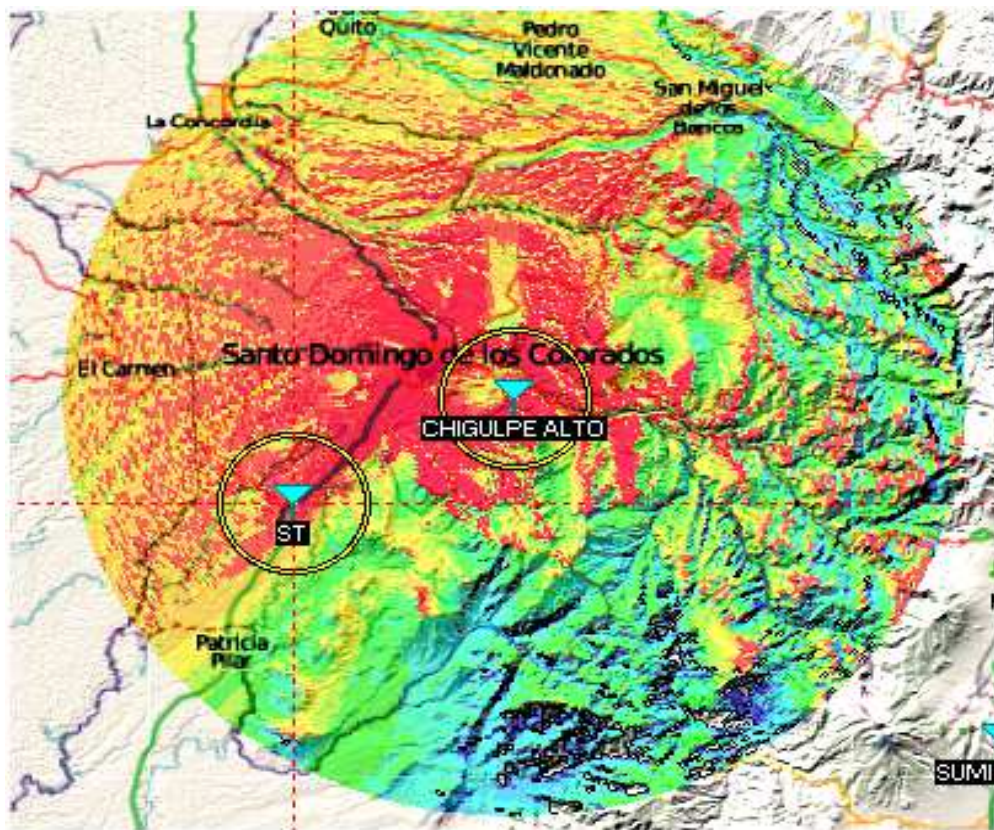


Figura 4. 38. Cobertura en las sede IASA II con la repetidora Chigulpe Alto

4.5.8 Putzalagua

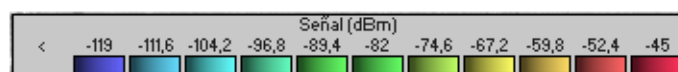


Figura 4. 39. Señal dBm Repetidor Putzalagua.

Se considera que la señal tiene un nivel bueno hasta $-96,8$ dBm(celeste), promedio hasta $-67,2$ dBm(amarillo) y excelente hasta -45 dBm(rojo) como se muestra en la gráfica. De esta manera se asegura la cobertura en la sede de la ESPE que tiene un enlace con esta repetidora y de los sectores a cubrir en el punto 4.2.

En la figura 4.40 se muestra la cobertura en la sede de ESPE Latacunga con la repetidora Putzalagua.

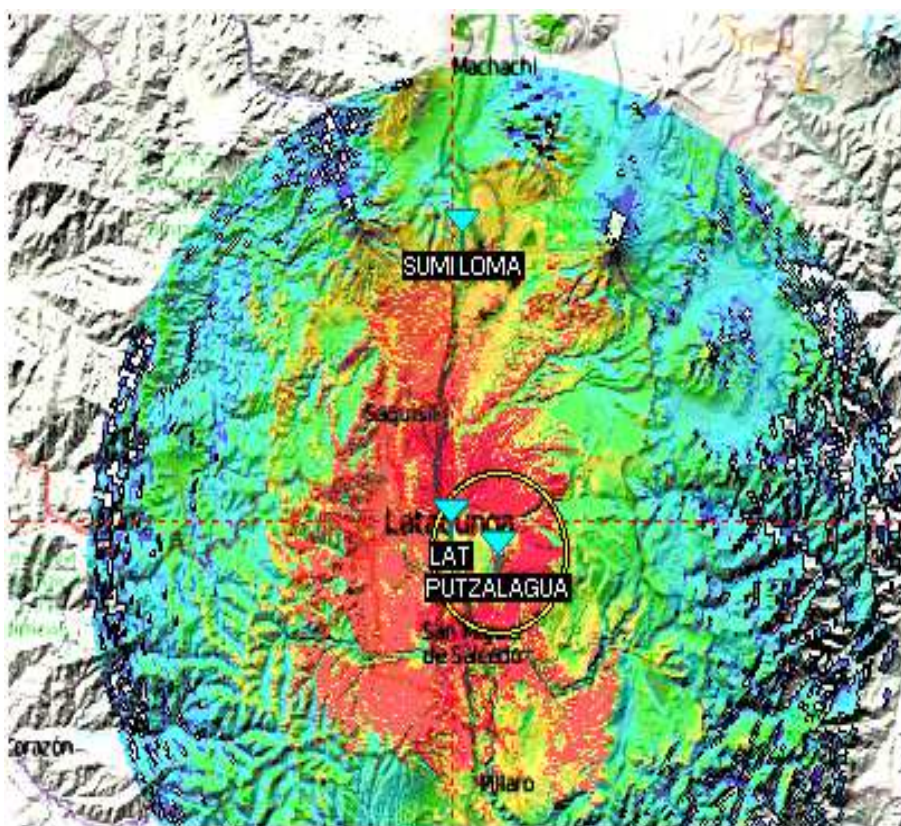


Figura 4. 40. Cobertura en la sede Latacunga con la repetidora Putzalagua.

4.6 Esquema de Direccionamiento IP para la Red Digital de Radiocomunicaciones

Para la utilización del espacio físico y la infraestructura de telecomunicaciones en los diferentes cerros del Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas, se debe respetar el

rango de direcciones asignado para cada una de las instituciones de acuerdo a la zona de ubicación del sitio a comunicar.

En la tabla 4.153, se muestra el rango de direcciones IP.

Tabla 4. 153. Rango de Direcciones IP

Orden	Región	Rango	Máscara
1	Norte -Centro	10.1.0.0 10.1.255.0	255.255.255.0
2	Centro-Occidental	10.2.0.0 10.2.255.0	255.255.255.0
3	Sur	10.3.0.0 10.3.255.0	255.255.255.0
4	Oriental	10.4.0.0 10.4.255.0	255.255.255.0
5	Reserva	10.5.0.0 10.8.255.0 10.0.0.0 10.0.255.0	255.255.255.0

Las regiones cubren las siguientes áreas:

1. Norte-Centro

- Comandancia
- Balvina
- Machachi
- ISSFA
- Riobamba

- Latacunga
2. Centro-Occidente
 - Guayaquil
 3. Sur
 - Machala
 - Cuenca
 - Loja
 4. Oriental
 - Coca
 - Pastaza

Como la infraestructura de telecomunicaciones del Comando Conjunto a utilizar se encuentra en los cerros de Cruz Loma, Atacazo, Chiguilpe Alto y Putzalagua; se procede a utilizar la dirección de red 10.1.0.0 con máscara de 255.255.255.0.

Para realizar el direccionamiento, se debe tener en cuenta que cada estación repetidora cuenta con su módulo de interfaz IP y su respectivo puente Ethernet en los cerros de Cruz Loma, Chiguilpe Alto y Putzalagua.

Para interconectar las diferentes sedes, en el cerro Atacazo, se tiene tres puentes inalámbricos de Ethernet, que apuntan a cada estación repetidora.

El dispositivo que permite interconectar las sedes la ESPE en Quito, Santo Domingo y Latacunga, mediante el uso de los puentes de Ethernet, es un switch de capa 3. Este dispositivo permite enviar los paquetes IP, los cuales contienen información de voz y datos, a las diferentes sedes. [16]

Para no desperdiciar direcciones IP, se utiliza el método de subneteo, el cual permite tener una mejor administración de red y reduce el tráfico de broadcast.

Para la red digital, se necesita de 4 direcciones IP por cada punto de comunicación, las mismas que corresponde a una dirección para la estación repetidora, dos direcciones para los dos puentes inalámbricos de Internet y una dirección para cada puerto del switch de capa 3 perteneciente a cada red. La dirección de subred para los equipos de acuerdo a su ubicación, se muestra en la tabla tabla 4. 154.

Tabla 4. 154. Subredes

Ubicación	Dirección de Subred	Máscara
Cruz Loma	10.1.0.0	255.255.255.248
Chiguilpe Alto	10.1.0.8	255.255.255.248
Putzalagua	10.1.0.16	255.255.255.248

En la tabla 4.155 a y b, se muestra la ubicación y el equipo con su correspondiente dirección IP, máscara de subred y gateway.

Tabla 4. 155. a Direccionamiento de la Red Digital

Ubicación	Equipo	Dirección IP	Máscara de Subred	Gateway
Cruz Loma	Repetidora Digital	10.1.0.1	255.255.255.248	10.1.0.2
Cruz Loma	Puente Ethernet 1	10.1.0.2	255.255.255.248	
Cruz Loma	Puente Ethernet 2	10.1.0.3	255.255.255.248	10.1.0.4
Chiguilpe	Repetidora	10.1.0.9	255.255.255.248	10.1.0.10

Alto	Digital			
------	---------	--	--	--

Tabla 4. 155. b Direccionamiento de la Red Digital

Chiguilpe Alto	Puente Ethernet 3	10.1.0.10	255.255.255.248	
Chiguilpe Alto	Puente Ethernet 4	10.1.0.11	255.255.255.248	10.1.0.12
Putzalagua	Repetidora Digital	10.1.0.17	255.255.255.248	10.1.0.18
Putzalagua	Puente Ethernet 5	10.1.0.18	255.255.255.248	
Putzalagua	Puente Ethernet 6	10.1.0.19	255.255.255.248	10.1.0.20
Atacazo	Switch -Fast Ethernet 1/0	10.1.0.4	255.255.255.248	
Atacazo	Switch - Fast Ethernet 2/0	10.1.0.12	255.255.255.248	
Atacazo	Switch - Fast Ethernet 2/0	10.1.0.20	255.255.255.248	

Para poder realizar el la interconexión entre las distintas sedes, se debe configurar el switch de capa 3.

Primero se debe crear tres VLANS, las cuales pertenecen a cada ubicación de la estación repetidora, como se muestra en la tabla 4.156.

Tabla 4. 156. Vlans de la Red

Ubicación	VLAN
Cruz Loma	1
Chiguilpe Alto	2
Putzalagua	3

Cabe mencionar, que los comandos a ingresar en las configuraciones del switch tiene la misma lógica aunque diferente sintaxis, dependiendo de la marca del switch.

El comando para la creación de vlans es el siguiente:

```
L3(config)#vlan 1
L3(config)#vlan 2
L3(config)#vlan 3
```

Como Segundo paso, una vez ya elegida la dirección IP y la interfaz Fast Ethernet que se utilizara para cada VLAN, se debe asignar al puerto el modo y el acceso a cada vlan, con los siguientes comandos:

```
L3(config)# interface range FastEthernet 1/0
L3(config-if-range)# switchport mode access    Modo del puerto Acceso
L3(config-if-range)# switchport access vlan 1   Acceso a la VLAN 1
L3(config-if-range)# exit
```

```
L3(config)# interface range FastEthernet 2/0
L3(config-if-range)# switchport mode access    Modo del puerto Acceso
L3(config-if-range)# switchport access vlan 2   Acceso a la VLAN 2
```

```
L3(config)# interface range FastEthernet 3/0
```

```
L3(config-if-range)# switchport mode access    Modo del puerto Acceso
```

```
L3(config-if-range)# switchport access vlan 3  Acceso a la VLAN 3
```

Como tercer paso asignamos direcciones IP, a cada interfaz Fast Ethernet de acuerdo a la tabla 4.157, con los siguientes comandos.

```
L3(config)# interface Vlan 1
```

```
L3(config-if)# ip address 10.1.0.4 255.255.255.248    Asignación Dirección IP
```

```
L3(config-if)# exit
```

```
L3(config)# interface Vlan 2
```

```
L3(config-if)# ip address 10.1.0.12 255.255.255.248    Asignación Dirección IP
```

```
L3(config-if)# exit
```

```
L3(config)# interface Vlan 3
```

```
L3(config-if)# ip address 10.1.0.20 255.255.255.248    Asignación Dirección IP
```

```
L3(config-if)# exit
```

Estas interfaces con su respectiva dirección IP, sirven de Gateway para los puentes Ethernet inalámbricos que interconectan a cada sede, los mismos que entre sus características principales soportan VLANs.

Como cuarto paso se procede a habilitar las funciones de capa 3, con el siguiente comando

L3(config)# ip routing Habilitar funciones de capa 3

Como paso final se procede a configurar enrutamiento estático para poder interconectar las sedes teniendo en cuenta que el Gateway para llegar a cada vlan de destino, es la dirección IP del puente Ethernet perteneciente a la respectiva vlan. Esto se lo realiza con el siguiente comando:

```
L3(config)# ip route 10.1.0.0 255.255.255.248 10.1.0.3
```

```
L3(config)# ip route 10.1.0.8 255.255.255.248 10.1.0.11
```

```
L3(config)# ip route 10.1.0.16 255.255.255.248 10.1.0.19
```

Una vez realizado correctamente esta configuración el switch de capa 3 se tendrá comunicación entre las distintas sedes de la ESPE.

El diagrama de la red digital de radiocomunicaciones de la ESPE con su respectivo direccionamiento IP, se muestra en la figura 4.41.

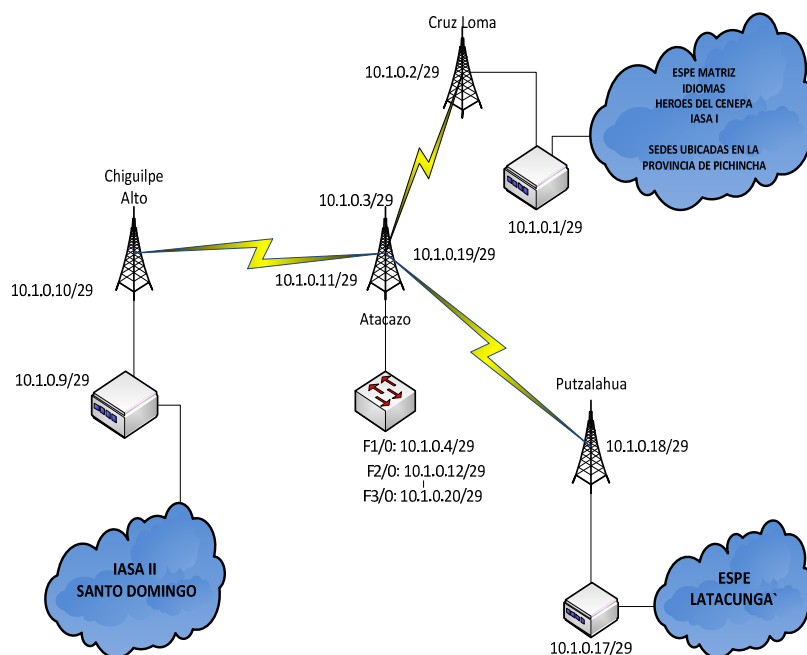







Figura 4. 41. Esquema de la Red de la Digital

En la tabla 4.157, se muestra la descripción de cada símbolo utilizado en el diagrama de la red digital.

Tabla 4. 157. Leyenda del Esquema de la Red

Leyenda	
Símbolo	Descripción
	Puente Ethernet Inalámbrico
	Repetidor Digital
	Switch de Capa 3
	Enlace entre Puente Ethernet Inalámbrico
	Sedes de la ESPE

4.7 Pruebas de campo

Para realizar las pruebas de las aplicaciones de la tecnología digital en las radiocomunicaciones, se siguió a detalle la Guía de Pruebas que se encuentra en el Anexo 3, en la cual constan las características de los equipos de radiocomunicaciones a utilizar, el procedimiento y actividades a seguir en las diferentes pruebas a realizar.

Los objetivos a alcanzar con estas pruebas son los siguientes:

- Demostrar de forma práctica las ventajas que la tecnología digital ofrece en las radiocomunicaciones
- Familiarizarse con el software FLAV 1.0 para su correcta utilización.
- Documentar los resultados obtenidos de las aplicaciones digitales realizadas en el entorno de la ESPE.

Cabe destacar que la marca de los equipos digitales utilizados en la práctica es Kenwood, debido a que la empresa auspiciante de la tesis es MaxiGrup, la cual facilitó toda la infraestructura para realizar la prueba.

Como primer paso se procede a la implementación del sistema de la sala de Control y Monitoreo, el cual consta de los siguientes equipos:

- **Antena/ Receptor GM158DB9**



Figura 4. 42. Antena receptora GM158DB9 – comunicación digital

- **Radio Base Digital NX-810**

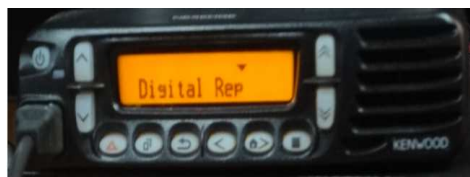


Figura 4. 43. Radio Base Digital NX-810

- **Fuente de Poder KPS-15**



Figura 4. 44. Fuente de Poder

- **Software FLAV 1.0 instalado en una PC con puerto serial.**

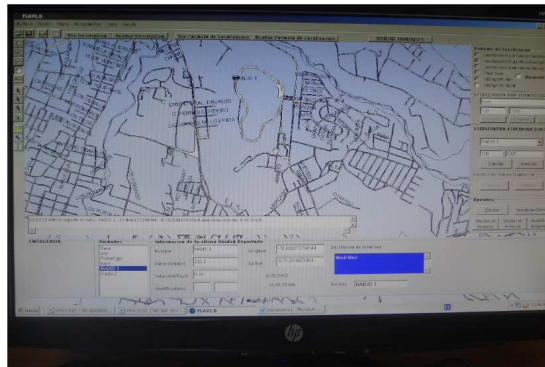


Figura 4. 45. Software FLAV 1.0

El entorno global de la sala de Control y Monitoreo con todos los equipos a utilizar es el que se muestra en la figura 4.46.

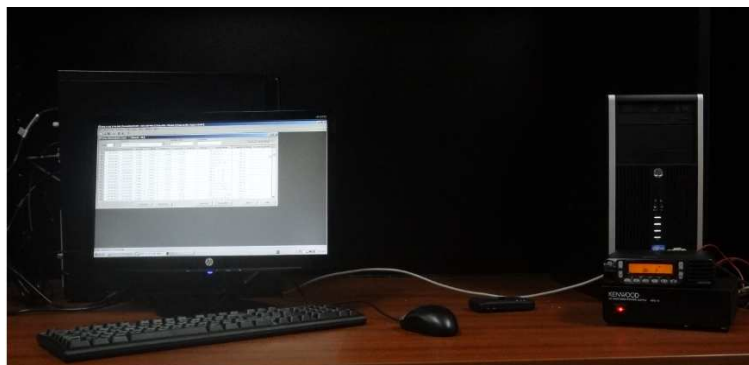


Figura 4. 46. Sala de Control y Monitoreo

Adicionalmente, se muestra la radio portátil digital y la radio móvil digital instalada en el vehículo, las mismas que se utilizarán en las pruebas, como se muestra en la figura 4.47.



Figura 4. 47. Radio portátil digital y radio móvil digital para equipar en el vehículo

La figura 4.48 muestra el vehículo de la empresa auspiciante del proyecto MaxiGroup que fue utilizado para la realización de las pruebas GPS de la radio digital.



Figura 4. 48. Vehículo equipado con sistema de radio digital para las pruebas de campo.

Como segundo paso, se procede a verificar las conexiones y programación tanto de los equipos de la sala de control y monitoreo así como el de la radio portátil digital y de la radio móvil digital instalada en el vehículo, como se observa en la figura 4.49.

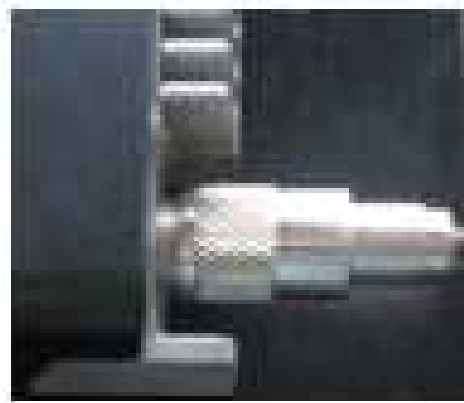


Figura 4. 49. Conexión de la radio base con el conector de la Antena GPS en el vehículo

La figura 4.50 muestra la verificación de las conexiones en la sala de monitoreo y control.



Figura 4. 50. Verificación de las conexiones en la Sala de Monitoreo y Control

Para verificar la programación de la radio base, móvil se utiliza el software KPG-111D [NX-800/800H[Mobile]]. Aquí se puede observar que se encuentran

programados efectivamente dos canales tanto para la prueba en comunicación simplex como para la prueba utilizando la repetidora ubicada en el cerro Pichincha.

Estos son digitales ya que en la columna CH Type están las siglas NXDN las cuales indican que el canal es de tipo digital. En la tabla 4.158 se resume los valores de las frecuencias de transmisión y recepción, ancho del canal, a los cuales los equipos deben estar programados.

Tabla 4. 158. Principales valores a los cuales los equipos digitales están programados.

Nombre del Canal	Frec Tx(MHz)	Frec Rx(MHz)	Ancho del Canal(Khz)	Tipo Comunicación
Digital Sx	450,5125	450,5125	12,5	Simplex
Digital Rep	444,9125	449,9125	6,25	Half- Duplex (Con Repetidora)

En la figura 4.51, se verifica que las radios están programadas en las frecuencias mencionadas y que en la columna de Ch Spacing (NXDN), estos equipos trabajan en Narrow y Very Narrow, lo que significa que trabajan a valores de ancho del canal de 12,5 y 6,25 kHz respectivamente.

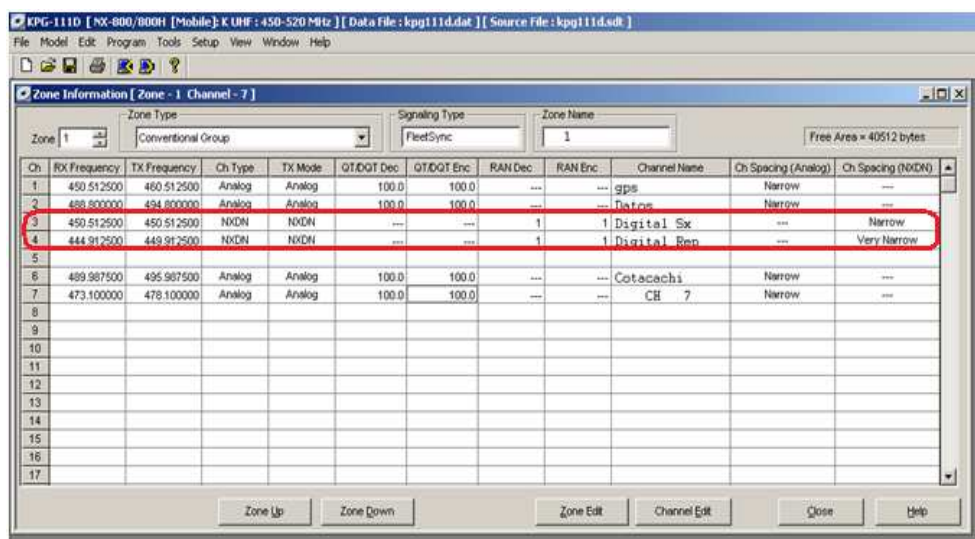


Figura 4. 51. Verificación de la programación de los radios digitales.

Una vez realizados los dos pasos anteriores y con el sistema funcionando correctamente, se procede a ejecutar el programa FLAV 1.0.

Para todas las pruebas, sin excepción primero se debe ubicar las unidades dando click en el botón que se indica en la figura 4.52.

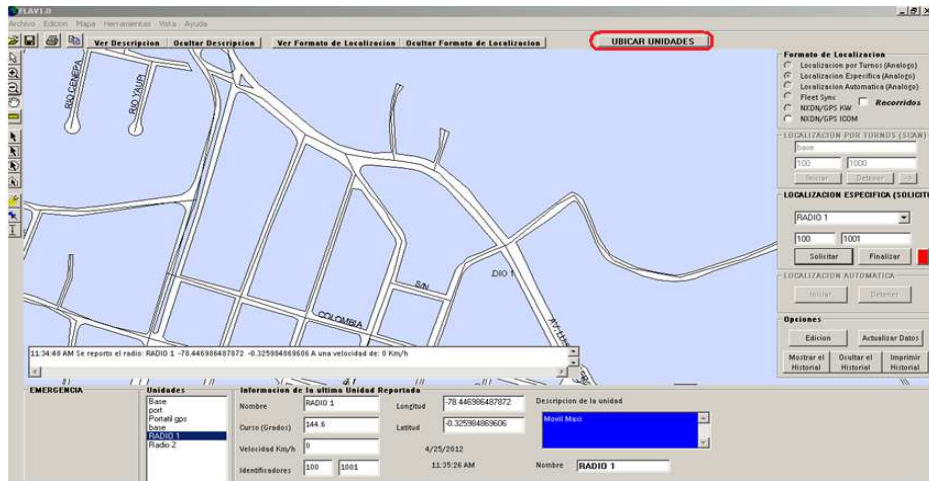


Figura 4. 52. Ubicación de unidades – Software Flav 1.0.

Una vez que se tiene un listado de todas las unidades, se debe presionar el botón del PTT del micrófono de los radios máximo tres veces para determinar una posición válida de las mismas; debido a que en el primer intento no se puede obtener una posición válida y sale el siguiente mensaje en el programa, como se muestra en la figura 4.53.

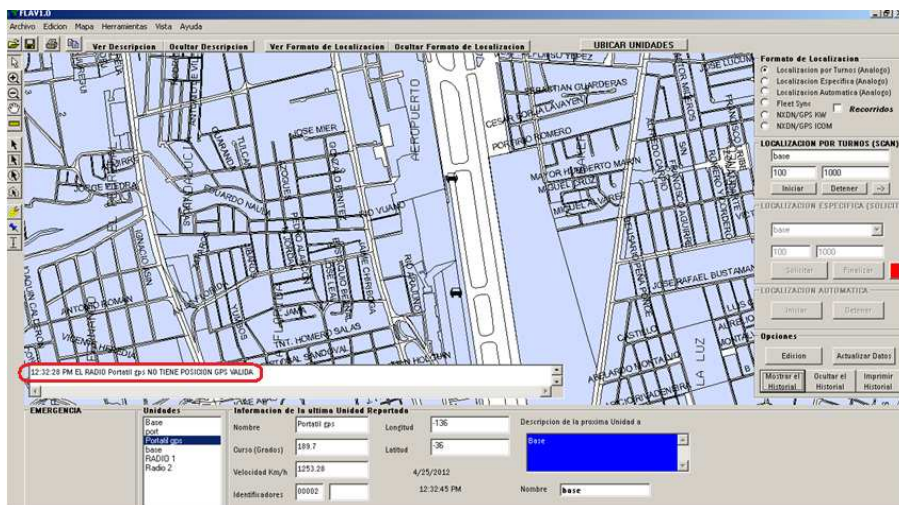


Figura 4. 53. Proceso de ubicación correcta de los vehículos en los mapas.

Cuando la unidad tiene una posición correcta se procede a realizar las siguientes pruebas:

4.7.1 Localización vehicular con puntos específicos

Para esta prueba, se procede como se describe en el desarrollo de actividades de la Guía de Pruebas del ANEXO 3, realizada en los predios de la ESPE matriz:

➤ Comunicación Simplex

Aquí, el personal designado se trasladó a las diferentes ubicaciones dentro de la ESPE, previamente establecidas en la hoja guía de las pruebas. De acuerdo a cada ubicación, se procedió a presionar el botón de PTT del micrófono y se obtuvo la posición GPS, la misma que se muestra en el display del radio portátil. Lo cual se verifica en el software de control y monitoreo FLAV 1.0, como se muestra en las siguientes figuras:

- **Transportes de la ESPE**

La figura 4.54 muestra la prueba de GPS en la radio móvil, con comunicación Simplex en la Unidad de Transportes.



Figura 4. 54. Pruebas de ubicación GPS – comunicación Simplex – Unidad de transportes.

La figura 4.55 muestra la prueba de GPS en la ventana de mapa del software Flav 1.0, con comunicación Simplex en la Unidad de Transportes.

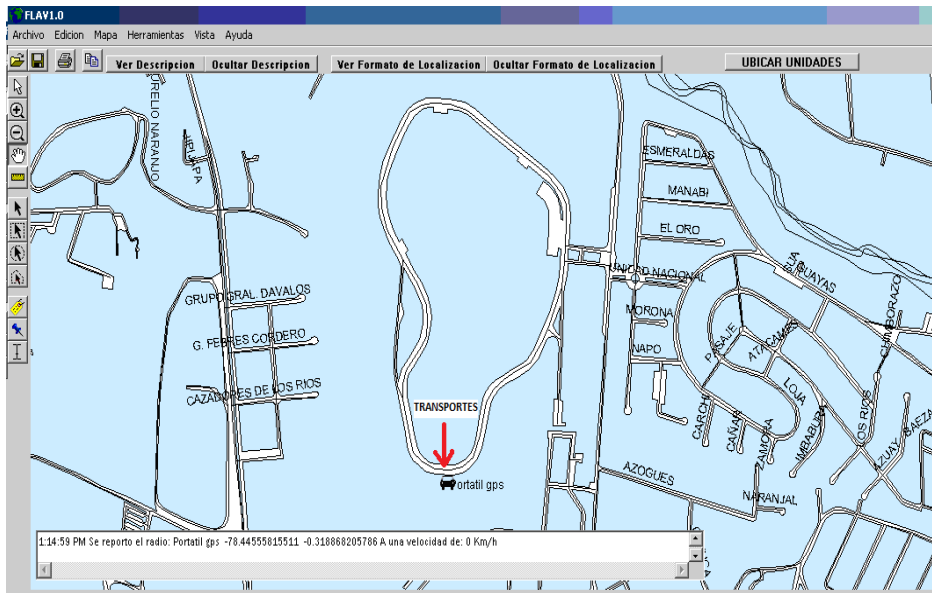


Figura 4. 55. Recepción de posición GPS de la radio portátil - mapa software Flav 1.0.

- **Residencia Universitaria**

La figura 4.56 muestra la prueba de GPS en la radio móvil, con comunicación Simplex en la Residencia Universitaria.



Figura 4. 56. Pruebas de ubicación GPS – comunicación Simplex – Residencia Universitaria

La figura 4.57 muestra la prueba de GPS en la ventana de mapa del software Flav 1.0, con comunicación Simplex en la Residencia Universitaria.

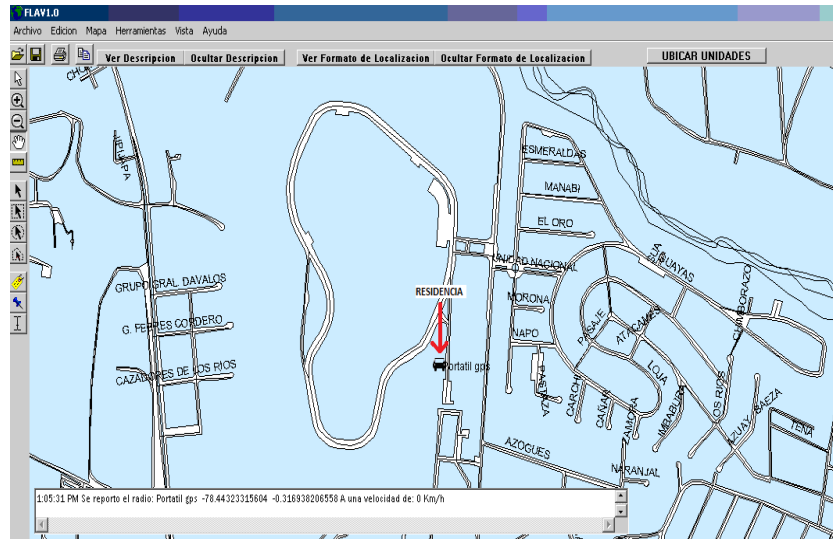


Figura 4. 57. Recepción de posición GPS de la radio portátil - mapa software Flav 1.0.

- **Monumento de la Cruz cerca de los predios de los laboratorios de Electrónica**

La figura 4.58 muestra la prueba de GPS en la radio móvil, con comunicación Simplex en el monumento Cruz.



Figura 4. 58. Pruebas de ubicación GPS – comunicación Simplex – Monumento Cruz

La figura 4.59 muestra la prueba de GPS en la ventana de mapa del software Flav 1.0, con comunicación Simplex en el monumento Cruz..

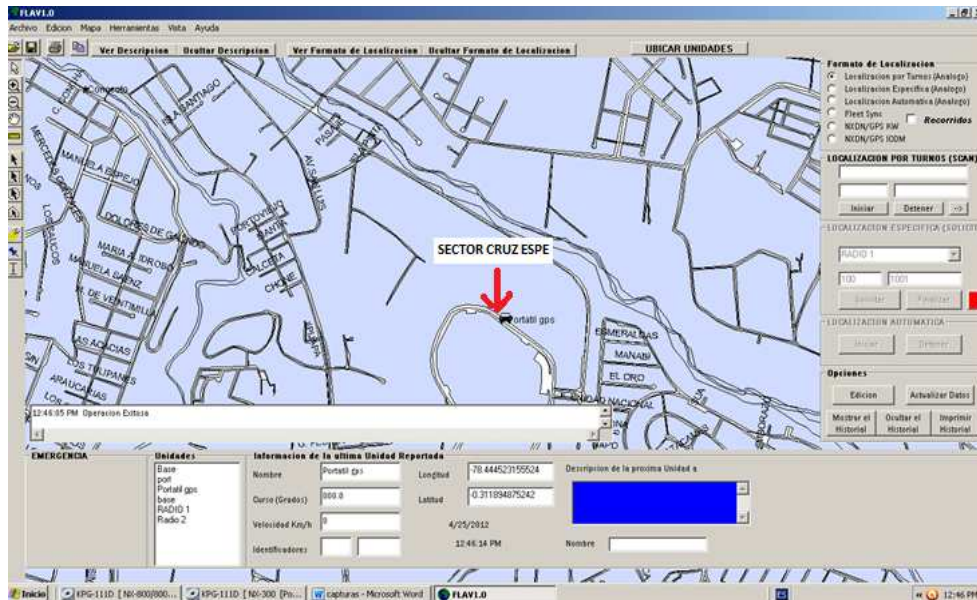


Figura 4. 59. Recepción de posición GPS de la radio portátil - mapa software Flav 1.0.

- Comedor Universitario

La figura 4.60 muestra la prueba de GPS en la radio móvil, con comunicación Simplex en el monumento comedor universitario.



Figura 4. 60. Pruebas de ubicación GPS – comunicación Simplex – Comedor Universitario.

La figura 4.61 muestra la prueba de GPS en la ventana de mapa del software Flavi 1.0, con comunicación Simplex en el comedor universitario.

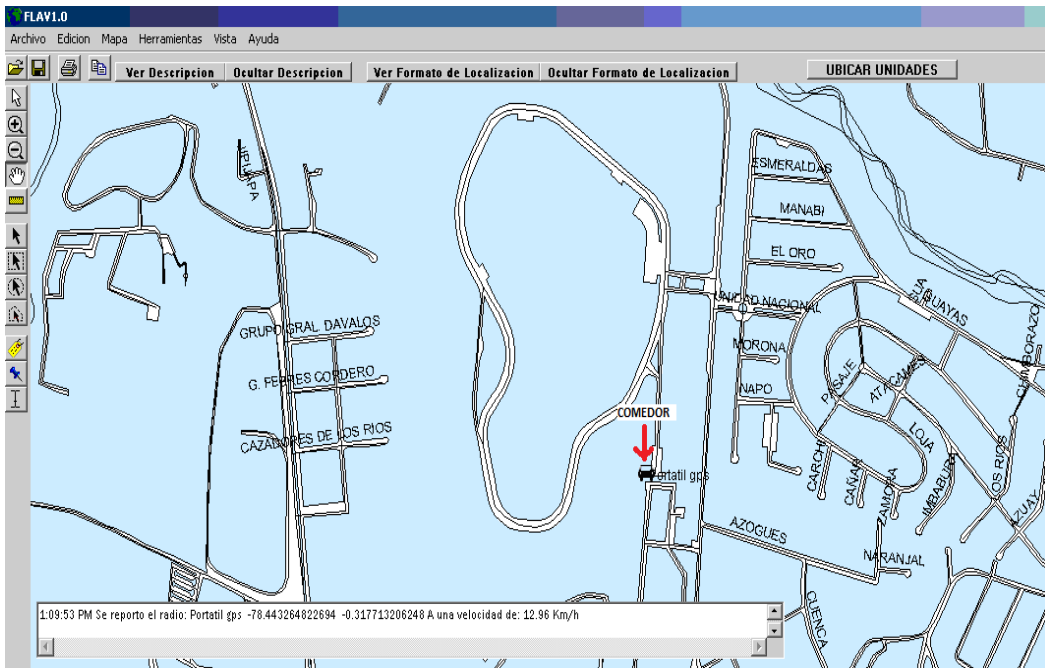


Figura 4. 61. Recepción de posición GPS de la radio portátil - mapa software Flavi 1.0.

- **Parqueaderos del bar**

La figura 4.62 muestra la prueba de GPS en la radio móvil, con comunicación Simplex en el parqueadero del bar.



Figura 4. 62. Pruebas de ubicación GPS – comunicación Simplex – Parqueaderos del bar.

La figura 4.63 muestra la prueba de GPS en la ventana de mapa del software Flav 1.0, con comunicación Simplex en el parqueadero del Bar.

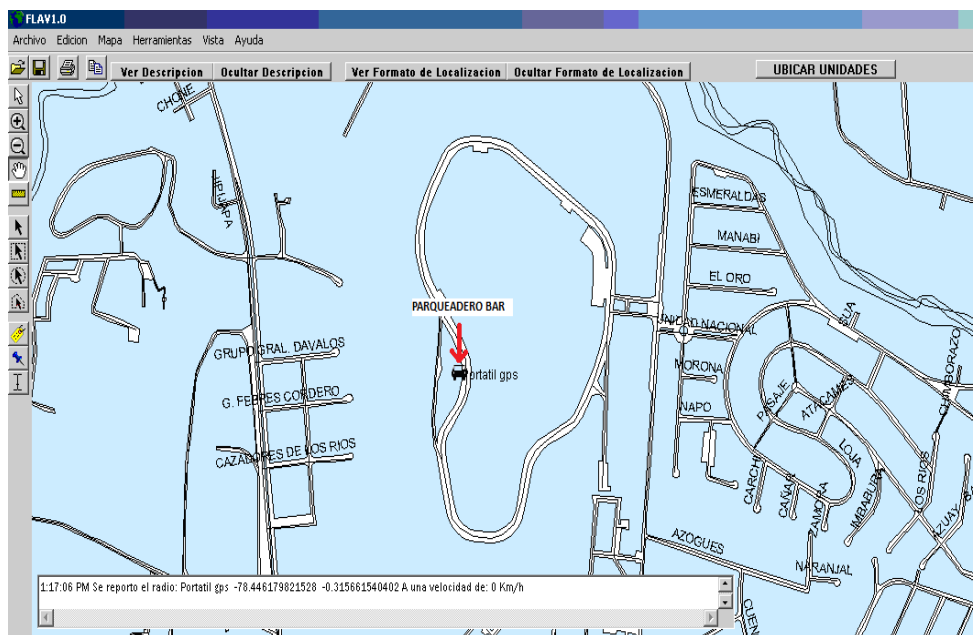


Figura 4. 63. Recepción de posición GPS de la radio portátil - mapa software Flav 1.0.

- **Prevención**

La figura 4.64 muestra la prueba de GPS en la radio móvil, con comunicación Simplex en la prevención de la ESPE matriz.



Figura 4. 64. Pruebas de ubicación GPS – comunicación Simplex – Prevención.

La figura 4.65 muestra la prueba de GPS en la ventana de mapa del software Flav 1.0, con comunicación Simplex en la prevención de la ESPE matriz.

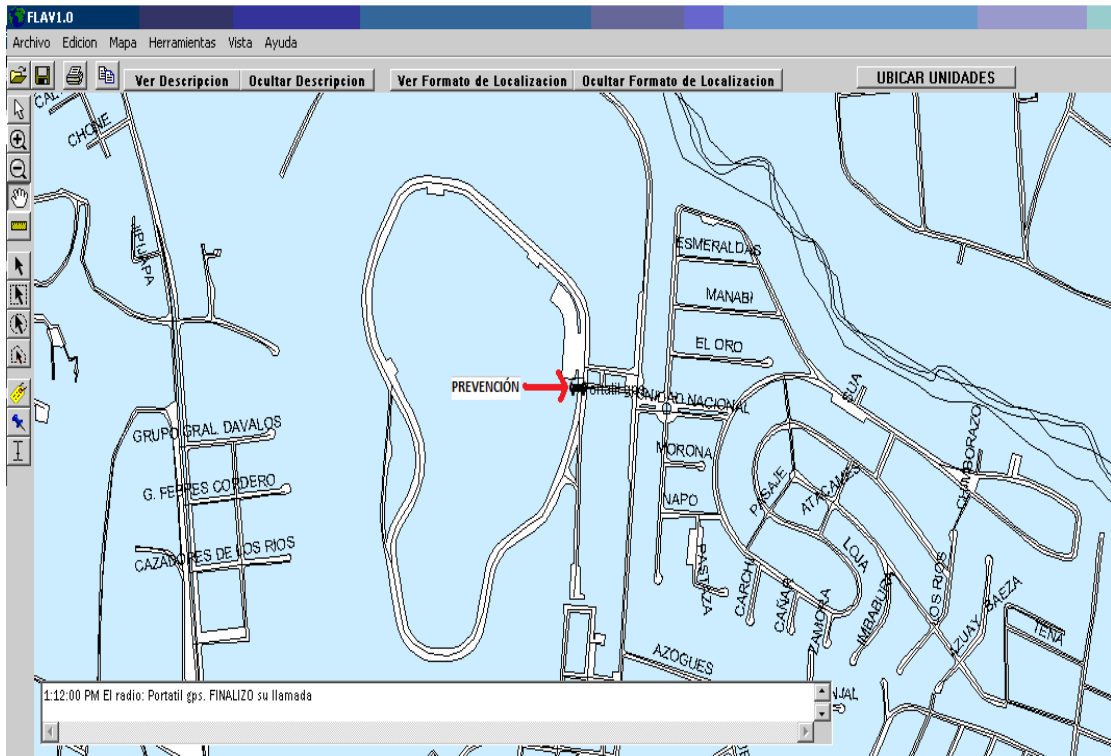


Figura 4. 65. Recepción de posición GPS de la radio portátil - mapa software Flav 1.0.

➤ Comunicación mediante la Repetidora en el Cerro Pichincha

En esta prueba se utilizó la unidad vehicular de Grupo Maxi, sin embargo al comenzar la misma, el automotor sufrió un fallo mecánico y su opto por movilizarse en un vehículo con personal de la empresa auspiciante de la tesis, y se procedió a la instalación de la radio portátil digital para realizar las pruebas fuera de la ESPE en los sitios ya establecidos en la Guía de la Prueba del Anexo 3.

De acuerdo a la ubicación, se presionó el botón PTT del micrófono y se obtuvo la posición GPS, la misma que se muestra en el display del radio. Esta se verifica en el software de control y monitoreo FLAV 1.0, como se muestra en las siguientes figuras:

- **Monumento El Choclo.**

La figura 4.66 muestra la prueba de GPS en radio móvil, con comunicación Half-duplex en el monumento El Choclo.



Figura 4. 66. Pruebas de ubicación GPS – comunicación mediante repetidora – Monumento El Choclo.

La figura 4.67 muestra la prueba de GPS en la ventana de mapa del software Flav 1.0, con comunicación Half-duplex en el monumento El Choclo.

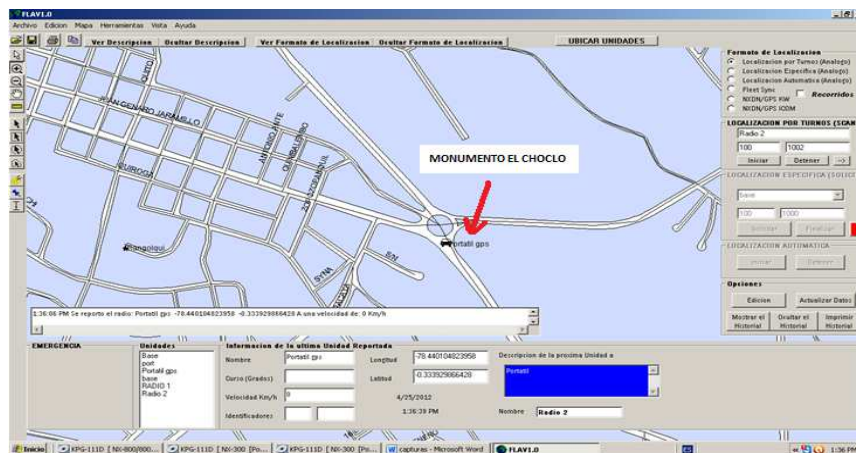


Figura 4. 67. Recepción de posición GPS de la radio portátil - mapa software Flav 1.0.

- **San Luis Shopping**

La figura 4.68 muestra la prueba de GPS en la radio móvil, con comunicación Half-duplex en el parqueadero del centro comercial San Luis Shopping



Figura 4. 68. Pruebas de ubicación GPS – comunicación mediante repetidora – San Luis Shopping.

La figura 4.69 muestra la prueba de GPS en la ventana de mapa del software Flav 1.0, con comunicación Half-duplex en el centro comercial San Luis Shopping.

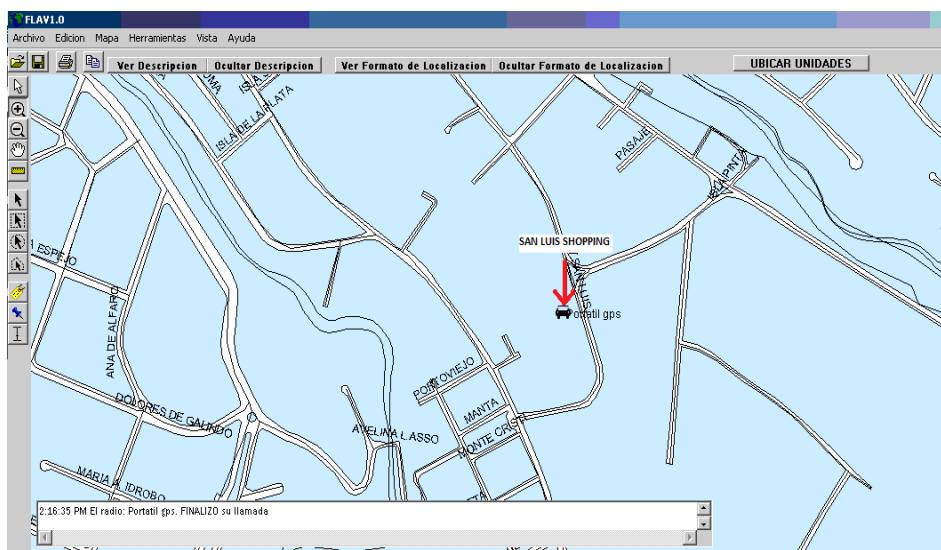


Figura 4. 69. Recepción de posición GPS de la radio portátil - mapa software Flav 1.0.

- **Bomba de gasolina PUMA vía monumento Colibrí**

La figura 4.70 muestra la prueba de GPS en la radio móvil digital, con comunicación Half-duplex en la gasolinera Puma.



Figura 4. 70. Pruebas de ubicación GPS – comunicación mediante repetidora – Gasolinera Puma.

La figura 4.71 muestra la prueba de GPS en la ventana de mapa del software Flav 1.0, con comunicación Half-duplex en la gasolinera Puma.

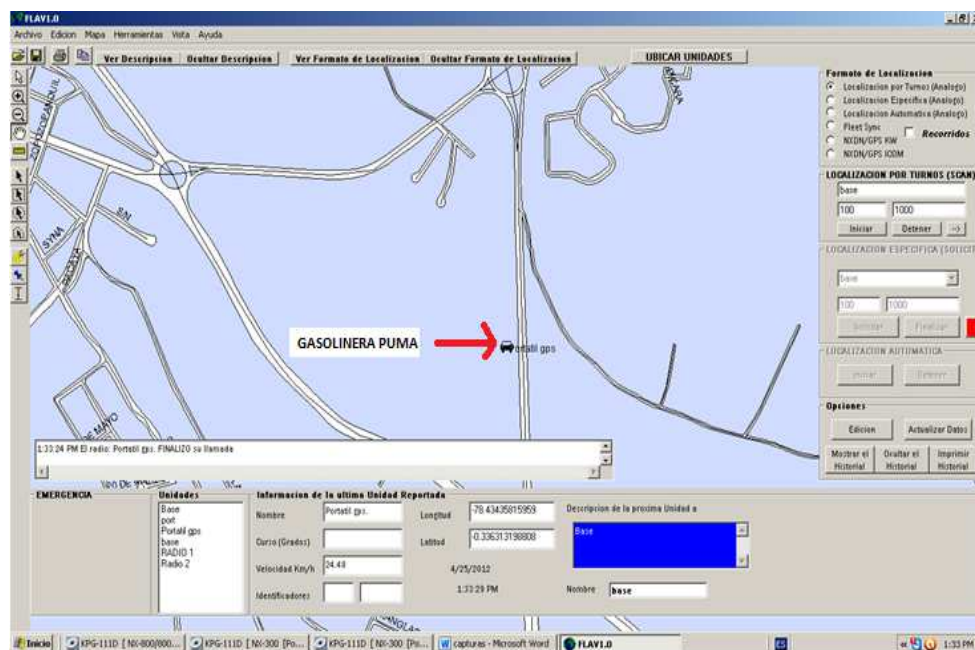


Figura 4. 71. Recepción de posición GPS de la radio portátil - mapa software Flav 1.0.

- **Conocoto - Parque**

La figura 4.72 muestra la prueba de GPS en la radio móvil digital, con comunicación Half-duplex en el parque de Conocoto.



Figura 4. 72. Pruebas de ubicación GPS – comunicación mediante repetidora – Parque - Conocoto.

La figura 4.73 muestra la prueba de GPS en la ventana de mapa del software Flav 1.0, con comunicación Half-duplex en el parque de Conocoto.

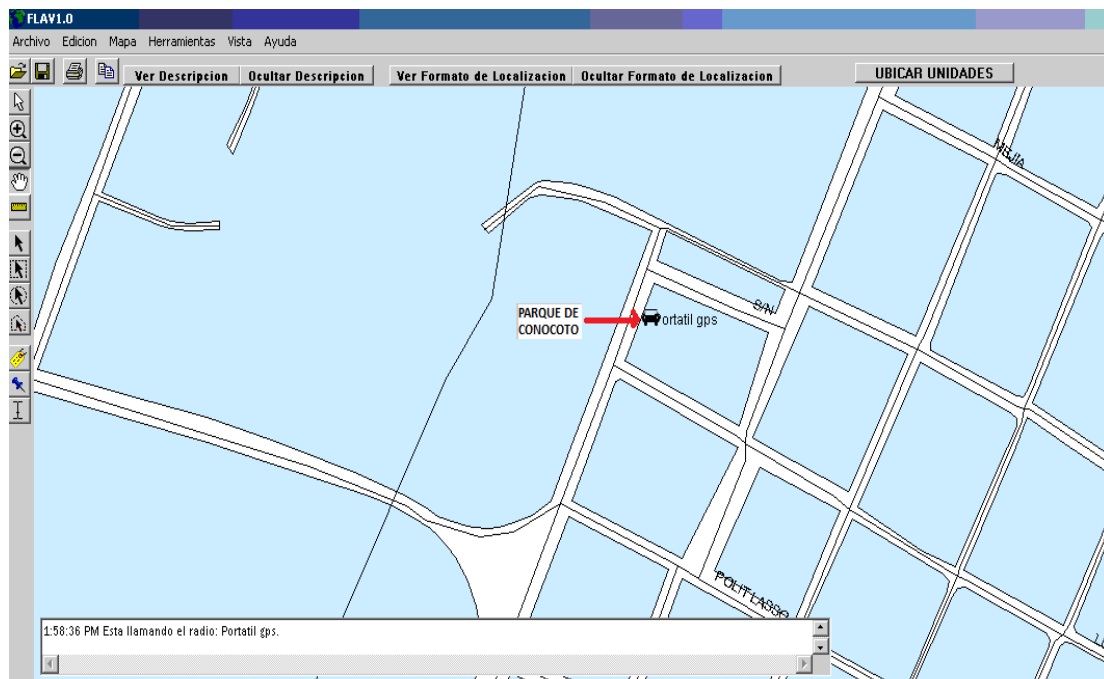


Figura 4. 73. Recepción de posición GPS de la radio portátil - mapa software Flav 1.0.

- **Autopista General Rumiñahui cerca al Puente 8**

La figura 4.74 muestra la prueba de GPS en la radio móvil digital, con comunicación Half-duplex en la autopista General Rumiñahui .



Figura 4. 74. Pruebas de ubicación GPS – comunicación mediante repetidora – Autopista General Rumiñahui.

La figura 4.75 muestra la prueba de GPS en la ventana de mapa del software Flav 1.0, con comunicación Half-duplex en la pista General Rumiñahui..

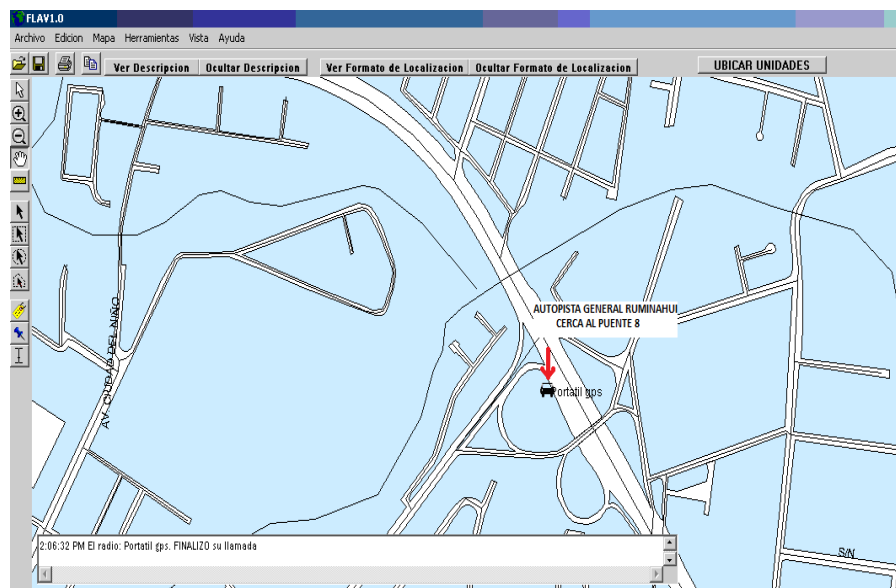


Figura 4. 75. Recepción de posición GPS de la radio portátil - mapa software Flav 1.0.

4.7.2 Envío de mensajes de texto

Para realizar esta prueba, se procede como se describe en el desarrollo de actividades de la Guía de Pruebas.

En esta prueba, se enviaron dos tipos de mensajes de texto. El primero es un mensaje de texto predefinido o preprogramado entre el radio portátil y la sala de control y monitoreo. Para realizar esto, se debe seguir los siguientes pasos:

Primero, en el programa FLAV 1.0, se debe elegir el formato de localización NXDN/ GPS KW debido a que se utilizaron en la prueba equipos digitales Kenwood. Una vez que se elige el formato mencionado aparece la ventana, en la cual se puede seleccionar la unidad a la que se desea enviar los mensajes de texto predefinidos o preprogramados, dando click en GPS NXDN, en este caso Portátil gps(100, 1002):

La figura 4.76 muestra la selección de formato de localización de radio para envío de mensajes.

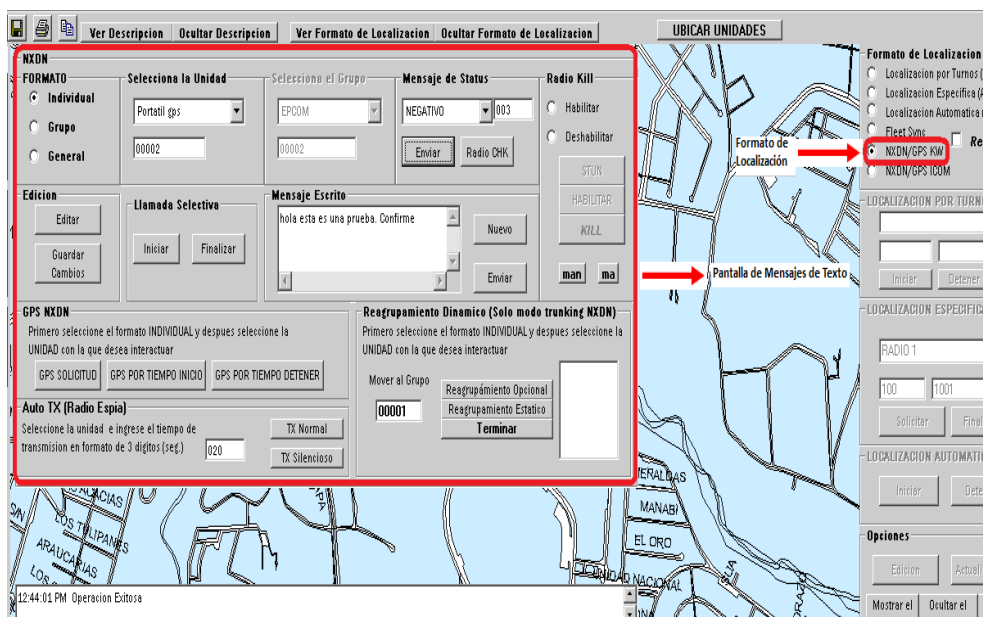


Figura 4. 76. Selección de formato de localización y radio para envío de mensajes.

Adicionalmente, se debe programar en los radios digitales, en la opción de Status List, los campos de Status, Status Name, para que el equipo pueda reconocer el mensaje de status, como se muestra en la figura 4.77.

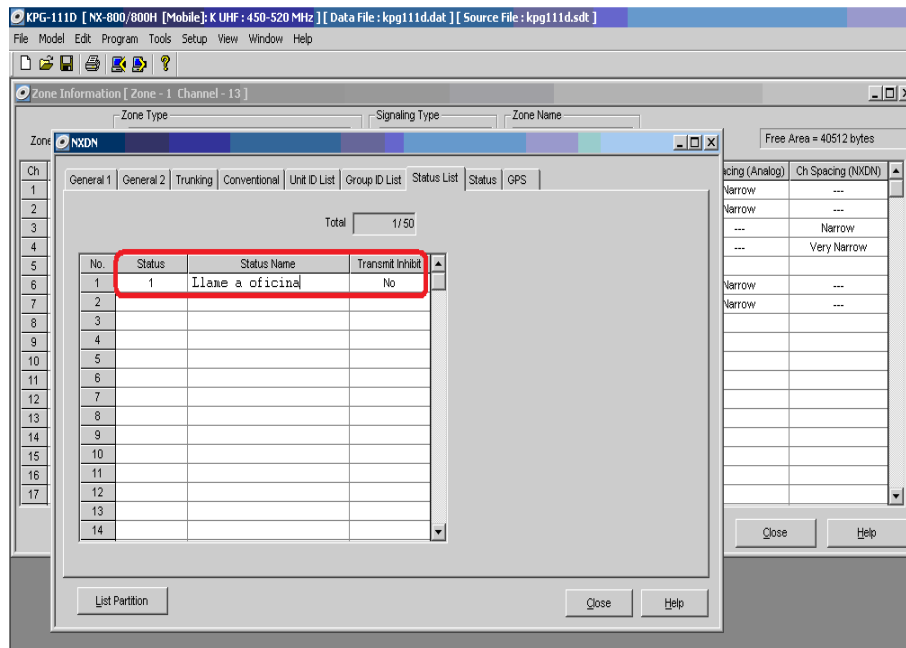


Figura 4. 77. Programación de Status List para envío de mensajes.

Una vez realizado esto, se procede a seleccionar en el programa en la opción mensaje de status, el mensaje de status o preprogramado a enviar, como se muestra en la figura 4.78.

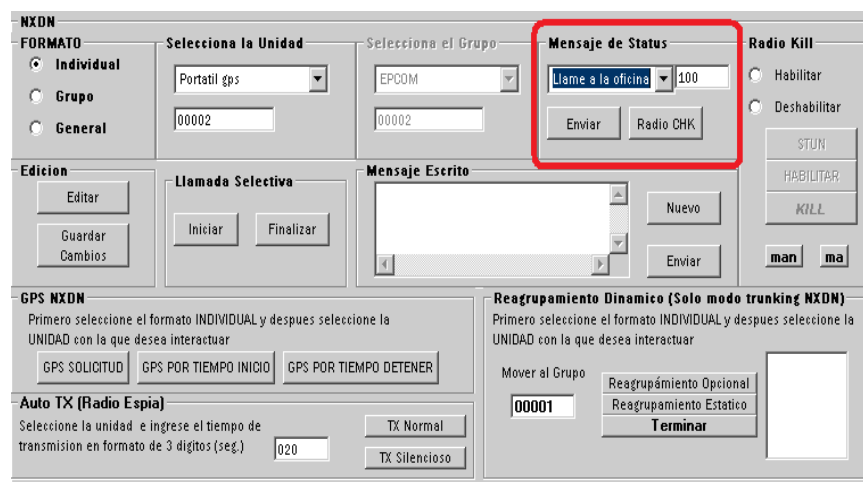


Figura 4. 78. Selección de mensaje de Status para enviar.

El segundo tipo es un mensaje de texto no definido. El programa FLAV 1.0 permite enviar mensajes de hasta 42 caracteres, impidiendo el ingreso de un número mayor dentro de la pantalla.

Como primer paso se debe seleccionar la unidad dando click en GPS NXDN, Portátil gps (100, 1002). Una vez realizado esto se procede a escribir el mensaje en la ventana de la opción Mensaje Escrito.

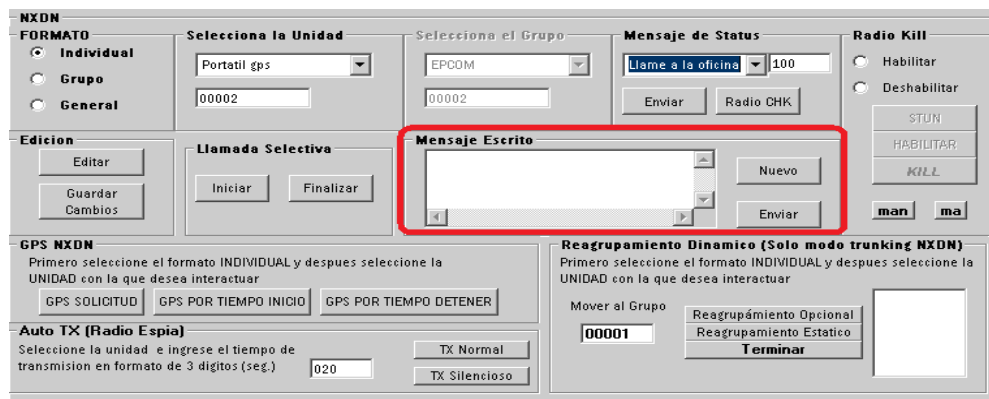


Figura 4. 79. Selección de unidad y llenado de campo de mensaje a enviar

En los dos tipos de mensajes, una vez que se presiona el botón de enviar en el programa aparece en el historial del mismo la frase Operación exitosa cuando el mensaje ha llegado a su destino.

Como se menciona en la Guía de Pruebas que se adjunta en el Anexo B, se realiza el envío de mensajes de texto en:

- **Comunicación Simplex**

Aquí, el personal designado se trasladó a las diferentes ubicaciones dentro de la ESPE. Desde la sala de control se envió el mensaje preprogramado o de status, “Llamar a la oficina”, como se muestra en la figura 4.80.

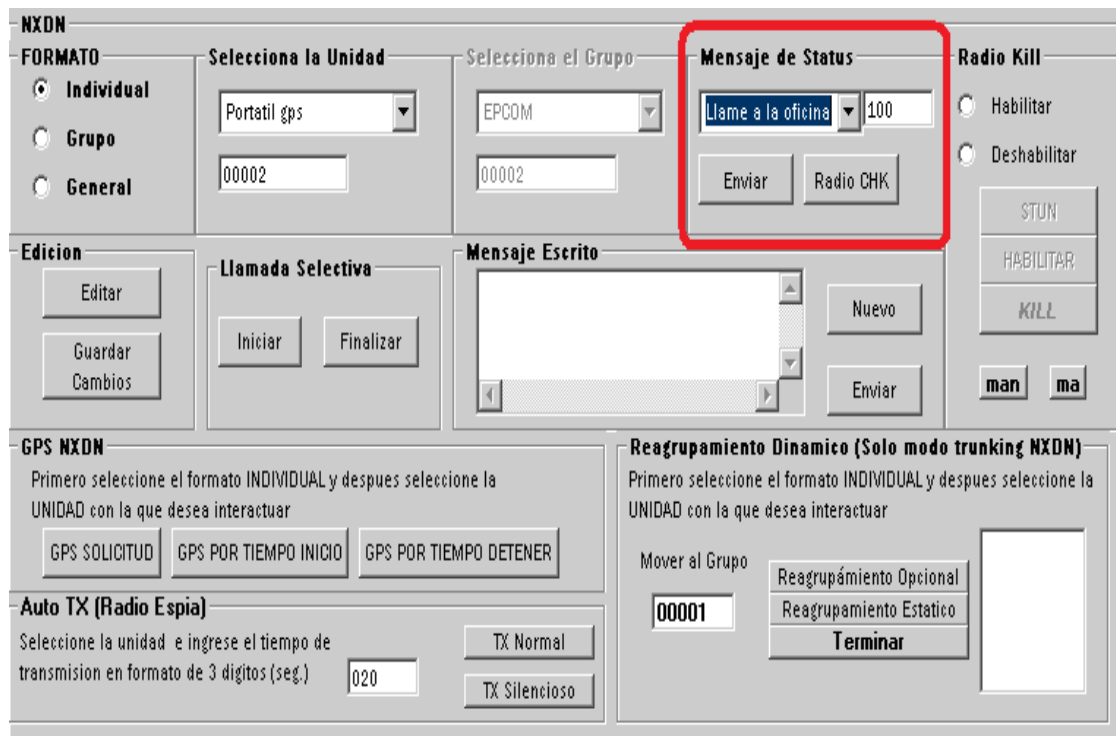


Figura 4. 80. Envío de mensaje de Status (Llamar a la oficina)– comunicación Simplex

En este caso en el monumento de la Cruz cerca de los predios de los laboratorios de Electrónica, se recibió de manera inmediata el mensaje preprogramado Llamar a oficina.

La figura 4.81 muestra la recepción de mensaje de Status (Llamar a la oficina).



Figura 4. 81. Recepción de mensaje de Status (Llamar a la oficina)– comunicación Simplex

El mismo mensaje fue enviado a las demás puntos a analizar de la Guía de Pruebas.

También, desde la sala de control se envió el mensaje de texto no definido, “desde el computador se envía el mensaje”, como se muestra en la figura 4.82.

The screenshot displays the NXDN control interface with the following sections:

- FORMATO:** Radio buttons for Individual (selected), Grupo, and General.
- Selección de Unidad:** Dropdown menu set to 'Portatil gps' and a text field containing '00002'.
- Selección de Grupo:** Dropdown menu set to 'EPCOM' and a text field containing '00002'.
- Mensaje de Status:** Dropdown menu set to 'NEGATIVO' and a text field containing '003'. Includes 'Enviar' and 'Radio CHK' buttons.
- Radio Kill:** Radio buttons for 'Habilitar' and 'Deshabilitar', along with 'STUN', 'HABILITAR', 'KILL', 'man', and 'ma' buttons.
- Edición:** 'Editar', 'Guardar', and 'Cambios' buttons.
- Llamada Selectiva:** 'Iniciar' and 'Finalizar' buttons.
- Mensaje Escrito:** A text area containing 'desde el computador se envía el mensaje', with 'Nuevo' and 'Enviar' buttons. This section is highlighted with a red border.
- GPS NXDN:** Instructions and buttons for 'GPS SOLICITUD', 'GPS POR TIEMPO INICIO', and 'GPS POR TIEMPO DETENER'.
- Auto TX (Radio Espia):** Instructions and buttons for 'TX Normal' and 'TX Silencioso', with a text field containing '020'.
- Reagrupamiento Dinámico (Solo modo trunking NXDN):** Instructions, 'Mover al Grupo' text field with '00001', and buttons for 'Reagrupamiento Opcional', 'Reagrupamiento Estático', and 'Terminar'.

Figura 4. 82. Envío de mensaje no definido – comunicación Simplex

En este caso en el monumento de la Cruz, se recibió de manera inmediata el mensaje no definido “desde el computador se envía el mensaje”.

La figura 4.83, muestra la recepción de mensaje no definido.



Figura 4. 83. Recepción de mensaje no definido – comunicación simplex

- **Comunicación mediante la Repetidora en el Cerro Pichincha**

Esta prueba se realizó en un vehículo con personal de la empresa auspiciante de la tesis, quien se encargó de llevar la radio portátil digital para realizar las pruebas fuera de la ESPE, es decir en los distintos puntos para analizar de la Guía de Pruebas.

Desde la sala de control se envió el mensaje preprogramado o de status, “Llamar a la oficina”, como se observa en la figura 4.84.

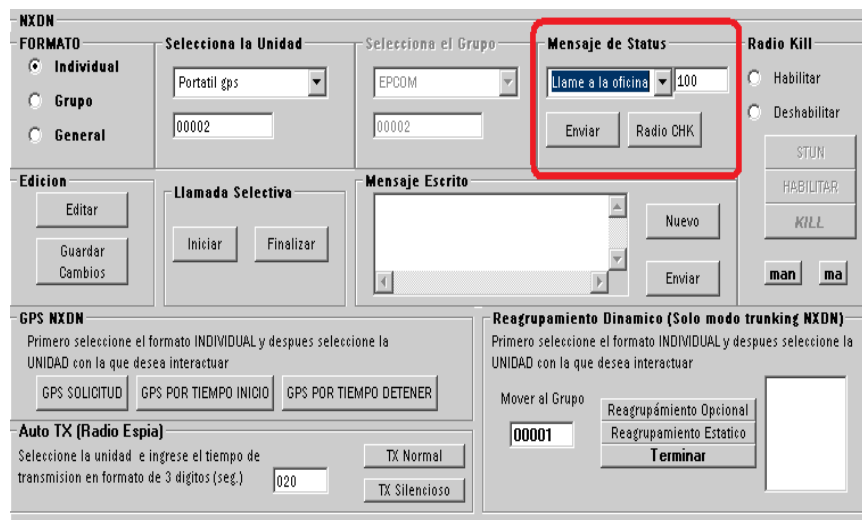


Figura 4. 84. Envío de mensaje de Status (Llamar a la oficina)– comunicación repetidora

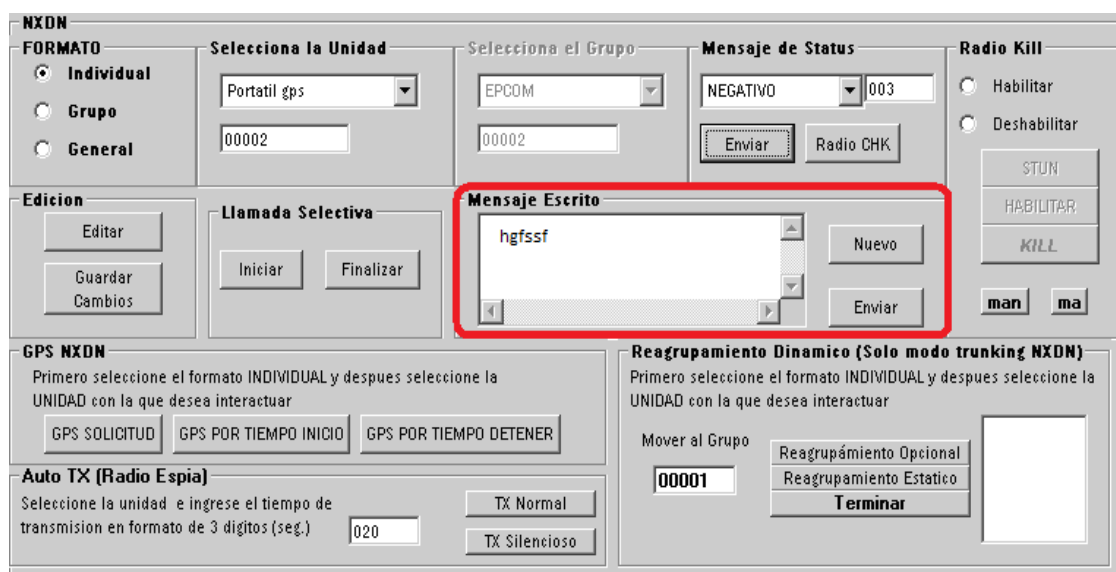
En este caso en el monumento del Choclo, se recibió de manera inmediata el mensaje preprogramado Llamar a oficina, como se observa en la figura 4.85.



Figura 4. 85. Recepción de mensaje de Status (Llamar a la oficina)- comunicación repetidora

El mismo mensaje fue enviado a las demás puntos para analizar de la Guía de Pruebas.

También, desde la sala de control se envió el mensaje de texto no definido, “hgfssf”, como se muestra en la figura 4.86.



The image shows a software interface for NXDN (Next Generation Digital Network) control. The interface is divided into several sections:

- FORMATO:** Radio buttons for Individual (selected), Grupo, and General.
- Selección de Unidad y Grupo:** Dropdown menus for 'Portatil gps' and 'EPCOM', with a text field containing '00002'.
- Mensaje de Status:** A dropdown menu set to 'NEGATIVO' and a text field with '003'. Buttons for 'Enviar' and 'Radio CHK' are present.
- Radio Kill:** Radio buttons for 'Habilitar' and 'Deshabilitar', and buttons for 'STUN', 'HABILITAR', and 'KILL'.
- Edición:** Buttons for 'Editar', 'Guardar', and 'Cambios'.
- Llamada Selectiva:** Buttons for 'Iniciar' and 'Finalizar'.
- Mensaje Escrito:** A text area containing 'hgfssf', highlighted with a red box. Buttons for 'Nuevo' and 'Enviar' are next to it.
- GPS NXDN:** Instructions and buttons for 'GPS SOLICITUD', 'GPS POR TIEMPO INICIO', and 'GPS POR TIEMPO DETENER'.
- Auto TX (Radio Espia):** Instructions and buttons for 'TX Normal' and 'TX Silencioso', with a text field containing '020'.
- Reagrupamiento Dinámico (Solo modo trunking NXDN):** Instructions, a 'Mover al Grupo' text field with '00001', and buttons for 'Reagrupamiento Opcional', 'Reagrupamiento Estático', and 'Terminar'.

Figura 4. 86. Envío de mensaje no definido – comunicación repetidora

En este caso en el monumento del Choclo, se recibió de manera inmediata el mensaje no definido “hgfssf”, como se observa en la figura 4.87.



Figura 4. 87. Recepción de mensaje no definido – comunicación repetidora.

El mismo mensaje fue enviado a los demás puntos para analizar de la Guía de Pruebas.

4.7.3 Almacenamiento de conversaciones e ID deseados.

Para esta prueba, dentro del programa se da click en el botón Mostrar Historial. Al seleccionar esta opción, en la pantalla del programa se observa todas las operaciones que se realizan entre el personal que circulaba dentro de la ESPE con radios portátiles digitales, el personal que circulaba en la unidad vehicular dentro y fuera de las instalaciones de la ESPE y la sala de monitoreo y control.

Las operaciones que se almacenan son solicitud de ubicación, comunicaciones de voz, entre otras. En cada operación se registra el ID, la hora a la cual se realiza; esta opción es una herramienta muy útil al momento de realizar el análisis de los datos de posición, envío y recepción de mensajes de texto, etc.

En las siguientes figuras, se puede observar el historial de:

- Cuando se solicita la ubicación de una unidad desde la sala de control y monitoreo. Aquí también se muestra la velocidad a la que se está desplazando en vehículo, como muestra la figura 4.88.

1:56:01 PM Se reporto el radio: Portatil gps. -78.479184808326 -0.29427488229 A una velocidad de: 128 Km/h

Figura 4. 88. Datos capturados de velocidad, posición y hora software Flav 1.0.

- Cuando se establece una conversación ya sea con otra unidad o con la sala de control y monitoreo. En este caso el ID de la unidad es Portátil gps, como muestra la figura 4.89.

1:56:29 PM Esta llamando el radio: Portatil gps.

Figura 4. 89. Identificación de la unidad que transmite.

- Cuando finaliza una conversación ya sea con otra unidad o con la sala de control y monitoreo. En este caso el ID de la unidad es Portátil gps. como muestra la figura 4.90.

2:06:32 PM El radio: Portatil gps. FINALIZO su llamada

Figura 4. 90. Finalización de comunicación.

- Cuando se envía un mensaje de texto preprogramado o no definido desde la sala de control y monitoreo hacia cualquier unidad, como muestra la fig. 4.91.

2:25:49 PM Operacion Exitosa

Figura 4. 91. Mensaje de verificación de envío de mensaje.

Toda esta información, se almacena en una base de datos, que se crea en la misma ubicación del archivo que contiene el programa. El nombre de la base de datos es HISTORIAL GPS1.

Adicionalmente, el programa de localización vehicular presentó una opción dentro de su pantalla principal que permite verificar el recorrido que realizó la unidad.

La opción “Recorridos”, despliega todas las ubicaciones de una unidad entre un día de inicio y fin de ruta dentro de la sección del Mapa digital.

Cada ubicación se presenta con los siguientes datos:

- Símbolo :
- Tiempo al cual se reporta la unidad.

En la figura 4.29, se puede observar el recorrido de una unidad dentro y fuera de las instalaciones de la ESPE:

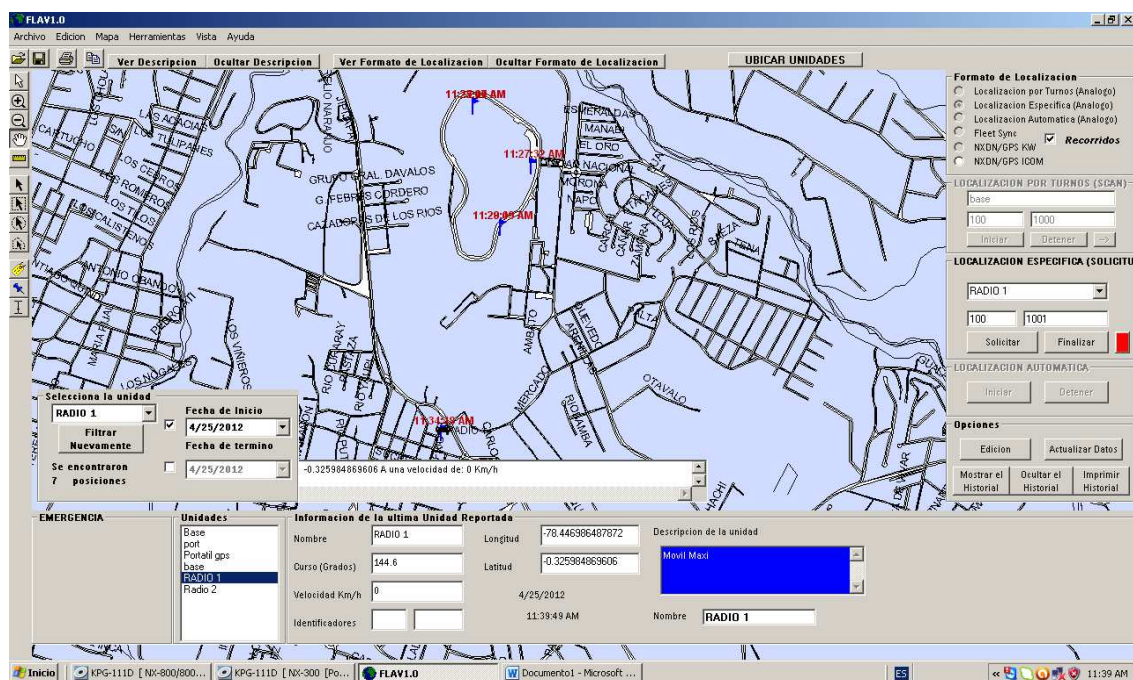


Figura 4. 92. Recorrido de la unidad monitoreada.

CAPITULO V

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL PROYECTO

5.1 DETERMINACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS GLOBALES DEL PROYECTO

Los parámetros técnicos principales que deben cumplir los equipos de comunicaciones para la Red Digital de Radiocomunicaciones de la ESPE, se resume en la tabla, los mismos que sirvieron de base para el diseño de la red, utilizando el software de simulación Radiomobile y PTP Link Planner.

Para el presente análisis se va a considerar primeramente los equipos de comunicación que forman parte de la red como repetidoras, radios portátiles, móviles y luego los equipo de enlace entre repetidoras que permitirán llevar la señal de la repetidora matriz a los otros sitios de repetición.

5.1.1 Repetidora, Radio Móvil y Portátil

En la tabla 5.1, se muestras las características técnicas principales de los equipos utilizados en el diseño realizado en Radiomobile.

Tabla. 5.1. Características técnicas principales de los equipos

Equipo Requerido	Características Técnicas de los Equipos utilizados en el Diseño realizado en Radiomobile
Repetidora Digital	<ul style="list-style-type: none"> • P_{Tx}: 25W • Frecuencias de Operación: 151.625- 152.525 MHz • Sensibilidad : ≥ -66.1 dBm
Radio Móvil Digital	<ul style="list-style-type: none"> • P_{Tx}: 25W • Frecuencias de Operación: 151.625- 152.525 MHz • Sensibilidad : ≥ -56.9 dBm
Radio Portátil Digital	<ul style="list-style-type: none"> • P_{Tx}: 5W • Frecuencias de Operación: 151.625- 152.525 MHz • Sensibilidad : ≥ -63.9 dBm

Se ha buscado equipos de radiocomunicación que se ajusten a las características técnicas descritas en la tabla anterior, encontrando a los fabricantes Motorola y Kenwood con una amplia gama de equipos. Por lo tanto, se ha elaborado la tabla 5.2, la cual es un cuadro comparativo de características técnicas de los equipos que ofrece cada fabricante.

Se ha considerado conveniente analizar prioritariamente los parámetros de Frecuencia de Operación, Potencia de Transmisión y Sensibilidad, ya que son indispensables para el funcionamiento correcto de la red de acuerdo al diseño. En base a estos parámetros se ha ido buscando modelos de las radios que se ajusten a los mismos. Para el caso de la frecuencia de operación en la que van a trabajar las radios en nuestra red que es 151,625 y 152,525, se ha considerado modelos de radio que dispongan de un rango de operación que cubran nuestras frecuencias de operación por lo tanto se estaría buscando equipos que operen en el rango de 136-174 MHz [13].

Tabla. 5.2. Cuadro Comparativo de modelos de equipos que se ajustan a los requerimientos de la red digital diseñada

Equipo	Característica Requerida	Kenwood Nexedge	Motorola Mototrbo
Repetidora	<ul style="list-style-type: none"> • P_{Tx}: 25W • Frecuencias de Operación: 151.625 - 152.525 MHz • Sensibilidad : \geq -66.1 dBm 	<p>Repetidora NXR -710</p> <ul style="list-style-type: none"> • P_{Tx}: 25-50W • Frecuencias de Operación 136-174 MHz • Sensibilidad : -118dBm • No requiere Licencias para servicios de radiolocalización, mensajes de texto. 	<p>Repetidora DGR-6175</p> <ul style="list-style-type: none"> • P_{Tx}: 25-45W • Frecuencias de Operación 136-174 MHz • Sensibilidad : -117 dBm • Requiere Licencias para servicios de radiolocalización, mensajes de texto.
Radio Móvil	<ul style="list-style-type: none"> • P_{Tx}: 25W • Frecuencias de Operación: 151.625 - 152.525 MHz • Sensibilidad : \geq -56.9 dBm 	<p>Radio Móvil NX -700</p> <ul style="list-style-type: none"> • P_{Tx}: 1-30W • Frecuencias de Operación 136-174 MHz • Sensibilidad : -118dBm • No requiere Licencias para servicios de radiolocalización, mensajes de texto. 	<p>Radio Móvil DGM-6100</p> <ul style="list-style-type: none"> • P_{Tx}: 1-25W • Frecuencias de Operación 136-174 MHz • Sensibilidad : -117 dBm • Requiere Licencias para servicios de radiolocalización, mensajes de texto.
Radio Portátil	<ul style="list-style-type: none"> • P_{Tx}: 5W • Frecuencias de Operación: 151.625 - 152.525 MHz • Sensibilidad : \geq -63.9 dBm 	<p>Radio Portátil NX -220</p> <ul style="list-style-type: none"> • P_{Tx}: 5W • Frecuencias de Operación 136-174 MHz • Sensibilidad : -119.04 dBm • No requiere Licencias para servicios de radiolocalización, mensajes de texto. 	<p>Radio Portátil DGP-6150</p> <ul style="list-style-type: none"> • P_{Tx}: 5W • Frecuencias de Operación 136-174 MHz • Sensibilidad : -120 dBm • Requiere Licencias para servicios de radiolocalización, mensajes de texto.

Análisis

En este punto se analizan los equipos disponibles en el mercado que se ajustan a las especificaciones técnicas requeridas en el diseño. Se analizará los siguientes parámetros:

- **Potencia de Transmisión.**

Los equipos de Kenwood y Motorola en lo que se refiere a los valores de potencia de transmisión de la repetidora y radios portátiles digitales, ambos trabajan dentro del valor de potencia que se requiere, con la diferencia que los equipos de Kenwood ofrecen un valor de potencia de transmisión de 25-50W, para la repetidora y de 5W para los radios portátiles, mientras que los equipos de Motorola ofrecen un valor de potencia de transmisión de 25-45W, para la repetidora y de 5W para los radios portátiles. Por la diferencia, respecto al valor de potencia de transmisión de la repetidora, se escoge la repetidora NXR-710 de Kenwood, debido a que ofrece un rango mayor en un valor de 5W, respecto al modelo DGR-6175 de Motorola. Para los radios portátiles, se puede escoger cualquiera de las marcas ya mencionados, debido a que los dos modelos de equipos analizados ofrecen el mismo valor de potencia de transmisión.

Sin embargo, respecto al valor de la potencia de transmisión de los radios móviles, se necesita de 25 W y el equipo de Kenwood tiene como rango de potencia hasta 30 W, mientras que el equipo de Motorola ofrece como valor límite de potencia de transmisión 25 W. Se recomienda no trabajar a los valores máximos de los equipos debido a que se puede en un futuro incrementar el número de usuarios de la red y se necesite modificar los valores de potencia de transmisión de los equipos.

Por lo tanto, en lo que se refiere a este parámetro técnico, se escoge el radio móvil digital de la marca Kenwood debido a la razón antes mencionada.

- **Sensibilidad**

Los equipos de Kenwood y Motorola operan dentro del valor de sensibilidad que se requiere de acuerdo al diseño de la red digital. El valor promedio de sensibilidad entre estos equipos es de -118 dBm mientras que el valor máximo de sensibilidad que se requiere es de -66.1dBm. Por lo tanto, en los que se refiere a este parámetro técnico, se puede escoger cualquier equipo ya sea este Kenwood o Motorola.

- **Frecuencias de Operación**

Los equipos de Kenwood y Motorola permiten trabajar dentro del rango de frecuencias de 136-174 MHz. El rango de frecuencias en el que se necesita trabajar es de 151.625- 152.525 MHz. Por lo tanto, en los que se refiere a este parámetro técnico, se puede escoger cualquier equipo ya sea este Kenwood o Motorola.

- **Licencias de Aplicaciones**

Los equipos de Kenwood, no necesitan activar ninguna de sus funcionalidades por medio de licencias, es decir no se necesita realizar pagos por utilizar los servicios de radiolocalización o envío de mensajes de texto. Solo se requiere adquirir el software de radiolocalización, en el cual ya viene incluido los servicios de mensajería.

Mientras que los equipos de Motorola, por activar cualquier servicio ya sea este de radiolocalización o mensajes de texto, se debe pagar una licencia por cada equipo en el que se desea activar los servicios mencionados. Además cuando se adquiere el software, se debe pagar una licencia diferente dependiendo del servicio que se quiera activar, a más del costo del software de gestión.

Por lo que es conveniente, la marca Kenwood, debido a que este software no necesita de licencias para activar el servicio radiolocalización y mensajes de texto.

Una vez que se ha realizado el respectivo análisis con los principales parámetros antes mencionados para los equipos tales como repetidora radios móviles y portátiles, se ha determinado que la marca de equipos Kenwood, trabajan dentro del rango de valores de los parámetros técnicos que se requieren y cumplen con todas las características necesarias, Por lo que es la mejor opción tecnológica para el equipamiento de la radio digital de la ESPE. La lista con los modelos de los equipos seleccionados se muestran en la tabla 5.3.

Tabla. 5.3. Lista de Equipos Seleccionados

Equipos	CARACTERISTICAS
Repetidora NXR -710	<ul style="list-style-type: none"> • P_{Tx}: 50W • Frecuencias de Operación: 151.625- 152.525 MHz • Sensibilidad : \geq -118 dBm • Operación Analógica y Digital • Canales de 6.25 & 12.5 kHz en modo digital • Canales de 25 & 12.5 kHz en modo analógico • 16 Subtonos en modo analógico • 16 códigos RAN en modo digital
Radio Móvil NX -700	<ul style="list-style-type: none"> • P_{Tx}: 25W • Frecuencias de Operación: 151.625- 152.525 MHz • Sensibilidad : \geq -118 dBm • Operación Analógica y Digital • Canales de 6.25 & 12.5 kHz en modo digital • Canales de 25 & 12.5 kHz en modo analógico • Display alfanumérico de 14 caracteres • 512 Canales • Localización con GPS • Servicio de Mensajería de Texto
Radio Portátil NX -220	<ul style="list-style-type: none"> • P_{Tx}: 5W • Frecuencias de Operación: 151.625- 152.525 MHz • Sensibilidad : \geq -119 dBm • Operación Analógica y Digital • Canales de 6.25 & 12.5 kHz en modo digital • Canales de 25 & 12.5 kHz en modo analógico • Display alfanumérico de 8 caracteres • 260 Canales • Localización con GPS • Servicio de Mensajería de Texto

5.1.2 Puente Inalámbrico Punto a Punto de Ethernet

Para el caso del Puente Inalámbrico Punto a Punto de Ethernet utilizado en el diseño de la red digital de radiocomunicaciones, que nos va a permitir llevar la señal de radio a los otros repetidores que dan cobertura a Santo Domingo y Latacunga también se procede a resumir los parámetros técnicos principales que se obtuvieron luego de la simulación con el software PTP Link Planner de los enlaces, parámetros que deberán cumplir los equipos de comunicación seleccionados para la implementación de la red como se muestra en la tabla 5.4.

Tabla. 5.4. Características técnicas principales del equipo

Equipo Requerido	Características Técnicas del Equipo utilizados en el Diseño realizado en PTP Link Planner
Puente Inalámbrico Punto a Punto de Ethernet	<ul style="list-style-type: none"> • P_{Tx}: 20 dBm • Frecuencias de Operación: 5.725- 5.875 GHz • Sensibilidad : ≥ -64 dBm

Se ha buscado equipos tipo Puente Inalámbrico de Ethernet que se ajusten a las características técnicas, encontrando a los fabricantes Motorola y Alvarion. Por lo tanto, se ha elaborado la tabla 5.5, la cual es un cuadro comparativo de características técnicas de los equipos que ofrece cada fabricante.

Se ha considerado conveniente analizar prioritariamente los parámetros de Frecuencia de Operación, Potencia de Transmisión y Sensibilidad, ya que son indispensables para el funcionamiento correcto de la red de acuerdo al diseño. En base a estos parámetros se ha ido buscando modelos de puentes Ethernet que se ajusten a los

mismos. Para el caso de la frecuencia de operación en la que van a trabajar los puentes Ethernet en nuestra red que es 5.725 y 5.875 GHz, se ha considerado modelos de que dispongan de un rango de operación que cubran nuestras frecuencias de operación por lo tanto se estaría buscando equipos que operen en el rango de 4.9- 5.9 GHz.

Tabla. 5.5. Cuadro Comparativo de Puentes Inalámbricos Punto a Punto

Equipo	Característica Requerida	Motorola Serie PTP	Alvarion Breeze Net
Puente Inalámbrico Punto a Punto de Ethernet	<ul style="list-style-type: none"> • P_{TX} : 20 dBm • Frecuencias de Operación:5.725-5.875 GHz • Sensibilidad : \geq -64 dBm 	PTP 58500	B130
		<ul style="list-style-type: none"> • P_{TX}: Hasta 27 dBm • Frecuencias de Operación 5.725-5.875 GHz • Sensibilidad:-69 dBm. • Proporciona gratuitamente software propietario de simulación de Enlaces. 	<ul style="list-style-type: none"> • P_{TX}: Hasta 18 dBm • Frecuencias de Operación 4.9-5.9 GHz • Sensibilidad : -65 dBm • No proporciona Software propietario de simulación de Enlaces.

Análisis

En este punto se analizan los equipos en el mercado que se ajustan a las especificaciones técnicas requeridas en el diseño. Se analizará los siguientes parámetros:

- **Potencia de Transmisión.**

Los equipos de Alvarion y Motorola en lo que se refiere a los valores de potencia de transmisión, se necesita de 20dBm de acuerdo al diseño de la red digital y el equipo

de Motorola tiene como rango de potencia 27 dBm, mientras que el equipo de Alvarion ofrece como valor límite de potencia de transmisión 18dbm. .

Por lo tanto, en los que se refiere a este parámetro técnico, se escoge los equipos de la marca Motorola debido a que se ajusta al valor de 1 parámetro técnico que se requiere.

- **Sensibilidad**

Los equipos de Alvarion y Motorola operan dentro del valor de sensibilidad que se requiere de acuerdo al diseño de la red digital.

Sin embargo, el valor de sensibilidad que se necesita de -64 dBm y el equipo de Alvarion tiene como valor de sensibilidad -65 dBm, lo que influye de sobre manera en la calidad de la señal de voz y en la transmisión de datos, trabajar al límite de las características de los equipos. Mientras que los equipos de Motorola trabajan con un valor de sensibilidad de -69 dBm lo que asegura que no se deteriore la calidad de la señal de voz y la transmisión de datos.

Por lo tanto, en los que se refiere a este parámetro técnico, se escoge los equipos de la marca Motorola debido a que se ajusta al valor de 1 parámetro técnico que se requiere.

- **Frecuencias de Operación**

Los equipos de Alvarion permiten trabajar dentro del rango de frecuencias de 4.9- 5.9 GHz mientras que los equipos de Motorola trabaja en el rango de 5.725- 5.875 GHz. El rango de frecuencias en el que se necesita trabajar es de 5.725- 5.875 GHz. Por lo tanto, en los que se refiere a este parámetro técnico, se puede escoger cualquier equipo ya sea este Alvarion o Motorola.

- **Software de Simulación**

Los equipos de Motorola, en lo que se refiere a Puentes Ethernet Inalámbrico, tiene un software de simulación gratuito, cuyo nombre es PTP Link Planner, el cual permite calcular la trayectoria y proyectar el rendimiento del enlace .

Mientras que los equipos de Alvarion, no tiene un software propietario para que el operador realice simulaciones, aunque existe otro software como Radiomobile el cual también permite simular enlaces punto a punto independientemente de la marca de los equipos.

Por lo tanto, en los que se refiere a este parámetro técnico, se puede escoger cualquier equipo ya sea este Alvarion o Motorola.

Una vez que se ha realizado el respectivo análisis, se ha determinado que la marca de equipos Motorola, trabajan dentro del rango de valores de los parámetros técnicos que se requieren. Mientras que los equipos Alvarion funcionan a valores límites de las especificaciones técnicas que se requieren.

Por lo tanto, se escoge la marca Motorola para el equipo digital de Puente Ethernet Inalámbrico, el cual se muestran en la tabla 5.6.

Tabla. 5.6. Equipos Seleccionados

Equipo Requerido	Características Técnicas del Equipo
<p>Puente Inalámbrico Punto a Punto de Ethernet PTP58500</p>	<ul style="list-style-type: none"> • P_{Tx} : 20 dBm • Frecuencias de Operación:5.725- 5.875 GHz • Sensibilidad : Adaptativa entre -94 y -69 dBm • Antena Integrada de 23dBi • Alcance hasta 250 Km con Línea de Vista Directa • Trabaja en el canal de 15 MHz • Protocolos 802.11 a/b/g • Latencia menor a 10 ms • Resistencia al viento mayor a 100 km/h

Una vez que se ha determinado la marca de los equipos a utilizar en la red digital de radiocomunicaciones del ESPE, de acuerdo a las especificaciones técnicas requeridas y después de un análisis entre los equipos de las distintas marcas que existen en el mercado, se procede a resumir en la tabla 5.7, el número total de equipos que se requieren para la futura implementación, los cuales aseguran el óptimo funcionamiento de la red.

Tabla. 5.7. Número Total de Equipos para la Red Digital de la ESPE

Estación		Cantidad	Descripción
Móvil y Base	Equipos	55	Radio móvil digital NX 700 VHF (138-174 MHz). Características: <ul style="list-style-type: none"> • 30 Watts de potencia • 512 canales • Display alfanumérico de 14 caracteres. Incluye: <ul style="list-style-type: none"> • Cable DC • Micrófono de mano.
	Accesorios	49	Antena PCTEL de 3 dB de ganancia con montaje .
		49	Antena GPS
		3	Antena VHF Omnidireccional de 3dB
		3	Antena de 4 Dipolos. Aluminio, con brazos, 200 VHF, 152 MHz, ganancia 9dB
		6	Fuente de Poder Pyramid PS – 21KX 12 VDC, 20 A
		1	Rollo de Cable Coaxial Belden 9913 (200m)
		55	Adaptador BNC – PL-259
		6	Conector PL-258
	12	Conector PL-259	
Portátil	Equipos	20	Radio 271 portátil digital NX 220 VHF(138-174 MHz). Características: <ul style="list-style-type: none"> • 5 Watts de potencia • 260 canales • display alfanumérico de 8 caracteres • teclado básico. Incluye : <ul style="list-style-type: none"> • Cargador de batería Rápido • Batería de litio • Clip de Cinturón • Antena.
	Accesorios	20	Micrófono de GPS para radio portátil NX 220
Repetidora	Equipos	4	Repetidor digital Kenwood digital NXR-710 VHF Características: <ul style="list-style-type: none"> • 50 Watts de potencia • Funcionamiento mixto en analógico y digital • 16 subtonos en modo analógico • 16 códigos RAN en modo digital Incluye <ul style="list-style-type: none"> • Cable DC, • Hardware de montaje en rack • Unidad de Interfase de Red KTI-3

	Accesorios	2	Antena de 4 Dipolos. Aluminio, con brazos, 200 VHF, 152 MHz, ganancia 9Db
		3	Fuente de Poder Pyramid PS – 21KX 12 VDC, 20 A
		2	Duplexor Q2220 E Sinclair pasabanda y rechasabanda V HF, 4 cavidades 0.5 MHz
		4	Conector PL-259
		2	Conector PL-258
		4	Adaptador BNC – PL-259
		1	Rollo de Cable Coaxial Belden 9913 (200m)
Enlace Inalámbrico entre Repetidoras	Equipos	6	Enlace Backhaul de 30 Mbps, 5.7 GHz completo con Antena Integrada de 23 dBi. Incluye: <ul style="list-style-type: none"> • PIDU • LPU Kit
		1	Switch de Capa 3
	Accesorios	1	Cable FTP (200m)
		12	Conector RJ45

Adicionalmente, para la implementación de la red se necesita infraestructura de telecomunicaciones, sistema de respaldo de energía, software y paquetes informáticos, los cuales se resumen en la tabla 5.8

Tabla. 5.8. Infraestructura, Sistemas de Respaldo de Energía y Paquetes Informáticos.

	Cantidad	Descripción
Infraestructura de Telecomunicaciones	1	Torre Soportada de 30m
	2	Torre Soportada de 50m
	3	Cuarto de Telecomunicaciones de 2x2 m con suministro de energía eléctrica con: 2 Tomacorrientes dobles de 110 V C.A de tres hilos
Sistema de Respaldo de Energía	4	Fuentes de Alimentación de Energía UPS Trip Lite Smart 1500 LST de 1500 VA con módulos de baterías.
	4	Batería Libre de Mantenimiento Bosch 12 V DC 100 A
Software y Paquetes Informáticos	1	Software de GPS para manejo de flotas y localización de vehículos Incluye servicios de localización y mensajes de texto
	1	Mapas de Quito y Valles en formato MAPINFO
	1	Software de Programación para Radios Móviles y Portátiles

		Kenwood NX 220 y 700K
	1	Software de Programación para Repetidora Kenwood NX R 710
	1	Kit de programación equipos Kenwood (cables KPG-46UM y KPG-46UM)

5.2 ESTUDIO ECONÓMICO

En este ítem se presenta un análisis económico de la solución propuesta para la red digital de radiocomunicaciones de la ESPE. Para tal efecto en el ítem 5.1, se han determinado los requerimientos globales del proyecto, sin embargo se realizará una descripción de costo de todos los equipos, cables y conectores, software y paquetes informáticos a utilizar, así como también todo el costo adicional que implica montar cada enlace.

Los costos expresados a continuación en la tabla 5.9, son valores referenciales de los equipos disponibles en el mercado, proporcionados por las empresas fabricantes.

AL precio referencial también hay que aumentar el 30% de impuestos más el precio por el transporte y el seguro de transporte de los equipos [17].

Tabla. 5.9. Precios Referenciales de los Equipos

Cant.	Descripción	Empresa Fabricante	
		Precio Referencial	
		Precio Unitario	Precio Total
55	Radio móvil digital NX 700 VHF(138-174 MHz), 30 Watts de potencia, 512 canales, display alfanumérico de 14 caracteres Incluye cable DC, micrófono de mano, Antena PCTEL de 3 dB de ganancia con montaje de capot, Antena GPS	1600,2	88011
20	Radio portátil digital NX 220 VHF(138-174 MHz), 5 Watts de potencia, 260 canales, display alfanumérico de 8 caracteres y teclado básico.	1258,2	25164

	Incluye cargador de batería Rápido, batería de litio, clip de Cinturón y antena.		
20	Micrófono de GPS para radio portátil NX 220	484,2	9688
3	Repetidor digital Kenwood digital NXR-710 VHF 50 Watts de potencia, funcionamiento mixto en analógico y digital, 16 subtonos en modo Analógico y 16 códigos RAN en modo digital Incluye cable DC y hardware de montaje en rack	4127,4	12382,2
3	Duplexor Q2220 E Sinclair pasabanda y rechabasabanda VHF, 4 cavidades 0.5 MHz	4176	8352
5	Antena de 4 Dipolos . Aluminio, con brazos, 200 VHF, 152 MHz, ganancia 9dB	360	1800
3	Antena VHF Omnidireccional de 3dB	100	300
9	Fuente de Poder Pyramid PS - 21KX 12 VDC, 20 A	252	2268
6	Puente Ethernet de 52 Mbps, 5.7 GHz completo con Antena Integrada	8095,07	48574,2
1	Switch de Capa 3 Catalyst 3560	3500	6300
1	Kit de programación equipos Kenwood	644,4	644,4
	Cables y Conectores		
2	Rollo de Cable Coaxial Belden 9913 (200m)	7,70/m	3080
16	Conector PL-259	7,34	117,44
8	Conector PL-258	17	136
59	Adaptador BNC – PL-259	13	767
1	Rollo de Cable FTP (200m)	2,88/m	576
12	Conector RJ45	0,45	5,4
	Infraestructura de Telecomunicaciones		
1	Torre Soportada de 30m	36000	36000
2	Torre Soportada de 50m	54000	108000
3	Cuarto de Telecomunicaciones de 2x2 m con suministro de energía eléctrica con: 2 Tomacorrientes dobles de 110 V C.A de tres hilos	9000	27000
	Sistema de Respaldo de Energía		
4	Fuentes de Alimentación de Energía UPS Trip Lite Smart 1500LST de 1500 VA con módulos de baterías.	850	3400
4	Batería Libre de Mantenimiento Bosch 12 V DC 100 A	288	1152
	Sistemas y Paquetes Informáticos		
1	Software de GPS para manejo de flotas y localización de vehículos	2160	2160

	Incluye servicios de localización y mensajes de texto		
1	Mapas de Quito y Valles, Santo Domingo y Latacunga en formato MAPINFO	1080	1080
1	Software de Programación para Radios Móviles y Portátiles Kenwood NX220 y 700K	203	203
1	Software de Programación para Repetidora Kenwood NX R 710	203	203
TOTAL (\$)			387363,64

5.2.1 Análisis de Propuestas

Una vez que se tiene el costo total referencial del proyecto con precios de los equipos suministrados por los distribuidores de la marca Kenwood se procede a solicitar proformas a empresas distribuidoras de equipos Kenwood en el país.

Para realizar el análisis de las propuestas se debe tener presente los siguientes criterios:

- Los equipos deben cumplir con las características técnicas requeridas, de acuerdo a las bases técnicas de los mismos que se adjuntan en el Anexo.
- Tiempo de Garantía en los Productos
- Precio Total
- El tiempo de entrega
- Servicio de Mantenimiento

En este caso, se solicitó las cotizaciones a las empresas Syscom, la cual es una empresa internacional y a Maxi Group, la cual es una empresa nacional.

Las cotizaciones se muestran a continuación:

- **Cotización de Syscom**

					Cotización	
Cotiza: Víctor Sanora						
Dirigida a: Darío Tipán						
País: Ecuador						
Vigencia: 10 días a partir del 13 de Agosto del 2012						
Moneda: USD - Dolar						
						

CÓDIGO	TÍTULO	CANTIDAD	DESCUENTO	PRECIO	IMPORTE
NX700HK	Radio Móvil VHF, 136-174 MHz, 50 Watts, 512 Canales. Opera en Modo Digital y FM Analógico. Incluye cable de corriente Micrófono KMC-35, Bracket de montaje Receptor GPS con antena para radio móvil	55	0 %	\$ 1068.00	\$ 58740
NXR710K	Repetidor VHF, 136 - 174 MHz, 25 - 50 Watts, 16 Grupos, 30 Canales. Modo Mixto Incluye cable DC y hardware de montaje.	3	0 %	\$ 2299.00	\$ 6897
NX200K	Radio Portátil VHF, 136-174 MHz, 5 Watts, 512 Canales. Opera en Modo Digital y FM Analógico. Incluye Antena, batería Li-Ion 1950mAh, cargador rápido.	20	0 %	\$ 879.00	\$ 17580
PTP500	Puente Ethernet Inalámbrico Backhaul de 52 Mbs, 5.7 GHz con antena integrada de 23dBi Incluye PIDU(Unidad de Alimentación). Sistema de Protección contra rayos PTP-L	6	0 %	\$ 7597.00	\$45582
KT13	Unidad de Red para Repetidor Digital Nexedge.	3	0 %	\$ 303.00	\$ 909.00
SW4500	Switch 3COM 4500 capa3 de 26 puertos	1	0 %	\$650	\$650
KMC48GPS	Micrófono Bocina con GPS. Para TK-2312/3312, NX-220/320.	20	0 %	\$ 319.00	\$ 6380
MH85802	Antena Móvil VHF Omnidireccional, Ajustables en Campo, Rango de Frecuencia 144 - 174 MHz.	3	0 %	\$ 35.00	\$ 105
DB224C	Antena Base VHF, de 4 Dipolos, Rango de Frecuencia 164-174 MHz.	5	0 %	\$ 863.00	\$ 4315
Q2220E	Duplexer Pasa Banda / Rechazo de Banda / VHF, 138-174 MHz.	3	0 %	\$ 1979.00	\$ 5937

RFU500	Conector PL259 Macho para cable BELDEN 9913	16	0 %	\$ 2.19	\$ 35.04
RFU536	Adaptador de conector PL259 Hembra a conector PL259 Hembra	8	0 %	\$ 3.24	\$ 25.92
RFB1136	Adaptador de conector BNC Macho a conector PL-259 Hembra	59	0 %	\$ 7.21	\$425.39
RJ45	Conector RJ-45 con blindaje	12	0 %	\$0.65	\$7.80
BX64	Torre autosoportada de 35mts. Incluye Instalación y sistemas de energía eléctrica	1	0 %	\$ 25000.00	\$ 25000
BX64	Torre autosoportada de 50mts. Instalación y sistemas de energía eléctrica	2	0 %	\$ 35000.00	\$ 70000
BXB78	Base para torre y cimentación	3	0 %	\$ 2000.00	\$ 6000
BXB78	Cuarto Prefabricado de Telecomunicaciones. En Fibra de Vidrio de 2.5x2.5m. Incluye Sistemas de Energía Eléctrica	3	0 %	\$ 6000.00	\$18000
FLAV20G	Software de localización automática de vehículo y manejador de FleetSync / NXDN. Sobre plataforma de Google.	1	0 %	\$ 999.00	\$ 999
KPG109DK	Software para Programación de Repetidores KENWOOD, NXR700 y NXR800.	1	0 %	\$ 113.00	\$ 113
KPG111DK	Software para Programación de Radios y Repetidores KENWOOD, para Modelos NX200 / 300 y NX700 / 800.	1	0 %	\$ 113.00	\$ 113
CABNULL	Cable de Programación para NX-R700/800.	1	0 %	\$ 29.00	\$ 29
SPUSB2	Programador universal de portátiles, móviles Kenwood / Icom. Para puerto USB compatible con Windows 7, Vista, XP, 98, x64 y x86.	1	0 %	\$ 159.00	\$ 159
9913	Cable Belden con blindaje de duobond II + 90% malla trenzada de cobre estañada, aislamiento de polietileno (200mts)	200mts	0 %	\$ 4.85	\$ 970
1594A	Bobina Cable par trenzado nivel 5 (CAT 5e), Pares de conductores de cobre sólido AWG24 (305mts)	1	0 %	\$ 346.00	\$346
PV27DC	Batería Libre de Mantenimiento, 12 Volts, 110 Ah. Tecnología GEL.	4	0 %	\$ 469.00	\$ 1876
1000PRO	Fuente de Suministro de Energía Potencia de salida de 1000 VA (720 W), 120 Vca	4	0 %	\$ 299.00	\$ 1196
RS12A	Fuente Convencional Astron, corriente máxima 12 A.	9	0 %	\$ 163.00	\$ 1467
				Sub Total:	\$273857.15
				IVA (16 %):	\$ 43817.15
				FLETE (500kg):	\$ 12150.00
				Total:	\$ 329824.29

Términos y Condiciones:

- 1) Forma de pago: 50% de anticipo y a la confirmación de la orden y 50% contra entrega
- 2) Todos los productos que Syscom distribuye tienen garantía de un año, exceptuando aquellos productos que utilizan la tecnología NEXEDGE, los cuales tienen un período de garantía de 5 años contra defectos de fabricación.
- 3) Syscom utiliza los servicios de logística de FEDEX. El precio por cada kg enviado a Ecuador es de \$24.30 dólares.
- 4) Syscom cuenta con un seguro de transporte para la mercancía que viaja de y hacia los clientes, por lo cual no debe pagar seguro ni pago adicional por valor declarado.
- 5) El tiempo de entrega es de 30 días más 6 días hábiles del envío de los productos hacia el destino luego de la confirmación de la orden y entrega del anticipo.
- 6) Syscom ofrece servicio de mantenimiento previo al envío de los equipos a los Laboratorios de Soporte Técnico en Chihuahua-México. (no incluye el costo del envío)

Atentamente

Ing. Victor Sanora
 Gerente- Ingeniería Radiocomunicación
 SYSCOM
 vsanora@syscom.com.mx

- **Cotización de Maxi Group**



COTIZACION

CLIENTE: PABLO ANDRADE
FECHA: 2 DE AGOSTO DEL 2012

ITEM	N.PARTE	CANT.	DESCRIPCION	P.UNIT	P.TOTAL
1		3	Repetidor digital Kenwood VHF (138-174MHz), 50 Watts de potencia, funcionamiento mixto en analógico y digital, 16 subtonos en modo analógico y 16 códigos RAN en modo digital. Incluye <ul style="list-style-type: none"> • Cable DC • Hardware de montaje 	1990	5970
2		3	Unidad de Interfase de red para repetidora Kenwood NEXEDGE NXR-710	303	909
3		20	Radio portátil digital VHF (138-174MHz), 5 Watts de potencia, 260 canales, display alfanumérico Incluye <ul style="list-style-type: none"> • Cargador de batería rápido • Batería de litio de 1400 mAh • Clip de cinturón y antena 	699	13980
4		20	Micrófono de GPS para radio portátil NX-220	269	5380
5		55	Radio móvil digital VHF (138-174MHz), 30 Watts de potencia, 512 canales, display alfanumérico de 14 caracteres. Incluye <ul style="list-style-type: none"> • Cable DC • Micrófono de mano • Antena PCTEL de 3 dB de ganancia con montaje • Antena GPS 	889	48895
6		3	Duplexor Q2200E Sinclair psabanda y rechasabanda VHF, 4 cavidades 0.5 MHz	1160	3480
7		5	Antena de 4 Dipolos, Aluminio con brazos VHF, ganancia 12 dB	200	1000

8		3	Antena VHF Omnidireccional de 3 dB	50	150
9		9	Fuente de Poder Pyramid 12 V Dc-20 A	140	1260
10		6	Puente Ethernet BackHaul de 30 Mbps, 5.7 GHz con antena integrada de 23 dBi. Incluye: <ul style="list-style-type: none"> • Power Indoor Unit Plus • Sistema de Protección contra rayos PTP-LPU Kit por cada Puente 	4460	26760
11		1	Switch de Capa 3 Cisco Catalyst 3560 24 puertos	3478	3748
12		2	Rollo de Cable Coaxial Belden 9913 (200mts)	4.28/m	1712
13		1	Rollo de Cable FTP 200m	1.60/m	320
14		16	Conector PL-259 Macho	4.08	65.28
15		8	Conector PL -258	9.45	75.6
16		59	Adaptador BNC-PL-259	7.21	425.39
17		12	Conector RJ45	0.65	7.80
18		1	Torre autoportada de 35m. Incluye: <ul style="list-style-type: none"> • Instalación de la Torre • Cimentación de la torre • Instalación Eléctrica 	27500	27500
19		2	Torre autoportada de 50m. Incluye: <ul style="list-style-type: none"> • Instalación de la Torre • Cimentación de la torre • Instalación Eléctrica 	37400	74800
20		3	Caseta Prefabricada de Telecomunicaciones de 2.5x 2.150m en acero galvanizado. Incluye: <ul style="list-style-type: none"> • Instalación de la caseta • Sistema de energía eléctrica 	7500	22500
21		4	UPS Lite Smart de 1500 VA	500	2000
22		4	Batería Bosch 12 VDC 100A	160	640
23		1	Software de GPS para manejo de flotas y localización de vehiculos	1200	1200
24		3	Mapa de Quito y Valles, Santo Domingo y Latacunga en formato MAPINFO	1800	1800
25		1	Software de Programación para Radios NX 220 y 700K	113	113
26		1	Software de Programación para Repetidora NXR 700	113	113
27		1	Kit de Programación equipos Kenwood	358	358
				SUBTOTAL	245072.07
				12% IVA	29408.65
				TOTAL	274480.72

Términos y condiciones:

- 1) Forma de pago: 50% de anticipo y a la confirmación de la orden y 50% contra entrega
- 2) Tiempo de garantía: un año contra defectos de fabricación
- 3) Validez de la oferta: 8 días calendario
- 4) Tiempo de entrega: 30 días calendario luego de la confirmación de la orden y entrega del anticipo
- 5) Maxi Group ofrece servicio de mantenimiento en todos los equipos

Atentamente,

Ing. Marco Barreno
 Presidente
 MAXIDISTRIBUCIONES CIA LTDA
www.grupomaxi.com.ec

5.2.2 Selección de la mejor propuesta

Para seleccionar la mejor propuesta se ha procedido a verificar las bases técnicas procedió a realizar la tabla 5.10, la cual es un cuadro comparativo de las cotizaciones de los equipos digitales, cables y conectores, infraestructura de telecomunicaciones, software y paquetes informáticos, con los parámetros antes establecidos en el ítem anterior.

Tabla. 5.10. Cuadro Comparativo de las Cotizaciones en función a la Base Técnica

Equipos	Cantidad	Base Técnica	Maxi Group				Syscom			
			Cumple		Costo Unitario	Costo Total	Cumple		Costo Unitario	Costo Unitario
			Si	No			Si	No		
Repetidora Digital	3				\$1990	\$5970	X		\$2299	\$6897
		Frecuencia de Operación: 151.625- 152.525 MHz	X				X			
		Potencia de Transmisión: ≥ 25 W	X				X			
		Modo de Operación: Digital y Analógico	X				X			
		Sensibilidad: ≥ -66.1 dBm	X				X			
		Canal de Operación: • 6.25 & 12.5 kHz en modo digital • 25 & 12.5 kHz en modo analógico	X				X			
		Canales: ≥ 20	X				X			
Radio Portátil Digital	20	Frecuencia de Operación: 151.625- 152.525 MHz	X		\$699	\$13980	X		\$879	\$17580
		Potencia de Transmisión: 5 W	X				X			
		Modo de Operación: Digital y Analógico	X				X			
		Sensibilidad: ≥ -63.9 dBm	X				X			
		Localización con GPS: Si	X				X			
		Servicio de Mensajes de Texto: Si	X				X			
		Canal de Operación: • 6.25 & 12.5 kHz en modo digital • 25 & 12.5 kHz en modo analógico	X				X			
Canales: ≥ 260	X		X							
Radio Móvil (Base) Digital	55	Frecuencia de Operación: 151.625- 152.525 MHz	X		\$889	\$48895	X		\$1068	\$58740
		Potencia de Transmisión: ≥ 25 W	X				X			
		Modo de Operación: Digital y Analógico	X				X			
		Sensibilidad: ≥ -56.9 dBm	X				X			
		Localización con GPS: Si	X				X			
		Servicio de Mensajes de Texto: Si	X				X			

		Canal de Operación: • 6.25 & 12.5 kHz en modo digital • 25 & 12.5 kHz en modo analógicos	X				X			
		Canales: ≥ 260	X				X			
Puente Inalámbrico de Ethernet	6	Frecuencia de Operación: 5.7 y/o 5.8 GHz	X		\$4460	\$26760	X		\$7597	\$45582
		Potencia de Transmisión: ≥ 20 dBm	X				X			
		Ganancia de la Antena: ≥ 15 dBi	X				X			
		Sensibilidad: ≥ -90 dBm	X				X			
		Interfaces: 1 x N- Hembra 1 x RJ-45 10/100	X				X			
		POE	X				X			
		Tasa de TRnasmisión: ≥ 10 Mbps	X				X			
Antena de 4 dipolos	5	Rango de Frecuencia : 151.625- 152.525 MHz	X		\$200	\$1000	X		\$863	\$4315
		Ganancia ≥ 6 dBi	X				X			
		Impedancia: 50 Ω	X				X			
		Conector: PL 259 Hembra	X				X			
		Máximo Ingreso de Energía: ≥ 100 W	X				X			
Antena Omnidireccional	3	Rango de Frecuencia : 151.625- 152.525 MHz	X		\$50	\$150	X		\$35	\$105
		Ganancia ≥ 3 dB	X				X			
		Conector PL 259 Hembra	X				X			
		Máximo Ingreso de Energía: ≥ 100 W	X				X			
UPS	4	Trabaja con Banco de Baterías Externo	X		\$500	\$2000		X	\$299	\$1196
		Capacidad : ≥ 500 VA/hora	X				X			
		Voltaje : 120 V	X				X			
		Frecuenica: 60 Hz	X				X			
Torres de Comunicación	3	Altura: ≥ 30 m	X		\$27500	\$82500	X		\$25000	\$75000
		Tipo: Soportada	X				X			
		Carga Máxima: ≥ 200 kg	X				X			
		Base Reforzad	X				X			
		Peso Neto: ≥ 100 kg	X				X			
Cuarto de Comunicaciones	3	Dimensiones: $\geq 2 \times 2$ m	X		\$7500	\$22500	X		\$6000	\$18000
		Tomacorriente: ≥ 2 dobles de 110 V de tres hilos	X				X			
		Ductos: ≥ 3 ductos de 100 milímetros	X				X			
		Material: Acero Galvanizado	X					X		
Switch de Capa		Debe ser no administrable capa 2 y de pocos puertos	X				X			

3	1	Soportar ruteo	X		\$3478	\$3478	X		\$650	\$650
		Soportar VLANS	X				X			
		Soporte Técnico	X				X			
		Posibilidad de Montaje en Rack	X				X			
Garantía en los productos		≥ 1 año	X				X			
Servicio de Mantenimiento		Laboratorio propio de soporte técnico	X				X			
Tiempo de Entrega		≤ 45 días calendario	X				X			
Costo Total						\$245072.02				\$273857.15

Análisis del cuadro en Base a propuestas

En este punto se analizan las propuestas de las empresas Maxi Group y Syscom, en base al cumplimiento de las especificaciones técnicas requeridas y al precio de cada equipo. A continuación, se procede a realizar el análisis respectivo:

- **Repetidora Digital**

El equipo que ofrecen las 2 empresas antes mencionadas, cumple con todas las especificaciones técnicas. Sin embargo, el precio de cada equipo ofertado por Maxi Group es de \$1990, el cual es menor al precio del equipo ofertado por Syscom, el cual es de \$2229. Hay que tener en cuenta que el equipo ofertado es el mismo modelo por ambas empresas.

Por lo tanto, se escoge el repetidor digital de la empresa Maxi Group, debido a que cumple con los requerimientos de la base técnica y tiene el menor costo para su adquisición.

- **Radio Portátil Digital**

El precio del modelo de equipo ofertado por MaxiGroup, es de \$699 el cual es menor al precio del equipo ofertado por Syscom, el cual es de \$879. A pesar de que ambos equipos cumplen con todas las especificaciones técnicas requeridas, la única diferencia está en el número de canales ya que el primer equipo tiene 260 y el segundo tiene 512 canales, de manera que esto influye en el precio del equipo.

Para la red digital de radiocomunicaciones de la ESPE, es más que suficiente con 260 canales debido al número de usuarios y sedes que se tiene. Por lo tanto, se escoge el radio portátil digital de Maxi Group.

- **Radio Móvil (Base) Digital**

El modelo de equipo que ofrecen las 2 empresas cumple con todas las especificaciones técnicas. Sin embargo, el precio de cada equipo ofertado por Maxi Group es de \$899, el cual es menor al precio del equipo ofertado por Syscom, el cual es de \$1068.

Por lo tanto, se escoge el radio móvil digital de la empresa Maxi Group, debido a que cumple con los requerimientos de la base técnica y tiene el menor costo para su adquisición.

- **Puente Ethernet Inalámbrico**

El precio del modelo de equipo ofertado por Maxi Group, es de \$4460 el cual es menor al precio del equipo ofertado por Syscom, el cual es de \$7597. A pesar de que ambos equipos cumplen con todas las especificaciones técnicas requeridas, la única diferencia está en la tasa de transmisión ya que el primer equipo tiene 30Mbps y el segundo tiene 52 Mbps, de manera que esto influye en el precio del equipo.

Para la red digital de radiocomunicaciones de la ESPE, y debido al tipo de tráfico el cual es voz, datos (mensajes de textos y servicio de radiolocalización) y a la disponibilidad de equipos en el mercado se escoge el de menor tasa de transmisión. Por lo tanto, se escoge el Puente Ethernet Inalámbrico de Maxi Group.

- **Antenas**

Las antenas de 4 dipolos y omnidireccionales que ofrecen las empresas Maxi Group y Syscom cumplen las bases técnicas requeridas. Sin embargo, el precio de las mismas por Maxi Group es mucho menor, el cual es de \$200 para la antena de 4 dipolos

y \$50 para la omnidireccional: mientras que para la antena de 4 dipolos de Syscom es de \$863 y para la omnidireccional es de \$35.

Por lo tanto, se escoge las antenas de 4 dipolos y omnidireccionales de Maxi Group.

- **UPS**

El modelo de UPS que ofrece la empresa Maxi Group tiene más capacidad de proveer energía eléctrica en un valor de 1500 VA, mientras que el UPS de la empresa Syscom tiene capacidad de 1000 VA. Sin embargo el modelo de la primera empresa ofrece la opción para trabajar con banco de baterías externo, lo cual hace que el precio sea relativamente mayor, el cual es de \$ 500, en relación al de Syscom, el cual es de \$299 y no ofrece la opción de trabajar con banco de baterías.

Por lo tanto, se escoge el modelo de UPS de Maxi Group, aunque el precio de este equipo, el cual es de \$500, sea mayor por la opción de trabaja

- **Torres de Comunicación**

Las torres proporcionadas por Maxi Group y Syscom cumplen con todas las especificaciones técnicas. Sin embargo en el precio de la segunda empresa es menor debido a que no se incluye los gastos de la cimentación de las torres. A diferencia del precio de las torres de Maxi Group en el cual se incluye todos los gastos referentes a la instalación y cimentación de las mismas.

Por lo tanto, se escoge las torres de comunicación de Maxi Group, por las razones antes mencionadas.

- **Cuarto de Comunicación**

La empresa Maxi Group oferta un cuarto prefabricado en el material que se requiere en la base técnica, el cual es acero galvanizado. A diferencia de Syscom que oferta un cuarto prefabricado en fibra de vidrio con un precio mucho menor. Sin embargo se escoge el cuarto de Maxi Group debido a q cumple con todas la bases técnicas requeridas en lo que se refiere al cuarto de comunicaciones.

- **Switch de Capa 3**

En lo que se refiere a las bases técnicas los switches presentados por las dos empresas cumplen con todas las bases técnicas. La única diferencia está en el precio, debido a que el de la empresa Maxigroup es de \$3478 y el de Syscom es de \$650. Por lo tanto, se escoge es este equipo el de la empresa Syscom.

- **Garantía en los productos**

La empresa Maxi Group ofrece un tiempo de garantía de un año contra defectos de fabricación de los equipos. Mientras que Syscom ofrece el mismo tiempo de garantía Por lo tanto, en los que se refiere a este factor, se puede escoger a cualquiera de las dos empresas.

- **Servicio de Mantenimiento**

La empresa Maxi Group tiene su propio laboratorio de soporte técnico en el país, mientras que Syscom también lo tiene con la diferencia que toca realizar un gasto adicional para el envío de los equipos al laboratorio ubicado en México.

Por lo tanto, en los que se refiere a este factor, se escoger a la empresa Maxi Group por no incurrir en gastos adicionales por el servicio de mantenimiento de los equipos

- **Tiempo de Entrega**

El tiempo de entrega por parte de Maxi Group es de 30 días laborables mientras que Syscom tiene un tiempo de entrega de 36 días, de los cuales 6 días hábiles son del transporte desde México hacia Ecuador.

Por lo tanto, en los que se refiere a este factor, se escoger a la empresa Maxi Group por presentar el menor tiempo de entrega.

Análisis final

Por lo tanto, una vez analizado las propuestas y considerando que la empresa Maxi Group cumple con las especificaciones a un precio menor se determina que esta empresa ofrece la mejor opción de compra. Por lo que el costo del proyecto final en el país se muestra en la tabla 5.11:

Tabla. 5.11. Costo Total de la Red Digital de Radiocomunicaciones de la ESPE

Descripción	Costo(\$)
Costo de Equipos	114082
Costo de Cables y Conectores	2606.07
Costo de Infraestructura de Telecomunicaciones	124800
Costo de Software y Paquetes Informáticos	3584
SUBTOTAL	245072.07
IVA(12%)	29408.65
TOTAL(\$)	274480.72

CAPITULO VI

ANÁLISIS DE RESULTADOS

6.1 ANÁLISIS DE LAS PRUEBAS DE CAMPO Y LOCALIZACIÓN VEHÍCULAR

Los parámetros que van a ser analizados para demostrar la efectividad y confiabilidad de las pruebas de campo y localización vehicular son:

- Transmisión de datos por solicitud
- Tiempo de retardo de los datos de posición
- Tiempo de retardo de los mensajes de texto
- Exactitud de los datos de posición

6.1.1 Transmisión de datos por solicitud

En la prueba de campo de localización vehicular con puntos específicos, el administrador del sistema localizador, solicito por 50 ocasiones la ubicación del personal que se movilizó dentro de la ESPE, así como del personal que se trasladó en la unidad vehicular hacia los diferentes puntos que se mencionan en la Guía de Pruebas, que se encuentra en el Anexo.

De las 50 solicitudes enviadas a la unidad, se obtuvieron 46 reportes de posición en el programa localizador FLAV 1.0. Las 5 ocasiones en las que el sistema no reportó ningún dato de posición, desplegaron en la parte inferior el mensaje “*El radio: Portátil gps no se reporto correctamente o está apagado*”.

El motivo por el que este mensaje apareció, se debe a dos causas:

- Mala conexión de los equipos
- Programación errónea en los equipos.

Cuando la conexión de los equipos no es la correcta o se encuentra algún dispositivo flojo, el programa localizador también muestra el mismo mensaje, por lo que hay que chequear bien todas las conexiones.

Si una vez que se ha confirmado el funcionamiento del sistema de radiocomunicaciones y se ha verificado las conexiones del mismo, hay que tener muy cuenta el área de cobertura del sistema de radio, ya que esta depende de la ubicación de la repetidora. En las pruebas se utilizó la repetidora digital ubicada en el cerro Pichincha, teniendo cobertura en Quito y Los Valles, por ende hay que dar a conocer a los usuarios los límites de cobertura del sistema.

También ocurrió, que al inicializar el sistema, este no obtenía una posición válida del equipo a localizar, esto se debe a que las manchas solares influyen directamente sobre el GPS del equipo. Al tercer intento, este obtiene una posición válida y se puede visualizar en el programa, esto quiere decir que tomo un tiempo máximo de 5 segundos hasta que los datos del GPS sean los correctos [14].

El rendimiento del sistema de radiolocalización permite determinar el nivel de eficiencia que presenta el medio de comunicación para la transferencia de datos de un punto hacia la sala de control y monitoreo, el cual viene dado por la ecuación 6.1:

$$Eficiencia = \frac{\#respuestas \cdot afirmativas}{\#total \cdot de \cdot solicitudes}$$

Ecuación 6.1

El enlace de datos presento el siguiente nivel de eficiencia:

$$Eficiencia = \frac{46 \cdot respuestas \cdot afirmativas}{50 \cdot total \cdot de \cdot solicitudes}$$

Eficiencia= 92%

La entrega de todos los datos de posición a la sala de control y monitoreo, refleja que el enlace de datos del sistema es 92% confiable y eficiente en cualquier circunstancia y que no presenta pérdidas de información al utilizar la señal de radio para la transmisión.

6.1.2 Tiempo de retardo de los datos de posición

Para el análisis de la recepción de los datos de posición se utilizó la opción “**Mostrar el Historial**” del programa FLAV 1.0, que permite calcular el tiempo de llegada de los datos al centro de control.

Tabla 6.1 Tiempo de retardo de los datos de posición

Referencia	Tiempo de Solicitud de datos	Tiempo de Recepción de datos	Tiempo de Retardo de datos
Figura Residencia	1:05:29 PM	1:05:31 PM	0:00:02
Figura Comedor	1:09:51 PM	1:09:53 PM	0:00:02
Figura Choclo	1:36:04 PM	1:36:06 PM	0:00:02

La tabla 6.1 refleja que los datos de posición tardan entre dos segundos en llegar a la sala de control y monitoreo desde que el administrador solicita; de los cuales, la mitad del tiempo utiliza el radio base para enviar la solicitud y el tiempo restante utiliza la unidad para enviar sus datos.

Para determinar el grado de influencia de este retardo en la exactitud de los datos de posición, se determinará la distancia que recorrería el automóvil en un lapso de un segundo, tiempo de retardo máximo en el cual la unidad móvil reporta la velocidad a la que viaja, como se muestra en la tabla 6.2, con las siguientes condiciones de velocidad:

- Velocidad de 0 Km/h, es decir que el vehículo se encuentre estacionado.
- Velocidad de 50 Km/h, que de acuerdo a la normativa de la ley de tránsito, es la velocidad establecida para vehículos livianos circulando dentro del sector urbano (ciudad de Quito).
- Velocidad de 70 Km/h, que de acuerdo a la normativa de la ley de tránsito, es la velocidad establecida para vehículos con carga circulando en carretera (sectores rurales de la ciudad de Quito).

Tabla 6.2 Distancia recorrida por el móvil

Velocidad (Km/h)	Tiempo de retardo de datos (s)	Distancia recorrida por el automóvil (m)
0	1	0
50	1	13,8
70	1	19,4

Tomando en cuenta que la longitud de las cuadras de una avenida dentro de un sector urbano es de aproximadamente 50 metros, el desplazamiento de 13,8 metros del equipo digital instalado en el vehículo no es considerable, ya que el vehículo estará en su mismo rumbo y dirección.

Si por el contrario la unidad móvil se estuviera desplazando por los sectores rurales donde las autopistas cuentan con alguna intersección en aproximadamente 5 Km, un desplazamiento de 19,4 m. no es tampoco considerable, ya que el vehículo seguirá un mismo rumbo y dirección.

Con estos antecedentes, se verifica que el prototipo de localización automática vehicular transmite sus datos de posición en tiempo real y con un retardo en el tiempo de entrega prácticamente mínimo y no influyente en el funcionamiento del sistema de radiolocalización.

6.1.3 Tiempo de retardo de los mensajes de texto

Para el análisis de los mensajes de texto, se utilizó la opción “**Mostrar el Historial**” del programa FLAV 1.0, que permite determinar el tiempo de llegada de los mensajes de texto a la unidad móvil.

De las pruebas realizadas, entre los equipos digitales para el envío de mensajes, sean estos de status, preprogramados o no definidos, se seleccionaron 6 puntos de referencia, los cuales están dentro y fuera de las instalaciones de la ESPE de acuerdo a la tabla 6.3:

Tabla 6.3 Tiempo de retardo de los mensajes de texto

Referencia	Tiempo de Envío del mensaje	Tiempo de confirmación de llegada	Tiempo de Retardo de los datos
Mensaje 1	1:07:55 PM	1:07:57 PM	0:00:02
Mensaje 2	1:10:53 PM	1:10:55 PM	0:00:02
Mensaje 3	1:13:40 PM	1:13:42 PM	0:00:02
Mensaje 4	1:37:23 PM	1:37:25 PM	0:00:02
Mensaje 5	1:59:37 PM	1:59:39 PM	0:00:02
Mensaje 6	2:07:02 PM	2:07:04 PM	0:00:02

La tabla 6.3, refleja que los mensajes de texto tardan dos segundos en llegar a la unidad de monitoreo desde que el administrador los envía; de los cuales, se ha considerado que, la mitad del tiempo utiliza la radio base para enviar el mensaje y el tiempo restante utiliza la unidad móvil para enviar la confirmación.

De acuerdo a las normativas de transmisión de datos emitidas por el CONATEL, el tiempo de retardo para que se considere influenciado debe ser mayor o igual al 10%, sin embargo en el caso de las pruebas realizadas es de 2 segundos, lo que representa un retardo mínimo, si tomamos en cuenta que un minuto representa el 3%.

6.1.4 Exactitud de los datos de posición

Para verificar la exactitud de los datos de posición recibidos por la sala de control y monitoreo, se procede a comparar las coordenadas obtenidas por el programa FLAV 1.0, con las coordenadas geográficas obtenidas por el programa Google Maps. De esta forma se comprueba la veracidad de los datos obtenidos para los diferentes puntos que se analizaron.

Los datos de posición de los puntos analizados que se obtuvieron en el programa de localización son los que se muestran en la tabla 6.4:

Tabla 6.4 Datos de Posición del programa FLAV 1.0

Puntos de Prueba	Coordenadas de FLAV 1.0
Transportes de la ESPE	Latitud: -0.318868205786 Longitud: -78.44555815511
Residencia Universitaria	Latitud: -0.316938206558 Longitud: -78.443223315604
En el monumento de la Cruz cerca de los predios de los laboratorios de Electrónica	Latitud: -0.311894875242 Longitud: -78.444523155524
Comedor Universitario	Latitud: -0.317797206248 Longitud: -78.443164822694
Parqueaderos del bar	Latitud: -0.315451540402 Longitud: -78.446149821528
Prevención	Latitud: -0.314899540834 Longitud: -78.442783156132
Monumento del Choclo	Latitud: -0.334107866428 Longitud: -78.440052823958
San Luis Shopping	Latitud: -0.309463876496 Longitud: -78.450829919532
Bomba de gasolina PUMA cerca al Colibrí	Latitud: -0.336293198808 Longitud: -78.43420815959
Conocoto - Parque	Latitud: -0.291775216672 Longitud: -78.478107980878
Autopista General Rumiñahui cerca al Puente 8	Latitud: -0.283724886462 Longitud: -78.470068145302

Para los mismos puntos, los datos de posición en el programa Google Maps utilizan seis cifras decimales. Como se muestra en la tabla 6.5.

Tabla 6.5 Datos de Posición del programa Google Maps

Puntos de Prueba	Coordenadas de Google Maps
Transportes de la ESPE	Latitud: -0.318830 Longitud: -78.445520
Residencia Universitaria	Latitud: -0.316901 Longitud: -78.443220
En el monumento de la Cruz cerca de los predios de los laboratorios de Electrónica	Latitud: -0.311890 Longitud: -78.444520
Comedor Universitario	Latitud: -0.317760 Longitud: -78.443145
Parqueaderos del bar	Latitud: -0.315415 Longitud: -78.446118
Prevención	Latitud: -0.314890 Longitud: -78.442751
Monumento del Choclo	Latitud: -0.334073 Longitud: -78.440026
San Luis Shopping	Latitud: -0.309461 Longitud: -78.450795
Bomba de gasolina PUMA cerca al Colibrí	Latitud: -0.336261 Longitud: -78.434171
Conocoto - Parque	Latitud: -0.291764 Longitud: -78.478073
Autopista General Rumiñahui cerca al Puente 8	Latitud: -0.283691 Longitud: -78.470033

En las siguientes figuras, se realiza una comparación entre los mapas digitales obtenidos de los distintos puntos donde se ubicó la unidad vehicular en el programa FLAV 1.0 y Google Maps. Esto se lo realiza para verificar la exactitud de las coordenadas proporcionadas por los programas en mención.

- **Transportes de la ESPE**

En la figura 6.1, se muestra la posición del vehículo en el sector de Transportes dentro del mapas digital en el programa FLAV 1.0.

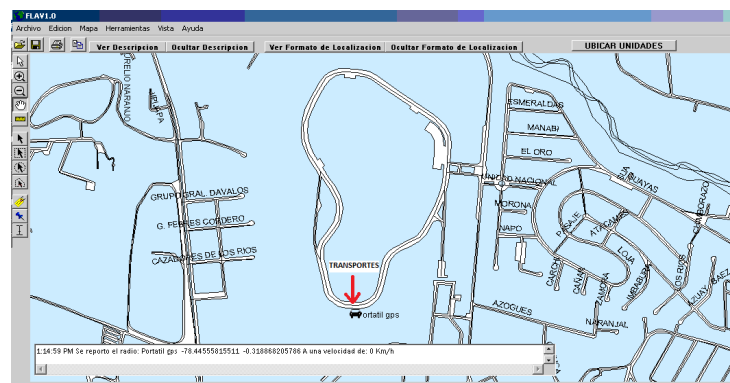


Figura. 6.1. Ubicación de la unidad en el sector de Transportes de la ESPE en FLAV 1.0

En la figura 6.2, se muestra la posición del vehículo en el sector de Transportes dentro del mapas digital en el programa Google Maps.



Figura. 6.2. Ubicación de la unidad en el sector de Transportes de la ESPE en Google Maps

- **Residencia Universitaria**

En las figura 6.3, se muestra la posición del vehículo en la Residencia Universitaria dentro del mapas digital en el programa FLAV 1.0.

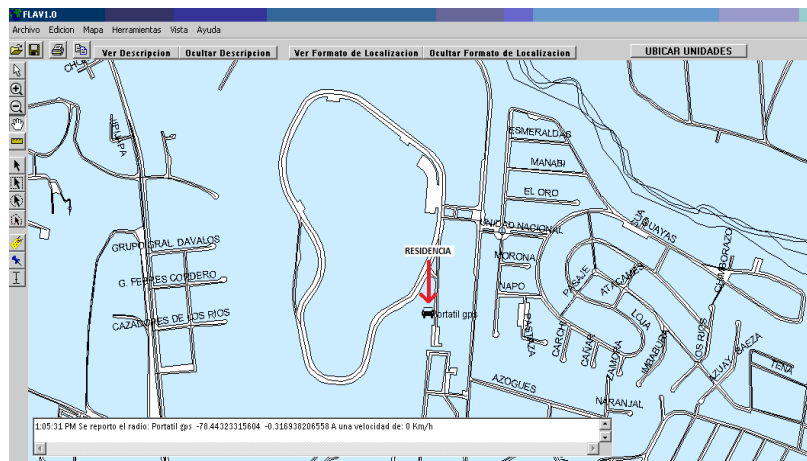


Figura. 6.3. Ubicación de la unidad en el sector de la Residencia de la ESPE en FLAV 1.0

En las figura 6.4, se muestra la posición del vehículo en la Residencia Universitaria dentro del mapas digital en el programa Google Maps.



Figura. 6.4. Ubicación de la unidad en el sector de la Residencia de la ESPE en Google Maps

- En el Monumento de la Cruz

En las figura 6.5, se muestra la posición del vehículo en el Monumento de la Cruz dentro del mapas digital en el programa FLAV 1.0.

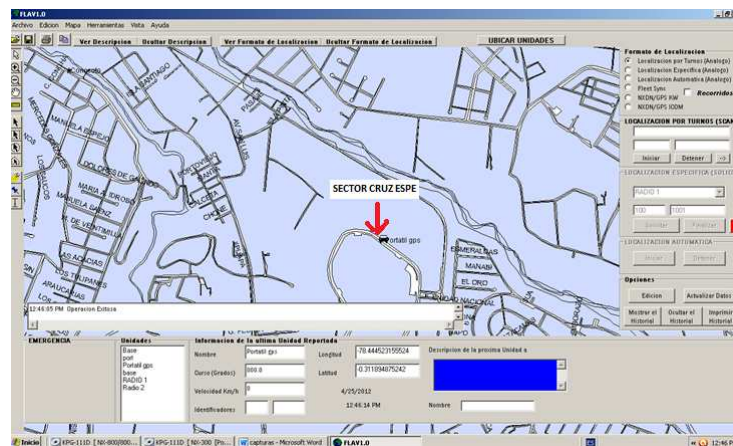


Figura. 6.5. Ubicación de la unidad en el sector de la Cruz en FLAV 1.0

En las figura 6.6, se muestra la posición del vehículo en el Monumento de la Cruz dentro del mapas digital en el programa Google Maps.



Figura. 6.6. Ubicación de la unidad en el sector de la Cruz en Google Maps

- Comedor Universitario

En las figura 6.7, se muestra la posición del vehículo en el Comedor Universitario dentro del mapas digital en el programa FLAV 1.0.

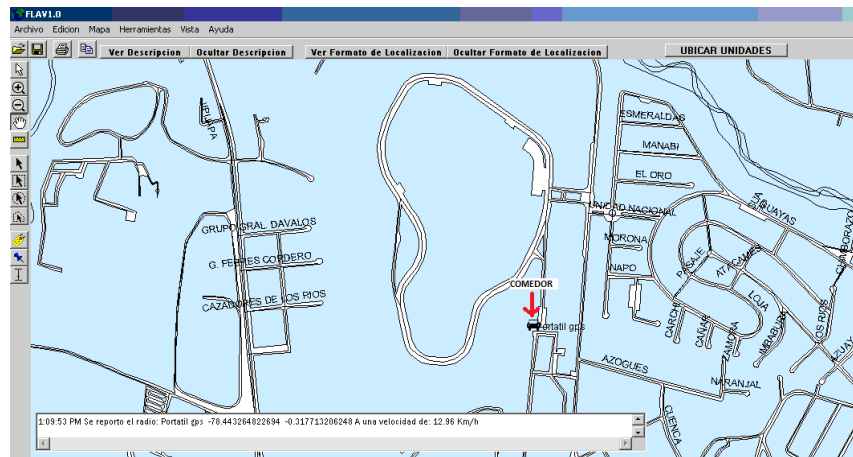


Figura. 6.7. Ubicación de la unidad en el sector del Comedor de la ESPE en FLAV 1.0

En las figura 6.8, se muestra la posición del vehículo en el Comedor Universitario dentro del mapas digital en el programa Google Maps.



Figura. 6.8. Ubicación de la unidad en el sector del Comedor de la ESPE en Google Maps

- **Parqueaderos del Bar**

En las figura 6.9, se muestra la posición del vehículo en los Parqueaderos del Bar dentro del mapas digital en el programa FLAV 1.0.

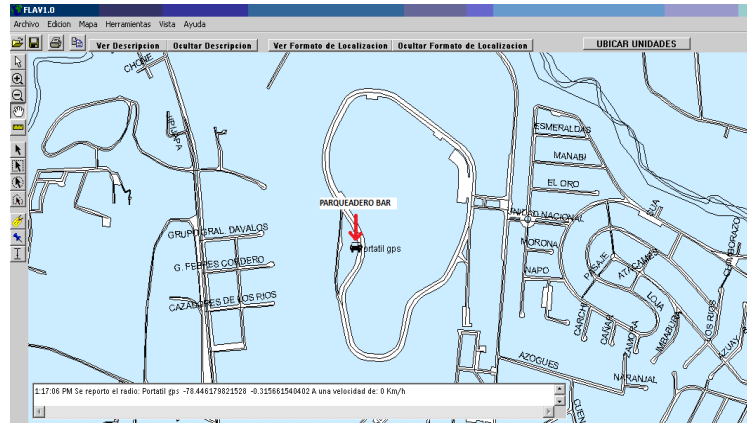


Figura. 6.9. Ubicación de la unidad los Parqueaderos del Bar en FLAV 1.0

En las figura 6.10, se muestra la posición del vehículo en los Parqueaderos del Bar dentro del mapas digital en el programa Google Maps.



Figura. 6.10. Ubicación del la unidad en los Parqueaderos del Bar en Google Maps

- **Prevención**

En las figura 6.11, se muestra la posición del vehículo en el sector de la Prevención dentro del mapas digital en el programa FLAV 1.0.

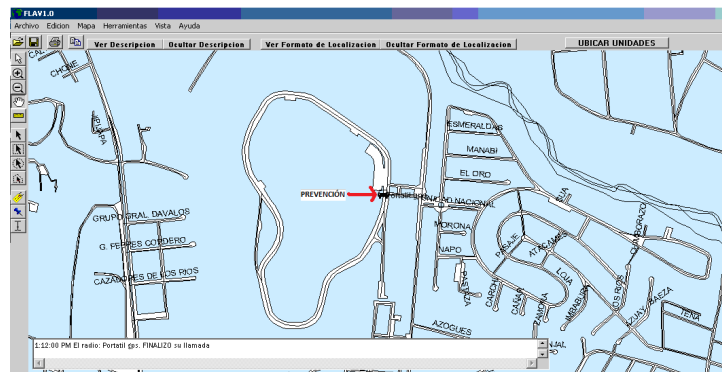


Figura. 6.11. Ubicación de la unidad en la Prevención de la ESPE en FLAV 1.0

En las figura 6.12, se muestra la posición del vehículo en el sector de la Prevención dentro del mapas digital en el programa Google Maps.



Figura. 6.12. Ubicación de la unidad en la Prevención de la ESPE en Google Maps

- **Monumento del Choclo**

En las figura 6.13, se muestra la posición del vehículo en el sector del Monumento del Choclo dentro del mapas digital en el programa FLAV 1.0.

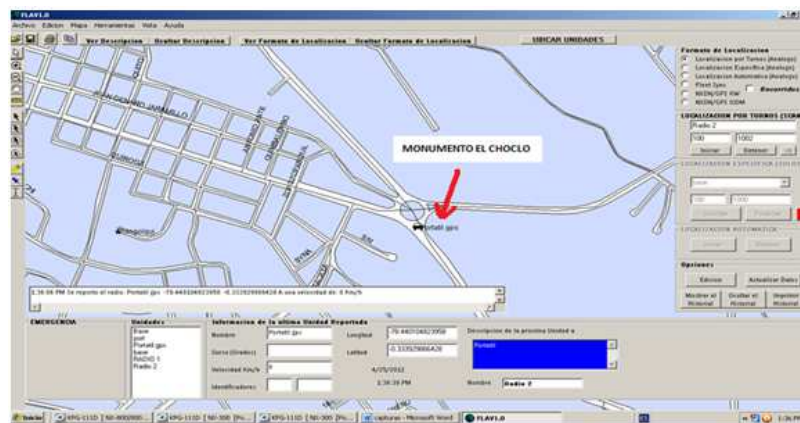


Figura. 6.13. Ubicación de la unidad en el Monumento del Choclo en FLAV 1.0

En las figura 6.14, se muestra la posición del vehículo en el sector del Monumento del Choclo dentro del mapas digital en el programa Google Maps.



Figura. 6.14. Ubicación de la unidad en el Monumento del Choclo de la ESPE en Google Maps

- **San Luis Shopping**

En las figura 6.15, se muestra la posición del vehículo en el sector del San Luis Shopping dentro del mapas digital en el programa FLAV 1.0.

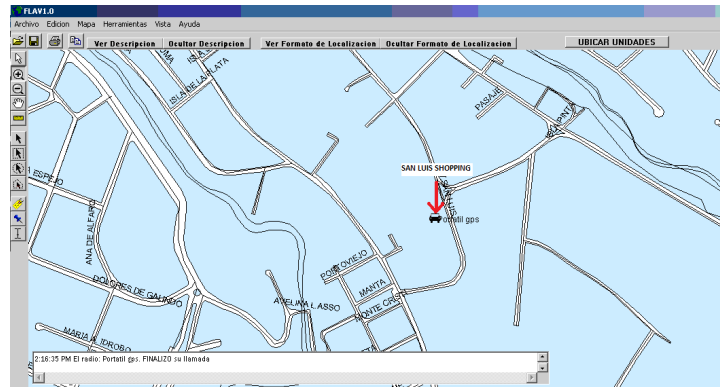


Figura. 6.15. Ubicación de la unidad en el San Luis Shopping en FLAV 1.0

En las figura 6.16, se muestra la posición del vehículo en el sector del San Luis Shopping dentro del mapas digital en el programa Google Maps.



Figura. 6.16. Ubicación de la unidad en el San Luis Shopping en Google Maps

- **Bomba de Gasolina Puma cerca al Colibrí**

En las figura 6.17, se muestra la posición del vehículo en el sector de la Bomba de Gasolina Puma dentro del mapas digital en el programa FLAV 1.0.

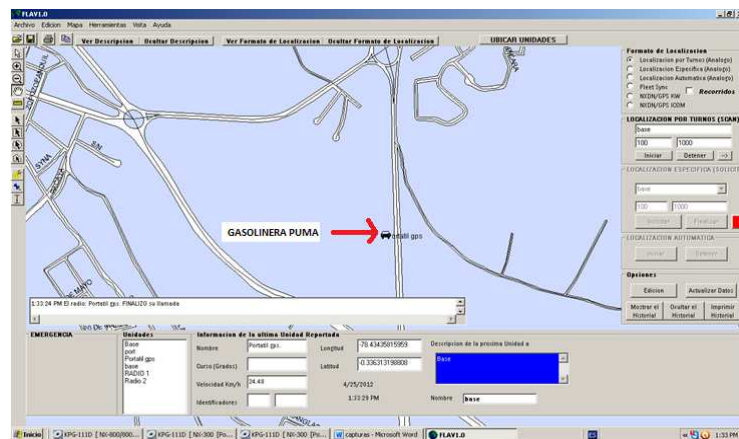


Figura. 6.17. Ubicación de la unidad en la Gasolinera Puma en FLAV 1.0

En las figura 6.18, se muestra la posición del vehículo en el sector de la Bomba de Gasolina Puma Transportes dentro del mapas digital en el programa Google Maps.



Figura. 6.18. Ubicación de la unidad en la Gasolinera Puma en Google Maps

- **Conocoto – Parque**

En las figura 6.19, se muestra la posición del vehículo en el sector del Parque de Conocoto dentro del mapas digital en el programa FLAV 1.0.

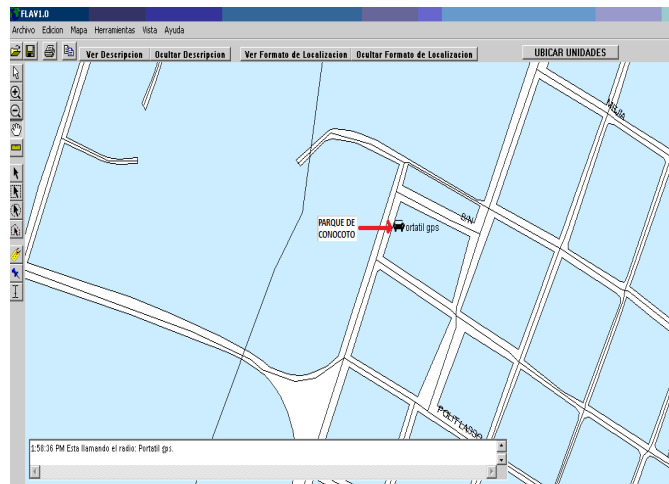


Figura. 6.19. Ubicación de la unidad en el Parque de Conocoto en FLAV 1.0

En las figura 6.20, se muestra la posición del vehículo en el sector del Parque de Conocoto dentro del mapas digital en el programa Google Maps.



Figura. 6.20. Ubicación de la unidad en el Parque de Conocoto en Google Maps

- **Autopista General Rumiñahui cerca al Puente 8**

En las figura 6.21, se muestra la posición del vehículo en la Autopista General Rumiñahui cerca al Puente 8 dentro del mapas digital en el programa FLAV 1.0.

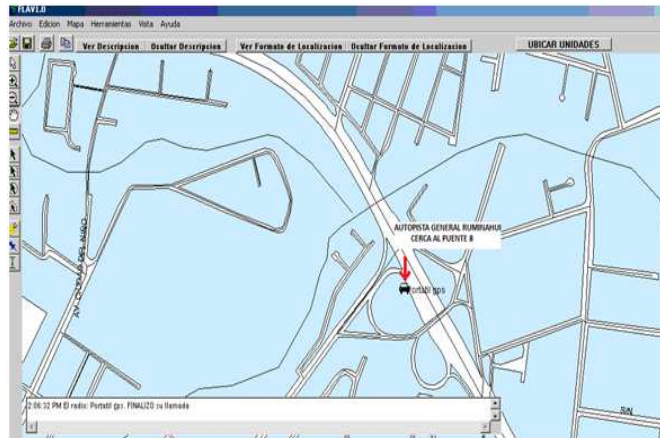


Figura. 6.21. Ubicación de la unidad cerca al Puente 8 en FLAV 1.0

En las figura 6.22, se muestra la posición del vehículo en la Autopista General Rumiñahui dentro del mapas digital en el programa Google Maps.



Figura. 6.22. Ubicación de la unidad cerca al Puente 8 en Google Maps

El error de posición del sistema de radiolocalización vehicular en relación a la posición determinada por Google Maps, se muestra en la tabla 6.6.

Tabla 6.6 Error de Posición

Punto de Prueba	Eje de Coordenada	Coordenadas FLAV 1.0	Coordenadas Google Maps	Error de Posición
Transportes	Latitud	-0.318868	-0.318830	0.000038
	Longitud	-78.445558	-78.445520	0.000038
Residencia	Latitud	-0.316938	-0.316901	0.000037
	Longitud	-78.443223	-78.443220	0.000003
Cruz	Latitud	-0.311894	-0.311890	0.000004
	Longitud	-78.444523	-78.444520	0.000003
Comedor	Latitud	-0.317797	-0.317760	0.000037
	Longitud	-78.443164	-78.443145	0.000019
Parqueaderos del Bar	Latitud	-0.315451	-0.315415	0.000036
	Longitud	-78.446149	-78.446118	0.000031
Prevención	Latitud	-0.314899	-0.314890	0.000009
	Longitud	-78.442783	-78.442751	0.000032
Monumento del Choclo	Latitud	-0.334107	-0.334073	0.000034
	Longitud	-78.440052	-78.440026	0.000026
San Luis Shopping	Latitud	-0.309463	-0.309461	0.000002
	Longitud	-78.450829	-78.450795	0.000034
Bomba de Gasolina PUMA	Latitud	-0.336293	-0.336261	0.000032
	Longitud	-78.434208	-78.434171	0.000037
Parque de Conocoto	Latitud	-0.291775	-0.291764	0.000011
	Longitud	-78.478107	-78.478073	0.000034
Autopista General Rumiñahui	Latitud	-0.283724	-0.283691	0.000033
	Longitud	-78.470068	-78.470033	0.000035

Se puede observar en la tabla 6.6, que los valores de latitud y longitud presentan una variación a partir de las diezmilésimas de minuto. Esta variación se debe a la tolerancia del receptor GPS, utilizado en la unidad móvil. Nótese por otro lado que los valores se mantienen constantes en grados y tres cifras decimales.

Para determinar la variación de posición, se toma en cuenta el mayor error a partir de las diezmilésimas de segundo y el valor de un grado ecuatorial, el cual es de 111.3 Km. Para el error de cálculo de posición, se utiliza la ecuación 6.2.

$$d = Error * GradoEcuatorial \quad \text{Ecuación 6.2}$$

$$d = 0.000038 * 111.3Km$$

$$d = 4.22metros$$

Según las normativas del CONATEL, se sugiere que el error máximo que deben presentar los receptores GPS, para el cálculo de la posición es de 5 metros, por lo tanto el sistema de radiolocalización cumple con lo establecido de acuerdo al organismo regulador.

Análisis de los Parámetros Obtenidos

1. Al revisar los resultados obtenidos del parámetro de transmisión de datos por solicitud, se puede ver que el sistema de radiolocalización vehicular es 92% confiable y eficiente debido a que de las 50 solicitudes de ubicación de la unidad, 46 solicitudes fueron realizadas con éxito. Por lo tanto, este sistema no presenta pérdidas de información al utilizar la señal de radio para la transmisión.
2. El tiempo de retardo de los datos de posición es de 2 segundos, el cual va a ser imperceptible por el usuario aunque este se encuentre en un lugar fijo o movilizándose. De esta manera, se verifica que el sistema de radio localización transmite sus datos en tiempo real.
3. El tiempo de retardo de los mensajes de texto para que se considere influenciable debe ser mayor o igual al 10%, sin embargo en el caso de

las pruebas realizadas es de 2 segundos, lo que representa un retardo mínimo, si tomamos en cuenta que un minuto representa el 3%. Por lo tanto, el usuario puede enviar mensajes de status, pre programados o no definidos en tiempo real y con un retardo mínimo.

4. En lo que se refiere a la exactitud de los datos obtenidos en los mapas digitales del programa FLAV 1.0, y al comparar los mismos con los datos de posición obtenidos de los puntos analizados en el programa Google Maps; se verifica que existe un error mínimo en los valores de latitud y longitud a partir de la cienmilésima de minuto. Sin embargo, esto no influye en la posición de la unidad a localizar

Por lo tanto, una vez realizado el análisis de los parámetros obtenidos, se concluye que el sistema es muy efectivo, confiable y cumple con las normas establecidas por el CONATEL.

Por ende, este debe implementarse en los vehículos de la ESPE, para lo cual, se debe montar la Red Digital de Radiocomunicaciones diseñada en este proyecto de tesis.

CAPÍTULO VII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Al culminar el presente proyecto, se presentan factores concluyentes que permiten corroborar los objetivos planteados y justificar los resultados obtenidos de acuerdo a los requerimientos presentados por la ESPE, y el cumplimiento de los mismos. Además se presentan ideas que aconsejan a tomar acciones coherentes para alcanzar metas y objetivos importantes para la futura implementación del proyecto.

7.1 CONCLUSIONES

- Las sedes de Héroes del Cenepa e Idiomas tienen un bajo nivel de recepción a pesar de estar a una distancia más cercana a la estación repetidora de Cruz Loma. Los factores que causan esta pérdida de la señal, son la topología del terreno y la presencia de obstáculos en Cruz Loma que obstruyen la primera zona de Fresnel. Al realizar la simulación de la red analógica de radiocomunicaciones en Radiomobile, se determinó que un aumento de 3m en la altura de la antena de la estación repetidora asegura un 90% libre de la primera zona de Fresnel, lo cual permite cubrir de una forma más óptima estas áreas con un alto nivel de recepción de la señal.

- El porcentaje de utilización de la red analógica VHF de radiocomunicaciones es del 54%, lo que se justifica debido a que los usuarios de los departamentos tales como el Administrativo, Servicios Universitarios, Transportes, Biblioteca y CICTE, han dejado de usar este sistema y utilizan como medio de comunicación el celular para realizar llamadas telefónicas y el envío de mensajes de texto, aunque estos servicios impliquen un costo.
- La red de radiocomunicación se reestructuro con los grupos de trabajo de Seguridad y Simplex, debido a que al realizar una encuesta a los oficiales directivos de la ESPE, manifestaron que el factor seguridad de la institución debe ser el objetivo principal de esta red. Por lo que el grupo de trabajo de seguridad se programó en todas las radios bases y portátiles, para permitir la comunicación entre las distintas sedes de la ESPE utilizando la estación repetidora de Cruz Loma. Así como el grupo de trabajo Simplex, el cual permite la comunicación interna en cada sede ya que si la estación repetidora presenta algún desperfecto, no se pierde en su totalidad la comunicación.
- El nivel promedio de audio que percibe el usuario una vez realizada la reestructuración de la red de radiocomunicaciones con los grupos de trabajo de Seguridad y Simplex, es de 4.35 en una escala máxima de 4.5. Este valor refleja la alta calidad del audio que provoca un gran nivel de satisfacción de los usuarios al comunicarse por esta red, pues sus comunicaciones son óptimas.
- Para realizar el estudio de factibilidad, se analizó prioritariamente los parámetros de frecuencia de operación, potencia de transmisión y sensibilidad, que son indispensables para el funcionamiento correcto de la red; de acuerdo al diseño se determinó que la marca Kenwood para repetidoras, radios bases, móviles y portátiles, y la marca Motorola en lo

que se refiere a los Puentes Inalámbricos de Ethernet ofrecen características técnicas adecuadas que se ajustan a nuestro diseño, Por lo que se concluye que estas marcas de equipos constituirán la mejor opción tecnológica para el equipamiento de la radio digital de la ESPE.

- Una vez analizados las propuestas económicas enviadas por las empresas proveedoras de equipos de radiocomunicación en base a las especificaciones técnicas requeridas por el proyecto, Se determinó que la empresa Maxi Group ofrece la mejor opción de compra debido a que ofrece el menor costo total del proyecto, garantía en los productos, servicio de mantenimiento y el menor tiempo de entrega.
- Las pruebas de campo realizadas para la localización vehicular mediante el monitoreo de vehículos que incorporan GPS en las radios digitales fue exitosa debido a que se pudo localizar exactamente el vehículo que lleva incorporada la radio con GPS, desde la central de monitoreo ubicada en el laboratorio de electrónica, por lo que se concluye que la incorporación de las radios digitales con GPS en los vehículos de la ESPE, es una opción tecnológica muy eficiente para el control de los vehículos de la institución ya que los datos de la posición, velocidad y mensajes de texto entre otros son enviados en tiempo real por la radio montada en el vehículo y recibidos de igual forma en la central de monitoreo.

7.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda la implementación de la red digital de radiocomunicaciones en la EPE Matriz y sus sedes, puesto que esta red incorporara innovaciones tecnológicas en el campo de las telecomunicaciones como lo es la localización mediante GPS, y todos los

beneficios que esta tecnología ofrece., considerando además que el diseño realizado en este proyecto se ha basado en datos reales producto de una investigación exhaustiva objeto de este proyecto

- Se recomienda entregar al personal, tanto militar, de transportes y administrativos de la ESPE el manual de mantenimiento y usos de los radios, para de esta forma extender la vida útil de los equipos.
- Una vez implementada la red digital que interactúa con la red análoga actual, se recomienda que los equipos de radio digitales operen en el modo mixto es decir que trabaje simultáneamente entre las dos tecnologías mientras se realiza completamente la migración total a la red digital de radiocomunicaciones, lográndose de esta forma no dar de baja a los equipos analógicos que actualmente posee la ESPE.
- Se recomienda realizar pruebas periódicas del nivel de potencia de recepción en cada una de las sedes, en la red análoga, para verificar que no exista interferencia por parte de usuarios no autorizados, ya que el uso de la banda de 151.625-152.525 MHz está reservado para la ESPE a través de las gestiones del Comando Conjunto, ante la SENATEL.
- Se recomienda que para tener una mejor recepción de las señales satelitales, la antena del receptor GPS de la radio digital se instale en un lugar externo de cada vehículo, de tal forma que tenga visibilidad al cielo para captar las señales de los satélites GPS en forma adecuada.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Plan de Atribución de Frecuencias, [http:// www.conatel.gob.ec](http://www.conatel.gob.ec), 2012-02-12.
- [2] Formularios para Concesión de Frecuencias, [http://www.conatel.gob.ec index.php?option=com_docmain&task=doc_download&gid=2914&Itemid](http://www.conatel.gob.ec/index.php?option=com_docmain&task=doc_download&gid=2914&Itemid), 2012-02-12.
- [3] Tipos de Línea Privada, <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/2829/1/T-ESPE-022933.pdf>, 2011-03-01
- [4] Estándares Analógicos y Digitales en la Radiocomunicaciones, <http://www.mercurybcn.com/radiocomunicaciones-profesionales.html>, 2012-03-02.
- [5] Infraestructura de Telecomunicaciones para una Red VHF, http://www.itu.int/ITU-D/cyb/publications/2003/IP-tel_report-es.pdf, 2012-03-05
- [6] Manuales de Programación de los Equipos de radio de 2 vías, marca Motorola, http://www.radiosistemas.com.mx/pdfs/radio_motorola_PRO5100_1.pdf, 2012-04-11.
- [7] Manuales de Programación del equipo Repetidor Kenwood modelo TKR-750E, http://www.kenwood.es/WebFiles/File/ES/.../Flyer%20TKR-750_850.pdf, 2012-04-11.
- [8] Pasos para elaborar una encuesta, <http://www.crecenegocios.com/como-hacer-una-encuesta/>, 2011-04-20
- [9] Enlaces de Radio Digitales en Radiomobile, [http:// www.huntingbears www..com.ve/documentos /radioenlaces-estudio.pdf](http://www.huntingbears.com.ve/documentos/radioenlaces-estudio.pdf) , 2012-05-03.
- [10] Manual de usuario del software PTP Link Planner, [http:// www.motorola .com/.../PTP+LINKPlanner](http://www.motorola.com/.../PTP+LINKPlanner), 2012-05-06.
- [11] Equipos de la serie PTP Motorola, [http://www.sicom.com.uy/recursos ptp500/PTP500_Specsheet_XL-ES.pdf](http://www.sicom.com.uy/recursos/ptp500/PTP500_Specsheet_XL-ES.pdf), 2012-05-11.
- [12] Cálculos Radioelectricos <http://upc.edu> [http://upcommons.upc.edu /pfc/bitstream/2099/pfc/bitstream/2099/pfc/bitstream/2099.1/3819/2/40377-2.pdf](http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099/pfc/bitstream/2099/pfc/bitstream/2099.1/3819/2/40377-2.pdf), 2012-05-13.
- [13] Consideraciones para un Estudio de Factibilidad Técnica, <http://www.cid.uc.edu.ve/fponte/ejemplo/factib.pdf>, 2012-06-02.

- [14] Sistema de Localización vehicular FLAV 1.0, <http://www.syscom.com.mx/PDF/mkt/flav10.pdf>, 2012-06-07.
- [15] Migración a la tecnología Digital con equipos Nexedge de Kenwood, <http://nexedge.kenwood.com/>, 2012-06-16
- [16] Redes Ip para sistemas de radio digital, <http://www.2realpeople.com/Docs/QL-U9aMIe4p.pdf>, 2011-06-30
- [17] Estudio Económico, <http://www.economia.unam.mx/secss/docs/tesisfe/GomezAM/cap3.pdf>, 2012-07-13.

FECHA DE ENTREGA

El día de 20 de septiembre del 2012, en la ciudad de Sangolquí, firman en constancia de la entrega del presente Proyecto de Grado titulado “LEVANTAMIENTO Y REESTRUCTURACIÓN DE LA RED ANALÓGICA DE LA ESPE Y PROPUESTA DE MIGRACIÓN A LA RADIO DIGITAL CON PRUEBAS Y APLICACIONES ”, en calidad de autor el Sr. Pablo Alejandro Andrade Villafuerte & el Sr. Darío Javier Tipán Oscullo, estudiantes de la carrera de Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones, y recibe por parte del Departamento de Eléctrica y Electrónica el Director de la Carrera de Telecomunicaciones, el Señor Coronel Edwin Chávez:

Pablo Alejandro Andrade Villafuerte
171805081-6

Darío Javier Tipán Oscullo
171619543-1

CrnI. Edwin Chávez Morillo

DIRECTOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN
TELECOMUNICACIONES