



“Responsabilidad con pensamiento positivo”

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL

TRABAJO DE TITULACIÓN EN OPCIÓN AL GRADO DE:

“INGENIERO EN ELETRÓNICA DIGITAL Y TELECOMUNICACIONES “

TEMA: ESTUDIO Y DISEÑO DE UN SISTEMA DIGITAL DE RADIOCOMUNICACIÓN VHF DE DOS VÍAS, EL CUAL PERMITA TENER REPORTES DE LA MAQUINARIA PESADA Y LIVIANA DEL GADMA, DEL CANTÓN ARCHIDONA

AUTOR: OTERO JURADO JULIO CESAR

TUTOR: PhD. RENÉ ALBERTO CAÑETE BAJUELO

AÑO 2017

INFORME FINAL DE RESULTADOS DEL PIC

CARRERA:	Electrónica Digital y Telecomunicaciones
AUTOR/A:	Otero Jurado Julio Cesar
TEMA DEL TT:	ESTUDIO Y DISEÑO DE UN SISTEMA DIGITAL DE RADIOCOMUNICACIÓN VHF DE DOS VÍAS, EL CUAL PERMITA TENER REPORTES DE LA MAQUINARIA PESADA Y LIVIANA DEL GADMA, DEL CATÓN ARCHIDONA
ARTICULACIÓN CON LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL:	Tecnología Aplicada a la Producción y Sociedad
SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL:	Desarrollo de Sistemas Comunicaciones para Áreas rurales del Cantón Archidona
ARTICULACIÓN CON EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL DEL ÁREA	Diagnóstico de los Sistemas de Comunicación para maquinaria pesada y liviana del cantón Archidona
FECHA DE PRESENTACIÓN DEL INFORME FINAL:	AÑO 2017

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, Otero Jurado Julio Cesar, CI 1500625676 autor/a del trabajo de graduación: **Estudio y Diseño de un Sistema Digital De Radiocomunicación VHF de dos vías, el cual permita tener reportes de la maquinaria pesada Y liviana del GADMA, Del Catón Archidona**, previo a la obtención del título de **Ingeniería en Electrónica Digital y Telecomunicaciones** en la UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de difundir el respectivo trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de graduación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Quito, febrero del 2017

Atentamente.

Otero Jurado Julio Cesar

C.I. 1500625676

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por todas sus bendiciones, a mi madre Edna Jurado, por su infinito amor y por enseñarme a disentir entre lo malo y lo bueno, a mi padre Teo Otero, por todo su incondicional apoyo en mis estudios. A todos los profesores de la UTECI que lograron en mí el gusto por la Electrónica y Telecomunicaciones. A mis hermanos, a mi familia. A los compañeros de trabajo que dilucidaron mi mente y brindaron su apoyo en momentos difíciles de mi vida. A mi hijo Julián Alejandro Otero Moreno y a su madre quienes son hoy por hoy el eje fundamental de mi vida.

JULIO OTERO

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a mi hijo, Julián Alejandro Otero Moreno, quien con su inocencia y ternura ha inspirado que no decline en mis objetivos, mi agradecimiento y dedicación por enseñarme que lo más importante en la vida es saber luchar con honestidad.

Dedico este esfuerzo a mis Padres, Hermanos, amigos y compañeros que han confiado siempre en mí.

JULIO OTERO

*Dios es mi Seguridad
No temas, porque yo estoy contigo; no
Desmayes, porque yo soy tu Dios
Que te esfuerzo; siempre te ayudaré,
Siempre te sustentaré con la diestra
De mi gloria*

Isaías 41:10

ÍNDICE

AGRADECIMIENTO	III
DEDICATORIA IV	
ÍNDICE V	
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	X
ÍNDICE DE ECUACIONES	XI
RESUMEN 1	
SUMMARY 2	
1. INTRODUCCIÓN	3
1.1 PROBLEMA INVESTIGADO	4
1.2 OBJETIVOS5	
1.2.1 OBJETIVO GENERAL:	5
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	5
2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA Y METODOLÓGICA DEL PRODUCTO.....	6
2.1 TECNOLOGÍAS DE COMUNICACIONES VHF.....	6
2.2 SEÑALES DE RADIO COMUNICACIONES.....	7
2.2.1 Ondas electromagnéticas y Espectro Radioeléctrico.....	7
2.2.2 Propagación en la banda VHF	8
2.2.3 Comunicación Digital	9
2.3 TDMA VS. FDMA	11
2.3.1 FDMA (Acceso Múltiple por División de Frecuencia).....	11
2.3.2 TDMA (Acceso Múltiple por División de Tiempo).....	11
2.4 FUNDAMENTO LEGAL	12
2.4.1 Definiciones	13
2.4.2 Requisitos De Concesión	14
2.5 ESTUDIO DE INGENIERÍA.....	16
2.5.1 Introducción	16
2.5.2 Identificación De La Demanda De Servicios.....	16
2.5.3 Área de Cobertura del Proyecto.	23
2.5.4 Consideración de los equipos de Comunicación.	23
2.5.5 Componentes Del Sistema.....	26

2.5.6	Diagramas de bloques de los módulos del Sistema de Comunicaciones VHF de dos vías.....	28
2.5.7	Equipos Digitales	30
3.	PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS	35
3.1	DISEÑO DEL SISTEMA DE COMUNICACIONES VHF DIGITAL	35
3.2	ANÁLISIS DE LOS REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA DIGITAL VHF.....	36
3.3	TIPO DE TRÁFICO A CURSARSE POR LA RED Y DETERMINACIÓN DEL ANCHO DE BANDA	36
3.3.1	Tráfico.....	36
3.3.2	Ancho de banda.....	37
3.3.3	Diseño de Enlaces	37
3.4	PLANIFICACIÓN DE ENLACES	38
3.4.1	Zona 1 Enlace Central:	40
3.4.2	Zona 2 Equipos Fijos:	41
3.4.3	Zona 3 Equipos Móviles:	42
3.4.4	Características De Los Enlaces	43
3.5	ZONA 1: ENLACE CENTRAL (CÁLCULOS TEÓRICOS).....	48
3.5.1	Propuesta De Enlace	49
3.5.2	Parámetros De Enlace	54
3.6	ZONA 1: ENLACE CENTRAL (Cálculos en Radio Móvil)	61
3.6.1	Análisis De Resultados	63
3.6.2	Conclusión técnica:.....	64
3.6.3	Validación de los resultados del (ENLACE CENTRAL ZONA 1).	64
3.6.4	Conclusión técnica:.....	66
3.7	ZONA 2: ENLACES DE EQUIPOS FIJOS.....	67
3.8	CONFIGURACIÓN DE EQUIPOS MOTOROLA MEDIANTE SOFTWARE CPS.68	
3.8.1	Configuración del Repetidor DGR 6175 en la RPT Santa Rita:	68
3.8.2	Configuración de la Radio Base DGM 8500 en la Central GADMA:	69
3.9	ZONA 3 - COBERTURA DE EQUIPOS MOVILES.	70
3.9.1	Repetidora Santa Rita o (RPT Santa Rita).	71
3.9.2	Análisis de Resultados de la ZONA 3:.....	74
3.9.3	Conclusión técnica:.....	76
3.10	CRITERIO TÉCNICO DEL SISTEMA VHF DIGITAL.....	76

3.11	UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA REPETIDORA VHF DIGITAL.....	76
3.12	TOPOLOGÍA DEL SISTEMA VHF DIGITAL.....	77
3.13	INSTALACIONES EN EL CERRO DE SANTA RITA.....	78
3.14	ANÁLISIS TÉCNICO.....	82
3.15	ANÁLISIS ECONÓMICO DEL SISTEMA DIGITAL DE RADIOCOMUNICACIÓN VHF DE DOS VÍAS.....	82
3.16	SELECCIÓN DE EQUIPAMIENTO PARA EL SISTEMA DIGITAL VHF.	83
3.17	COSTO DE INSTALCIÓN Y MANO DE OBRA DEL SISTEMA VHF DIGITAL ...	84
3.18	GASTOS EN MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DIGITAL VHF.	85
3.19	TIEMPO ESTIMADO PARA LA EJECUCIÓN Y FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA VHF DIGITAL.....	86
3.20	COSTO TOTAL QUE COMPRENDEN LA INFRAESTRUCTURA VHF DIGITAL	88
3.21	ANÁLISIS DE GASTOS Y RETRIBUCIÓN DEL SISITEMA DIGITAL DE RADIOCOMUNICACIÓN VHF.....	91
	CONCLUSIONES:	100
	RECOMENDACIONES:.....	102
	BIBLIOGRAFÍA	103

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Sistema Analógico 2 canales.....	9
Figura 2.2 Sistema Digital 2 canales.	9
Figura 2.3 Organigrama de la Estructuras de la ARCOTEL en el Ecuador.	15
Figura 2.4 Formulario de demanda de servicios de un sistema VHF digital.	17
Figura 2.5 Segmentos de mercado.....	19
Figura 2.6 Áreas de aplicación VHF.	19
Figura 2.7 Servicios que requiere la empresa.....	20
Figura 2.8 Interés en comunicación en grupos separados.....	20
Figura 2.9 Ambientes de trabajo de radios VHF.	21
Figura 2.10 Características de seguridad de la radio VHF.....	22
Figura 2.11 Tecnología de radio digital MOTOTRBO.	24
Figura 2.12 Repetidor DGR 6175 VHF/UHF.	28
Figura 2.13 Base Fija DGM 8500 VHF/UHF.	29
Figura 2.14 Radio Móvil DGM 8500 VHF/UHF.	29
Figura 2.15 Radio Portátil DGP 8550 VHF/UHF.	30
Figura 2.16 Cargador Samplex power SEC-2430A y Battery Guard BG-60.....	34
Figura 3.1 Distancias entre los puntos SITIO-REPETIDORA.	37
Figura 3.2 Área de cobertura del Cantón Archidona.	38
Figura 3.3 Sistema Digital de Comunicación VHF del GADMA.....	39
Figura 3.4 Distancias entre los puntos SITIO-REPETIDORA.	40
Figura 3.5 Ubicación y Localización de los equipos Cantón Archidona.....	45
Figura 3.6 Zona 1 y sus sitios de trabajo.	46
Figura 3.7 Zona 2 y sus sitios de trabajo.	47
Figura 3.8 Zona 3 y sus sitios de trabajo.	48
Figura 3.9 Perfil topográfico enlace RPT Santa Rita – GADMA.	55
Figura 3.10 Programa Radio Mobile ingreso de datos del enlace.....	62
Figura 3.11 Programa Radio Mobile y análisis de resultados.	63
Figura 3.12 Programa Radio Mobile y análisis de resultados.	64
Figura 3.13 Programa Radio Mobile en verificaciones de perfil y zona de Fresnel.	65
Figura 3.14 Programa Radio Mobile verificación enlace con línea de vista factible.....	67
Figura 3.15 Configuración de la RPT Santa Rita con el CPS de MOTOTRBO.	68
Figura 3.16 Configuración de la RPT Santa Rita con el CPS de MOTOTRBO.	69
Figura 3.17 Configuración de la Central GADMA con el CPS de MOTOTRBO.....	69
Figura 3.18 Configuración de la Central GADMA con el CPS de MOTOTRBO.....	70
Figura 3.19 Nivel de Señal en el Programa Radio Mobile.....	70
Figura 3.20 Programa Radio Mobile en verificaciones de cobertura.	71
Figura 3.21 Lóbulo de Cobertura de RPT Santa Rita en 3D, Cantó Archidona.	72
Figura 3.22 Representación del Área de cobertura en Archidona.....	73
Figura 3.23 Radio Mobile en verificaciones de cobertura y recepción de señal 3D.....	73
Figura 3.24 Nivel de Recepción.....	74
Figura 3.25 Ubicación Geográfica de RPT Santa Rita y posible Troncal.	77
Figura 3.26 Topología de red del sistema VHF digital.	77

Figura 3.27	Estructura y equipos de red del sistema VHF digital.....	78
Figura 3.28	Conexión de equipos con sistema de Respaldo en RPT Santa Rita.	80
Figura 3.29	Conexión de equipos con sistema de Respaldo en GADMA.....	81
Figura 3.30	Conexión de equipos con sistema de Respaldo en Talleres M.	81
Figura 3.31.	Eficiencia de trabajo sin el Sistema Digital de Radiocomunicación VHF.	95
Figura 3.32.	Eficiencia de trabajo con el Sistema Digital de Radiocomunicación VHF.....	95
Figura 3.33.	Eficiencia de trabajo sin el Sistema Digital de Radiocomunicaciones VHF. ...	98
Figura 3.34.	Eficiencia de trabajo con el Sistema Digital de Radiocomunicación VHF.....	98

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Nomenclatura de las Bandas de Frecuencia y Longitudes de Onda.....	7
Tabla 2.2 Cuadros Nacionales de Frecuencia Sección 137,175 – 148 MHz.	8
Tabla 2.3 Características de sistemas de radios analógicos y digitales.	10
Tabla 2.4 Comparación de la tecnología analógica (FDMA) y la tecnología digital (TDMA).	12
Tabla 2.5 Requisitos para Fijo-Móvil-Terrestre, para Concesión de la Arcotel.	14
Tabla 2.6 Empresas entrevistadas sobre aplicaciones de comunicación VHF.	18
Tabla 2.7 Segmentos del mercado.	19
Tabla 2.8 Áreas de aplicación de radio VHF en la empresa.....	19
Tabla 2.9 Servicios que requiere la empresa.	20
Tabla 2.10 Interés de comunicación de usuarios en grupos separados.	20
Tabla 2.11 Tipos de ambientes de trabajo de la radio VHF.....	21
Tabla 2.12 Características de seguridad de radios VHF.	22
Tabla 2.13 ¿Por qué el cliente considera importante un sistema de comunicaciones de dos vías?.....	22
Tabla 2.14 Repetidora Digital DGR 6175.....	31
Tabla 2.15 Radio portátil MOTOTRBO DGP8550.	32
Tabla 2.16 Radio MOTOTRBO DGM 8500.	33
Tabla 2.17 Duplexor Q2220E VHF.....	33
Tabla 3.1 Detalles de la Zona 1.	41
Tabla 3.2 Detalles de la Zona 2.	41
Tabla.3.3 Detalles de la Zona 3.	42
Tabla 3.4 Rango de Frecuencias.	43
Tabla 3.5 Características Climáticas.	44
Tabla 3.6 Características de la A. Látigo.....	44
Tabla 3.7 Características de la A. Dipolos.	45
Tabla 3.8 Perdidas en espacio libre (FSL) en los enlaces.....	50
Tabla 3.9 Ganancia de Antenas.....	52
Tabla 3.10 Cálculo de Pérdidas totales por sitio.	53
Tabla 3.11 Cálculo del PIRE por sitio.....	54
Tabla 3.12 Coordenadas Geográficas de los Sitios Zona 1.....	55
Tabla 3.13 Determinación de Confiabilidad del Enlace.	60
Tabla 3.14 Porcentaje de Error entre resultados Teóricos y de Radio Mobile.	66
Tabla 3.15 Detalles de la Cobertura Cerro Santa Rita Zona 3.	75
Tabla 3.16 Diseño del Sistema Digital Radiocomunicación VHF.....	79
Tabla 3.17 Valores de equipos de telecomunicaciones.....	84
Tabla 3.18 Cronograma de Actividades de implementación del Sistema Digital VHF.	87
Tabla 3.19 Valores reales del Proyecto equipos e instalación.....	88
Tabla 3.20 Análisis 1 de la retribución del Proyecto sin el Sistema Digital VHF.	91
Tabla 3.21 Análisis 1 de la retribución del Proyecto con el Sistema Digital VHF.	93
Tabla 3.22 Análisis 2 de la Retribución del Proyecto sin el Sistema Digital VHF.....	96
Tabla 3.23 Análisis 2 de la Retribución del Proyecto con el Sistema Digital VHF.....	97

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 2.1 Relación longitud de onda, frecuencia y velocidad de la luz.....	7
Ecuación 3.1 Perdidas en el espacio libre.	50
Ecuación 3.2 PIRE del sistema.	52
Ecuación 3.3 Decibel mili vatio.	52
Ecuación 3.4 Radio de la zona de Fresnel.	56
Ecuación 3.5 Altura de despeje del radioenlace.	57
Ecuación 3.6 Margen de despeje.	57
Ecuación 3.7 Potencia de recepción de un radioenlace.	58
Ecuación 3.8 Umbral de recepción.....	59
Ecuación 3.9 Margen de desvanecimiento.	60
Ecuación 3.10 Error porcentual.	65

RESUMEN

El presente proceso de titulación, describe una investigación teórica y de campo, necesario para realizar el diseño de un sistema digital de radiocomunicación en las bandas de muy altas frecuencias (VHF), desarrollado para el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Archidona (GADMA), del cantón de Archidona, provincia de Napo. El mismo que permitirá tener una comunicación por voz entre; un departamento de trabajo del ente municipal, que es el encargado de realizar las operaciones logísticas en obra civil que será denominado, central de comunicaciones, con los demás departamentos encargados en brindar apoyo directo a la comunidad archidonense, los mismos que están dotados tanto con equipamiento vehicular pesado y liviano, o en otros casos solo se movilizan a pie. De esta forma se logra efectivizar el trabajo colectivo del ente público encargado en brindar desarrollo al cantón, se puede mejorar los tiempos de respuesta a emergencias catastróficas si fuere el caso o minimizar riesgos y gastos en movilización del personal y maquinaria.

En el proceso de diseño se tiene refuerzos tanto de cálculos teóricos, como de manejos prácticos con el software Radio Mobile, y Google Earth, los cuales permiten conocer parámetros y determinar la confiabilidad de enlace de una red. En la parte final del desarrollo de este proyecto de titulación se encuentran refuerzos como; las especificaciones de equipos, proceso para adentrarse en la asignación y estudio de frecuencia con el ente encargado ARCOTEL, así como también gráficos de los enlaces proporcionados por el software a manera de comprobar la factibilidad que tiene este proyecto para ser implementado.

PALABRAS CLAVE: Radiocomunicación, VHF, Dos vías, Radio Mobile.

SUMMARY

The present titration process describes a theoretical and field research, necessary to realize the design of a digital system of radio communication in the bands of very high frequencies (VHF), developed for the Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Archidona (GADMA) (Autonomous Decentralized Municipal Government of Archidona) of the canton Archidona in Napo province, the same that will allow to have a communication by voice through this department of the Municipal entity, which one is in charge of carrying out the logistical operations in civil works that will be called central communications, with other departments in charge of providing direct support to the Archidona community, the same ones that are equipped with both heavy and light vehicle equipment or in other cases they only moved on foot, in this way it is possible to make effective the collective work of the public entity in charge of providing development to the canton, in this way they can improve the response times to catastrophic emergencies if this is the case and minimizing risks and expenses in transportation of personnel and machinery. In the design process we have reinforcements so from theoretical calculations as well as practical handles with the Radio Mobile software and Google Earth, which allow to know parameters and to determine the reliability of connection of a network. In the final part of the development of this degree project are reinforcements such as: equipment specifications process to access the assignment and frequency study with the entity in charge ARCOTEL, as well as graphics of the links provided by the software in order to check the feasibility of this project to be implemented.

KEYWORDS: Radio communication, VHF, Two way, Radio Mobile.

1. INTRODUCCIÓN

Al inicio del presente proyecto de telecomunicaciones, se tiene el planteamiento del problema, junto con sus objetivos los cuales encaminan a dar una solución a dicho problema.

En la primera parte se tiene la fundamentación teórica y metodológica del proyecto relacionado con los sistemas de Muy Altas Frecuencias (VHF) analógicos y digitales, se desarrolla un cuadro comparativo de estas, donde además se comparan las tecnologías que hoy por hoy, son la competencia en el mercado, de acuerdo con su técnica de acceso al medio, TDMA, y FDMA. Además, se detallan los fundamentos legales a los cuales se debe acoger, de acuerdo a un ente de regulación nacional, sumados a requisitos de concesión por cumplir y así utilizar el espacio de frecuencia asignado. En la parte final de esta primera sección, como parte fundamental de este proyecto, se detalla el proceso de estudio, la selección de equipos necesarios y también la tecnología que manejan.

En la segunda parte como presentación de resultados, se realiza el diseño del sistema VHF Digital de dos vías. Se analizan las rutas de trabajo de la maquinaria pesada y liviana del Gobierno Autónomo Descentralizado del Municipio de Archidona (GADMA), en toda el área cantonal. Se realiza un estudio de investigación de campo para conocer la geografía del terreno y dimensionar la cobertura del sistema, además se establece la factibilidad de funcionamiento del sistema digital en los lugares propicios a ubicar la repetidora. Se utilizan herramientas computacionales que ayudan a describir los procesos con simulaciones y análisis de cobertura, además de la topología e instalación del nuevo sistema de red de comunicación. Con esto, se obtienen algunos resultados, conclusiones y recomendaciones que hacen referencia a los objetivos planteados en la planificación de tesis.

Antes de finalizar, se adjuntan los anexos donde se presenta el marco legal, relacionado con el cálculo de las tarifas por concesión y permiso de uso de una frecuencia de 12.5 kHz para VHF. Se anexan también los detalles de costos directos por implementación y soporte, se realiza el coste totalizado con equipos de la red VHF digital,

que son necesarios para el GADMA, y se determina el valor del costo de inversión de la misma, con el fin de justificar su implementación.

1.1 PROBLEMA INVESTIGADO

Los sistemas de radiocomunicaciones de VHF prevalecen en el tiempo. Es en esta era digital de las telecomunicaciones, donde existe evolución en los equipos de comunicación, de acuerdo a la generación de nuevas necesidades de importancia en el sector público y privado, por lo que se requiere aplicar nuevas tecnologías, donde tiene mayor capacidad, confiabilidad, disponibilidad, eficiencia.

En el presente proyecto como objetivo principal, se especifica el proceso de diseño del Sistema Digital de Radiocomunicación VHF digital de dos vías, donde se desea aprovechar el espectro electromagnético de Radio Frecuencia (RF), para tener reportes de toda la maquinaria pesada y liviana del GADMA. Se pretende proveer de cobertura aproximadamente 3039.2 Km² del área geográfica del Cantón Archidona, provincia de Napo. Donde su ambiente geográfico pone a prueba lo último en tecnología en redes digitales, al competir con los sistemas de telecomunicaciones analógicas tradicionales, en; aspectos técnicos, comerciales y económicos, de acuerdo a las características geográficas en la selva amazónica, y su distribución variada de la población.

Los problemas de operación en obra civil en los cuales se ve afectado el GADMA, es en el trabajo que realiza con empeño el departamento de Obras Publicas y su maquinaria pesada de trabajo, enfocado en la apertura de carreteras y a mejorar las condiciones de vida de las comunidades cercanas, esto para la mayoría de los sectores rurales, ya que es ahí donde existe poca señal o es casi nula la cobertura de las operadoras tradicionales, y esto juega un papel muy importante al momento de garantizar un trabajo rápido y eficaz, sumado a ignorar totalmente el funcionamiento operativo de la maquinaria, y de ser el caso fortuito, estas maquinarias no pueden ser auxiliadas a tiempo, al desconocer su respectiva localización.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GENERAL:

Realizar el Estudio y Diseño de un Sistema Digital de Radiocomunicación VHF de dos vías, el cual permita tener reportes de la maquinaria pesada y liviana del GADMA, del cantón Archidona.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Investigar, Recopilar y organizar información necesaria para ejecutar la base centralizada de Radiocomunicaciones VHF digital, en el cantón.
- Realizar el estudio del área del terreno que se desea abarcar, y la cobertura de señal en VHF que se va a tener en el cantón Archidona.
- Realizar un estudio de campo en el lugar de trabajo de la maquinaria del GADMA, para investigar las condiciones del terreno a tratar.
- Realizar un proceso de selección teórico y de campo en el área del cantón Archidona, del lugar más adecuado para ubicar el centro de repetición.
- Diseñar el radio enlace, entre la base central de comunicación, su repetidora, equipos móviles y portátiles, con la utilización del software indicado, para tener una cobertura total en el sector y entrelazar los departamentos de trabajo del GADMA.
- Analizar e identificar el hardware y software necesarios que comprendan la infraestructura de la central; Radios bases y móviles, antenas, y demás elementos, que hagan posible la comunicación por voz, con la maquinaria del GADMA.
- Realizar el estudio de frecuencia para interactuar en las bandas de VHF del espectro de radio frecuencia, y presentarlo con el fin de tener la autorización, para su determinado uso en las organizaciones respectivas, según las normativas técnicas de la IEEE y ANSI a nivel internacional, y las normativas legales de la ARCOTEL, en el Ecuador.
- Detallar conclusiones y recomendaciones del sistema digital de radiocomunicación VHF de dos vías. Y una propuesta económica del mismo proyecto, para su posible implementación.

2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA Y METODOLÓGICA DEL PRODUCTO

2.1 TECNOLOGÍAS DE COMUNICACIONES VHF

El objetivo de esta tesis no es un análisis profundo de los conceptos básicos de telecomunicaciones, que se pueden encontrar en textos y en trabajos ya realizados. Por lo que se procede a dar una definición general de los mismos.

Se conoce que un sistema de radiocomunicación permite transmitir un mensaje desde un punto llamado fuente o emisor a otro conocido como receptor, normalmente se requiere que la comunicación sea bidireccional.

Las telecomunicaciones, son la transmisión, emisión o recepción de todo tipo información de cualquier naturaleza que se realiza a través de medios guiados y no guiados, u otros sistemas electromagnéticos.

Además, se conoce que las telecomunicaciones pueden ser punto a punto, punto a multipunto o teledifusión, donde la versión más popular es la radio comunicación. Tal es el caso que para el presente proyecto se estudiará la Radiocomunicación VHF, por tanto, como una descripción breve se tiene que: Primero, un sistema de radiocomunicaciones depende de la tecnología, normas, reglamentos, asignación de espectro radioeléctrico, las necesidades del usuario, servicio de posicionamiento. Segundo, el equipo de radio que participan en los sistemas de comunicación incluye un transmisor y un receptor, cada una con una antena y los equipos terminales adecuados, como un micrófono en el transmisor y un altavoz en el receptor en el caso de un sistema de comunicación de voz.

A través del tiempo, los sistemas de radio comunicaciones clásica usan la multiplexación por división de frecuencia (FDM) como una estrategia para dividir y compartir el ancho de banda disponible, mientras que en los sistemas actuales se utiliza la multiplexación por división de tiempo (TDM), los equipos considerados en este proyecto utilizan la multiplexación TDMA de la técnica TDM, que serán estudiados como parte inicial en este capítulo. Fuentes: (TOCCI, 2004) - (TOMASI, 2003)

2.2 SEÑALES DE RADIO COMUNICACIONES

2.2.1 Ondas electromagnéticas y Espectro Radioeléctrico.

El espectro radioeléctrico es considerado según Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), como el conjunto de ondas electromagnéticas, cuya frecuencia es menor a 3000 GHz, y se propagan a través del espacio sin guía artificial. También es considerado para uso exclusivo del estado, convirtiéndolo en un bien de dominio público imprescriptible.

El rango de operación del espectro electromagnético para un sistema de radiocomunicaciones VHF está entre 30MHz y 300MHz, se puede apreciar en la tabla 2.1, donde la longitud de onda varía correspondientemente entre 10m y 1m, respecto a la velocidad de la luz = 3×10^8 m/s, y a la frecuencia f en MHz, mediante la fórmula, que se expresa en la ecuación 2.1. Fuente: (UIT-T/UIT-R/ISO/CEI, 2013)

Ecuación 2.1 Relación longitud de onda, frecuencia y velocidad de la luz.

$$\lambda = \frac{c}{f} \text{ (m).}$$

Tabla 2.1 Nomenclatura de las Bandas de Frecuencia y Longitudes de Onda.

Número de la banda	Símbolos (en inglés)	Gama de frecuencias (excluido el límite inferior, pero incluido el superior)	Subdivisión métrica correspondiente	Abreviaturas métricas para las bandas
4	VLF	3 a 30 kHz	Ondas miriamétricas	B.Mam
5	LF	30 a 300 kHz	Ondas kilométricas	B.km
6	MF	300 a 3000 kHz	Ondas hectométricas	B.hm
7	HF	3 a 30 MHz	Ondas decamétricas	B.dam
8	VHF	30 a 300 MHz	Ondas métricas	B.m
9	UHF	300 a 3000 MHz	Ondas decimétricas	B.dm
10	SHF	3 a 30 GHz	Ondas centimétricas	B.cm
11	EHF	30 a 300 GHz	Ondas milimétricas	B.mm
12		300 a 3000 GHz	Ondas decimilimétricas	

Fuente: (Arcotel, 2012)

2.2.2 Propagación en la banda VHF

A continuación, se describe algunas características de la banda VHF, y en la tabla 2.2, se indican las opciones de rangos de frecuencia a nivel nacional en los cuales se puede interactuar:

- VHF: Very High Frequency (muy altas frecuencias), Gama de frecuencia: de 30 - 300 MHz, Longitud de onda: de 10 a 1 metros.
- Uso típico: enlace de radio a corta distancia, televisión, radiodifusión en frecuencia modulada.
- Trayectoria de propagación predominante, por onda directa, Esporádicamente propagación ionosférica o troposférica.

La banda VHF es menos afectada por: el ruido atmosférico, la interferencia de los aparatos eléctricos de frecuencias más bajas, por los edificios y otros objetos de menor importancia a comparación de la frecuencia UHF.

Tabla 2.2 Cuadros Nacionales de Frecuencia Sección 137,175 – 148 MHz.

137,175 - 148 MHz		
REGIÓN 2	ECUADOR	
Banda MHz	Banda MHz	Rango MHz Nota EQA (resumen): Servicio (Sistema/Uso)
138 - 143,6 FIJO MÓVIL RADIOLOCALIZACIÓN Investigación espacial (espacio-Tierra)	138 - 143,6 FIJO MÓVIL	138-143,6 <i>EQA.25: FIJO y MÓVIL (radio de dos vías)</i>
143,6 - 143,65 FIJO MÓVIL RADIOLOCALIZACIÓN INVESTIGACIÓN ESPACIAL (espacio-Tierra)	143,6 - 143,65 FIJO MÓVIL	143,6-143,65 <i>EQA.25: FIJO y MÓVIL (radio de dos vías)</i>
143,65 - 144 FIJO MÓVIL RADIOLOCALIZACIÓN Investigación espacial (espacio-Tierra)	143,65 - 144 FIJO MÓVIL	143,65-144 <i>EQA.25: FIJO y MÓVIL (radio de dos vías)</i>
144 - 146 AFICIONADOS AFICIONADOS POR SATÉLITE	144 - 146 AFICIONADOS AFICIONADOS POR SATÉLITE	
146 - 148 AFICIONADOS	146 - 148 AFICIONADOS	

Fuente: (Arcotel, 2012)

2.2.3 Comunicación Digital

En la historia de las telecomunicaciones se tiene como uno de los primeros inventos en sistemas de comunicación digital al telégrafo, posteriormente se construyó el teléfono y los sistemas de comunicación se tornaron analógicos, pero en la actualidad se construyen todo tipo de computadoras lo que hizo que el sistema de comunicación predominante sea el Digital.

Un sistema de comunicación codifica y digitaliza información, si toma en cuenta que al transmitir dicha información se pueden generar ruidos que pueden perturbar la misma, por lo que es importante tener formas de detectar y corregir errores. Para analizar, se muestra en las Figuras 2.1 y 2.2, la importancia de digitalizar la información analógica para volverla más robusta en; detección de errores de transmisión, obtener mayor capacidad y eficiencia en los grupos de trabajo, y abaratar costos de infraestructura. De esta forma se puede ubicar al sistema actual en la era de comunicación actual digital predominante.

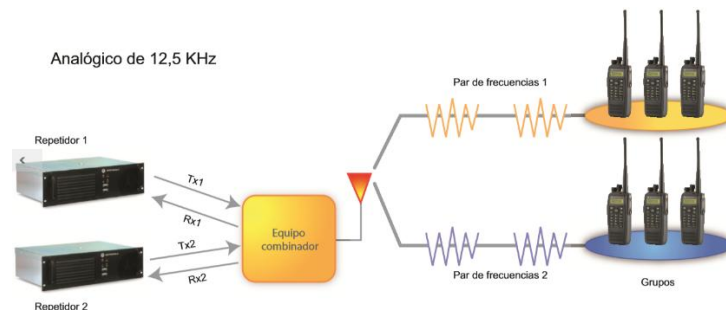


Figura 2.1 Sistema Analógico 2 canales.

Fuente: (Motorola, 2010)

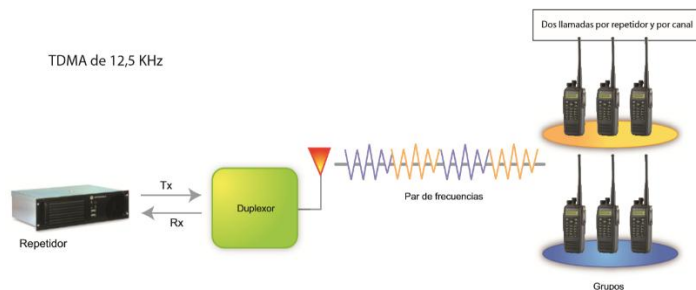


Figura 2.2 Sistema Digital 2 canales.

Fuente: (Motorola, 2010)

A continuación, se pueden detallar en la tabla 2.3, algunas características de los sistemas analógico y digitales, con el fin de comparar y resaltar las virtudes de cada uno, entre las más importante se tiene, el ancho de banda que manejan, las aplicaciones que se pueden generar a partir de esta, la calidad de audio que genera, entre otras.

Tabla 2.3 Características de sistemas de radios analógicos y digitales.

DESCRIPCIÓN	ANALÓGICO	DIGITAL
Tipo de información	Continua	Discreta – bits
Acceso al medio	FDMA	FDMA, TDMA
Anchos de banda	12.5kHz, 15kHz, 20kHz, 25kHz, 30kHz	6.25kHz, 12.5kHz, 15kHz, 20kHz, 25kHz, 30kHz
Aplicaciones	Voz, señalización básica: PTT ID, alarmas, etc.	Voz, datos, aplicaciones digitales: mensajes, localización GPS, inhibición de radios, telemetría básica, control y monitoreo, etc.
Calidad de audio	Se degrada de forma lineal con la distancia.	Mayor uniformidad en misma área de cobertura por codificación, control de ruido y errores.
Capacidad de comunicación por canal	Fija	Mayor capacidad, tanto en comunicación de voz y de datos.
Conversaciones por canal	1	1 en FDMA y 2 en TDMA
Economía	Baja, pero limitada por falta de escalabilidad, actualización y flexibilidad.	Alta, pero con ventaja de escalabilidad, actualización y flexibilidad por software.
Energía	Uso ineficiente	Administración de energía.
Etapas de transmisión	Modulación/Demodulación, Mezclador IF/RF Amplificador	Codificación/Decodificación, Multiplexación/Demultiplexación, Modulación/Demodulación, Mezclador IF/RF Amplificador
Inmunidad al ruido	Baja	Alta
Modulación	AM, FM, PM	ASK, FSK, PSK, QAM
Privacidad y confidencialidad	Pobre	Alta
Recuperación de Audio	Depende del cerebro humano para descifrar comunicaciones con ruido o interferencia, llamada "zona gris".	Es imposible si la relación señal a ruido es inferior a un determinado umbral, ya que se elimina la "zona gris".
Velocidad	Limitada por elementos de circuitos y el medio de trasmisión.	Alta en la parte de procesamiento, y limitada por características del medio de transmisión.

Fuente: (Leon W. Couch, 2008)

2.3 TDMA VS. FDMA

“La tecnología TDMA ofrece un método directo para lograr la equivalencia de 6,25 KHz en canales de repetidores de 12,5 KHz”. Fuente: (Motorola, 2010)

Esta referencia explica la ventaja que tienen los usuarios con bandas licenciadas asignadas ya congestionadas, que cambian su sistema analógico tradicional FDMA por el método de acceso al medio TDMA, donde se trabaja con todo el ancho de banda del canal de 12,5 KHz, y éste incrementa su eficiencia espectral dividiéndolo en dos intervalos de tiempo alternos. Por tanto, con la tecnología digital se logra ventajas de comunicación para que los radios digitales puedan trabajar dentro de un solo canal del repetidor, al generar el doble de la capacidad de tráfico, y una cobertura de RF igual o superior a la de los radios analógicos tradicionales.

2.3.1 FDMA (Acceso Múltiple por División de Frecuencia)

El proceso que sigue el método de acceso al medio FDMA, comienza al modular la información, y esta se transmite por canales con bandas de frecuencia distintas. Luego se recibe dicha información y se demodula para obtener su banda natural, generalmente esto se usa en radiocomunicaciones, como se ve en la Figura 2.1.

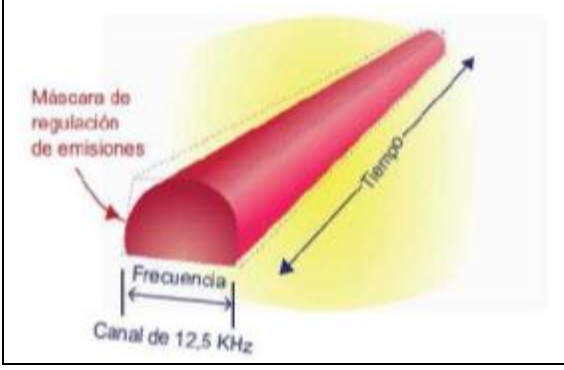
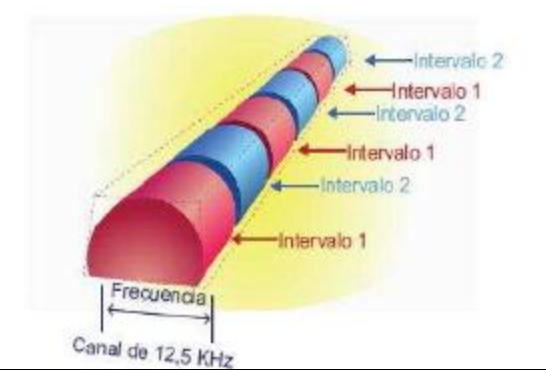
2.3.2 TDMA (Acceso Múltiple por División de Tiempo)

“TDMA implica el uso de técnicas de compresión de voz digitales, que permite a múltiples usuarios compartir un canal común al utilizar un orden temporal”, Fuente: (Llanos, 2013).

Un ejemplo de la referencia citada que utiliza el método de acceso al medio TDMA, son los sistemas de los celulares, donde se utiliza la técnica TDMA, sobre una estructura FDMA, para codificar la voz, comprimir datos, y lograr eliminar redundancia o periodos de silencio. Hoy por hoy el uso de este método permite ampliar metas personales y empresariales, e incursionar en lo último en tecnología digital.

En la Tabla 2.4, se pueden apreciar algunas diferencias importantes que caracterizan a estas tecnologías, las mismas que permiten aclarar, cuál de estas tiene mejor desempeño al momento de transferir la voz como objeto principal.

Tabla 2.4 Comparación de la tecnología analógica (FDMA) y la tecnología digital (TDMA).

	
<p>FDMA</p>	<p>TDMA</p>
<p style="text-align: center;">FDMA de 12,5 KHz</p> <ul style="list-style-type: none"> - Se tiene y se ocupa una sola transmisión por voz por cada canal de 12,5 KHz. - Se tiene un repetidor para cada canal utilizado. 	<p style="text-align: center;">TDMA de 12,5 KHz</p> <ul style="list-style-type: none"> - Se divide al canal que existe en dos intervalos de tiempo alternos, y aumenta al doble la capacidad de tráfico del repetidor, así también tiene mayor desempeño - Se realiza el trabajo de dos repetidores con uno solo, y no se necesita equipos combinadores de RF. - Esto aumenta el 40% la autonomía promedio de la batería del radio.

Fuente: (Motorola, 2010)

2.4 FUNDAMENTO LEGAL

“PLAN NACIONAL DE FRECUENCIA ECUADOR 2012, El Consejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL) en uso de sus atribuciones establecidas en la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformatoria, aprobó mediante Resolución No. TEL-391-15-CONATEL-2012 de 4 de julio de 2012 las modificaciones del Plan Nacional de Frecuencias de septiembre de 2008”, Fuente: (Arcotel, 2012).

La referencia indicada reduce el área de trabajo de este proyecto de telecomunicaciones según las normas y reglamentos a los cuales se tiene que regir, para ponerlo en marcha. El cual se considera oportuno y de interés señalar, para más detalles de este proceso se encuentran en el Plan Nacional de Frecuencias, revisar el Anexo II.

2.4.1 Definiciones

Espectro Radioeléctrico. - Considerado por la Constitución de la Republica ecuatoriana como un sector estratégico, donde el estado se reserva el derecho de administrarlo, regularlo, y gestionarlo.

“La legislación de telecomunicaciones ecuatoriana lo define como un recurso natural limitado, perteneciente al dominio público del Estado, inalienable e imprescriptible”.

Fuente: (Llanos, 2013)

Mediante este sector se puede brindar gran variedad de servicios en lo que respecta a telecomunicaciones, y tienen un gran impacto en el desarrollo social y económico del país.

2.4.1.1 Sistemas de Radiocomunicación.

En base a lo antes mencionado se puede aclarar que es un conjunto de estaciones radioeléctricas fijas y móviles que se las establece con fines específicos propios de telecomunicación bajo condiciones determinadas en las leyes del país. Estos sistemas de radiocomunicación se pueden clasificar en:

- Sistemas privados y Sistemas explotación.

2.4.1.2 Sistemas Privados.

Estos sistemas de comunicación privados son destinados para uso único y exclusivo del usuario. Estos sistemas están prohibidos su alquiler a terceras personas, y son considerados sistemas de radiocomunicación para ayuda a la comunidad.

2.4.1.3 Sistemas de Explotación.


Estos sistemas de comunicación de explotación son destinados para dar servicio al público en forma de libre competencia. Estos sistemas no podrán ser los tratados bajo ningún punto de vista como ayuda al a comunidad.

2.4.2 Requisitos De Concesión

2.4.2.1 Persona Jurídica

Los requisitos que se solicita a personas naturales o jurídicas en la ARCOTEL, para obtener la concesión de frecuencias y operar un sistema de radiocomunicación, de servicio fijo-móvil terrestre, se muestran en la Tabla 2.5.

Tabla 2.5 Requisitos para Fijo-Móvil-Terrestre, para Concesión de la Arcotel.

		Cód. IT-ACL-01 Versión: 01	
CONCESIÓN - SERVICIO FIJO Y MÓVIL TERRESTRE (Sistemas privados y de Explotación):			
Información legal:		P.N.	P.J.
1	Solicitud dirigida al señor Secretario Nacional de Telecomunicaciones, detallando: nombres y apellidos completos (en caso de personas jurídicas del representante legal), dirección domiciliaria y el tipo de servicio que requiere.	SI	SI
2	Copia a color de la Cédula de Ciudadanía, Identidad o Pasaporte (en caso de personas jurídicas del representante legal)	SI	SI
3	Copia a color del Certificado de votación del ultimo proceso electoral (en caso de personas jurídicas del representante legal)	SI	SI
4	Copia certificada o protocolizada del Registro Único de Contribuyentes (R.U.C)	SI	SI
5	Original de la Fe de presentación de la solicitud presentada al Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas de antecedentes personales para el otorgamiento del certificado de idoneidad, exceptuando Instituciones Estatales.	SI	SI
6	Copia certificada o protocolizada de la escritura constitutiva de la compañía y reformas en caso de haberlas, debidamente inscrita.	NO	SI
7	Copia certificada o protocolizada del nombramiento del Representante Legal debidamente inscrito	NO	SI
8	Original del Certificado actualizado del cumplimiento de obligaciones otorgado por la Superintendencia de Compañías o Superintendencia de Bancos según el caso, a excepción de las instituciones estatales.	NO	SI
9	Copia certificada o protocolizada del (los) contrato(s) de arrendamiento del terreno o Escritura del inmueble que acredite el derecho de propiedad del solicitante, esto es en caso de necesitar la instalación de estaciones repetidoras.	SI	SI
10	Original del AVAL de la autoridad del transporte competente del Permiso de Operación, en el caso de Compañías, o Cooperativas de transporte	NO	SI
Información financiera:			
11	Original del Certificado de Obligaciones económicas de la Secretaria Nacional de Telecomunicaciones.	SI	SI
12	Original del Certificado de no adeudar a la Superintendencia de Telecomunicaciones.	SI	SI
Información técnica:			
13	Estudio técnico del sistema, elaborado en el formulario disponible en la página Web del CONATEL, suscrito por un ingeniero en electrónica y telecomunicaciones (Adjuntar registro SENESCYT). La información técnica y operativa solicitada en el formulario, estándares y detalle que la SENATEL determine como necesarios para cada servicio al que aplicare el solicitante	SI	SI
14	Otros documentos que la SENATEL requiera, con la debida justificación.		
NOTA: Estos requisitos deben ser presentados de manera: vigente, legible y en el orden establecido.			

Fuente: (Arcotel, 2012)

En la figura 2.3, se indica la estructura organizativa que tiene la ARCOTEL, para administrar, regular y controlar el uso del espectro eléctrico, el cual ayuda a seguir de cerca el proceso de filtración al que se sujeta el presente estudio de frecuencia en VHF.

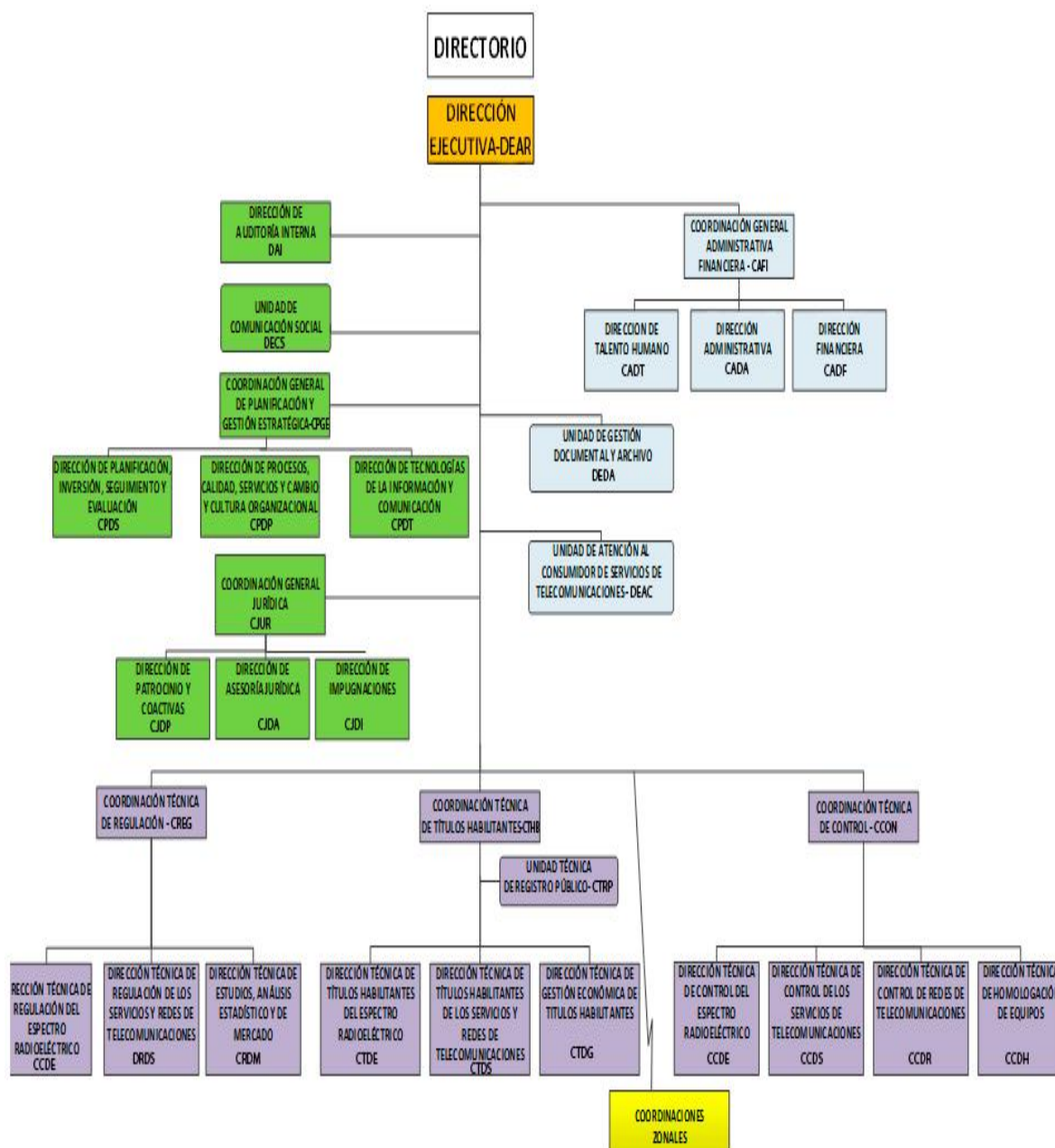


Figura 2.3 Organigrama de la Estructuras de la ARCOTEL en el Ecuador.

Fuente: (Arcotel, 2012)

2.5 ESTUDIO DE INGENIERÍA

2.5.1 Introducción

Una de las empresas que tuvo éxito por los años cuarenta se inició durante la Segunda Guerra Mundial, donde convirtió su pequeño taller de ensamble de eliminadores de baterías en una compañía de alcance global internacional, es la empresa Motorola. Esta al impulsar el desarrollo de la radio de dos vías denominado, portátil Handie-Talkie, cumple su principal objetivo, el cual es ayudar a las personas a tener comunicación en grupos de trabajo, y su oferta tecnológica posibilita la integración de las radiocomunicaciones en un entorno global digital.

Por tal razón a continuación, en este estudio de radiocomunicación se realiza un análisis técnico, para conocer la demanda de las empresas usuarias del sistema VHF, que tiene la localidad, donde se describirán algunas recomendaciones. Se establecerá además el área de cobertura en VHF del sistema y sus respectivos alcances.

En la parte final del estudio de radiocomunicación se presenta, características y especificaciones técnicas, de los equipos a usarse en el sistema digital de dos vías, las cuales permitirán; conocer su tecnología, reconocer capacidades, ventajas, desventajas, y seleccionar los modelos más convenientes para el diseño.

2.5.2 Identificación De La Demanda De Servicios.

Al dar cumplimiento con el objetivo principal del proyecto de radiocomunicación, se debe comprender los requerimientos de algunas empresas y los usuarios del sistema VHF del sector. Para esto se realizó una entrevista en las empresas y negocios de diferentes actividades, que funcionan en el área del Cantón Archidona, con el fin de reconocer la demanda de aplicaciones y servicios digitales. La Figura 2.4, muestra el formato de la entrevista realizada, basado en un formato de Motorola el que permite establecer el perfil del cliente.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL
ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES
TESIS: ESTUDIO Y DISEÑO DE UN SISTEMA DIGITAL DE RADIOCOMUNICACIÓN VHF DE DOS VÍAS, EL CUAL PERMITA TENER REPORTES DE LA MAQUINARIA PESADA Y LIVIANA DEL GADMA, DEL CATÓN ARCHIDONA
Julio César Otero Jurado

Datos de la Empresa

Empresa: Área / División: Contacto: Cargo: Dirección:	Ubicación - Ciudad: Provincia: Teléfono: Fax: E-mail:
--	--

Tipo de mercado o ambiente en que labora

<input type="checkbox"/> Agricultura / Campo	<input type="checkbox"/> Industria / Manufactura	<input type="checkbox"/> Construcción	<input type="checkbox"/> Hotel / Recreación
<input type="checkbox"/> Comercio	<input type="checkbox"/> Transporte	<input type="checkbox"/> Petróleo / Gas	<input type="checkbox"/> Servicios
<input type="checkbox"/> Comunidades / Usuarios	<input type="checkbox"/> Gobierno / Utilidades	<input type="checkbox"/> Turismo	<input type="checkbox"/> Otros:

Encuesta

1 ¿Cuántos empleados trabajan en su empresa?

Menos de 10 Entre 50 y 100
 Entre 10 y 30 Más de 100
 Entre 30 y 50

2 ¿En qué áreas de la empresa ve la aplicación de radio?

Administración Mantenimiento
 Logística Transporte
 Ventas Operaciones
 Seguridad
 Otros:

3 ¿Cuántos usuarios necesitan comunicarse?

4 ¿Qué tipo de aparatos necesitan los usuarios?

Portátil De fácil Mantenimiento
 Móvil Tamaño Compacto
 Con funciones de gerencia Tamaño estándar
 Con controles y programación
 Otros:

5 ¿Qué tipo de servicios necesitan los usuarios?

Voz Telemetría
 Datos Monitoreo
 Privacidad Inhibición de radios
 Disponibilidad Localización
 Mensajes de texto
 Otros:

6 ¿Los usuarios necesitan comunicarse en grupos separados?

Sí
 No
 ¿Cuántos?

7 ¿Los equipos de radio serán usados en ambientes?

Industriales interiores En la interperie
 Industriales exteriores Combustibles
 Otros:

8 ¿Cuáles características de seguridad son requeridas en su actividad?

9 ¿Cuánto tiempo por día se requiere operar la radio?

3 horas 12 horas
 6 horas 24 horas

10 ¿En qué locaciones utilizaría las radios?

Área Urbana Locaciones de riesgo
 Área Rural Locaciones remotas
 Otros:

11 ¿Por qué considera importante un sistema de comunicaciones de dos vías?

(Enumere del 1 al 3, siendo 1 el más importante)

Agiliza el trabajo y genera operaciones
 Economiza tiempo y reduce gastos
 Aumenta la seguridad y previene accidentes
 Otros:

12 En caso de poseer equipos ¿Qué marca son?

Motorola Icom
 Kenwood Yaesu/Vertex
 Otros:

13 ¿Utilizan algún accesorio con estos equipos?

Accesorios de audio Cabezal remoto
 Antenas Estuches
 Baterías Handsets
 Cargadores Micrófonos
 Otros:

14 Le interesaría rentar una radio para paseos o viajes de trabajo como medida de seguridad?

Sí
 No
 ¿Por qué?

Firma: _____

Figura 2.4 Formulario de demanda de servicios de un sistema VHF digital.

Fuente: El Autor

En la Tabla 2.6 siguiente, se observan los nombres de las empresas entrevistadas con los resultados más importantes, sin profundizar en el análisis de cada segmento del mercado, requerido para un sistema especializado.

Tabla 2.6 Empresas entrevistadas sobre aplicaciones de comunicación VHF.

#	EMPRESA	ÁREA	CONTACTO	CARGO	DIRECCIÓN
1	Cuerpo de Bomberos	Servicios Públicos	Sr. Ronald Puetate	Comandante General	Archidona
2	Policía Nacional	Servicios Públicos	Tnt. Pedro Andy	Oficial	Archidona
3	Cooperativa de Taxis "Rutas Amazónicas"	Transporte	Lcdo. Nelson Mena	Presidente	Archidona
4	Cooperativa de Taxis "Ciudad Archidona"	Transporte	Sr. Juan Ríos	Presidente	Archidona
5	Municipio Archidona GADMA	Gobierno	Ing. Felipe Alvarado	Dpto. de Transporte	Archidona
6	Cooperativa de Buses "Expreso Napo" Archidona	Transporte	Lcdo. Raúl Espinosa	Presidente	Archidona
7	Cooperativa de taxis "Archidona Libre"	Transporte	Abg. Fernando Moya	Gerente	Archidona
8	Campamento Militar Archidona	Militar	Cabo Alex Salazar	Comandante a Cargo	Archidona
9	Cooperativa Tena Limitada	Servicios Públicos	Ing. Alex Huaca	Gerente Administrativo	Archidona
10	Junta Parroquial de San Pablo	Gobierno	Ing. Sergio Yumbo	Administrativo	Archidona
11	Comisaría Municipal	Gobierno	Tcml. Teodoro Otero	Comisario	Archidona
12	Comisaría Policial	Gobierno	Lcda. Gicela Yépez	Comisaria	Archidona
13	Servientrega	Logística	Sr. Mario Pérez	Socio	Tena
14	Empresa Eléctrica Ambato	Servicios Públicos	Ing. Jackson Baquero	Gerente Administrativo	Tena
15	Sede de Conducción "ANETA"	Operaciones	Sr. Manolo Rivadeneira	Socio	Tena
16	Cooperativas de Transporte "Amazonas"	Transporte	Sr. José Rubio	Socio	Tena
17	Compañía de Seguridad	Logística	Tnt. Uve Llori	Presidente	Tena
18	Sindicato de Choferes Tena	Servicios Públicos	Ing. Pablo Oñate	Presidente	Tena
19	Compañía de Construcción y Maquinaria "Jumandy"	Construcción	Sr. Pedro Proaño	Presidente	Archidona
20	Compañía de Construcción y Maquinaria "Kango"	Construcción	Sr. Bolívar Mancheno	Presidente	Archidona

Fuente: El Autor

2.5.2.1 Segmentos del mercado.

Se identifican 7 segmentos de mercado, que desempeñan 20 actividades, las cuales se ven en la Tabla 2.7, y en la Figura 2.5, se aprecian los porcentajes de los segmentos.

Tabla 2.7 Segmentos del mercado.			
#	Segmento del Mercado	Total	%
1	Construcción	2	10
2	Gobierno	4	20
3	Logística	2	10
4	Militar	1	5
5	Operaciones	1	5
6	Servicios Públicos	5	25
7	Transporte	5	25
8	TOTAL	20	100

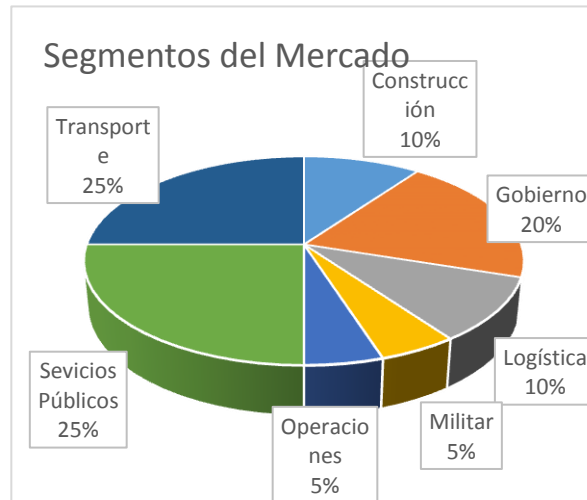


Figura 2.5 Segmentos de mercado.

Fuente: El Autor

2.5.2.2 Áreas de aplicación de radio VHF en la empresa.

Tabla 2.8 Áreas de aplicación de radio VHF en la empresa.			
#	Áreas de Aplicación	Total	%
1	Transporte y Seguridad	8	40
2	Administración	5	25
3	Logística	3	15
4	Operaciones	3	15
5	Mantenimiento	1	5
6	TOTAL	20	100

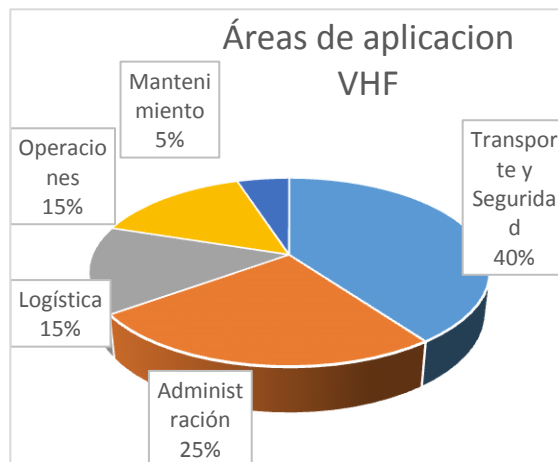


Figura 2.6 Áreas de aplicación VHF.

Fuente: El Autor

La Tabla 2.8, y la Figura 2.6, resumen diferentes áreas de aplicación, por ejemplo, el 40% de las empresas consultadas requiere el uso de un radio VHF para el Transporte y tener mayor seguridad.

2.5.2.3 Servicios de tecnología VHF digital

Los servicios y aplicaciones que demandan las empresas se ven en Tabla 2.9, y en la Figura 2.7.

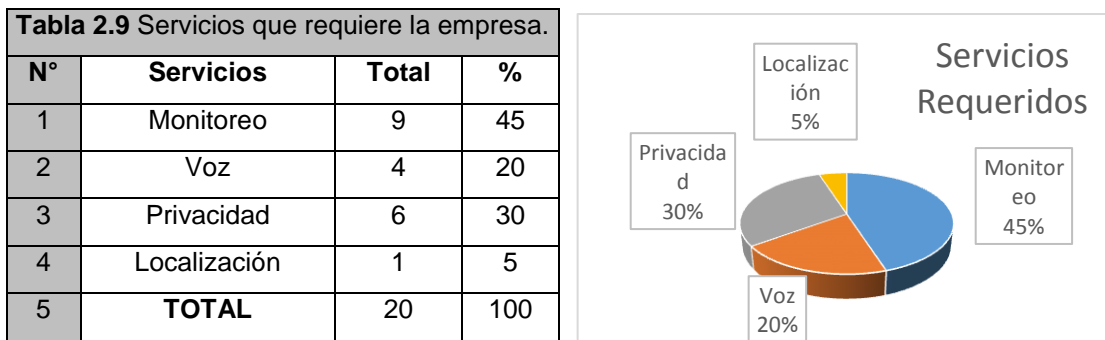


Figura 2.7 Servicios que requiere la empresa

Fuente: El Autor

2.5.2.4 Requerimientos de llamada selectiva - grupos separados.

La comunicación VHF digital permite, en el mismo canal, comunicar a grupos de trabajo distintos, y así mejorar el uso del espectro radioeléctrico. Es importante la disciplina en el uso de la radio. La Tabla 2.10, muestra el Interés de comunicación de usuarios en grupos por separado y la Figura 2.8, muestran los resultados.

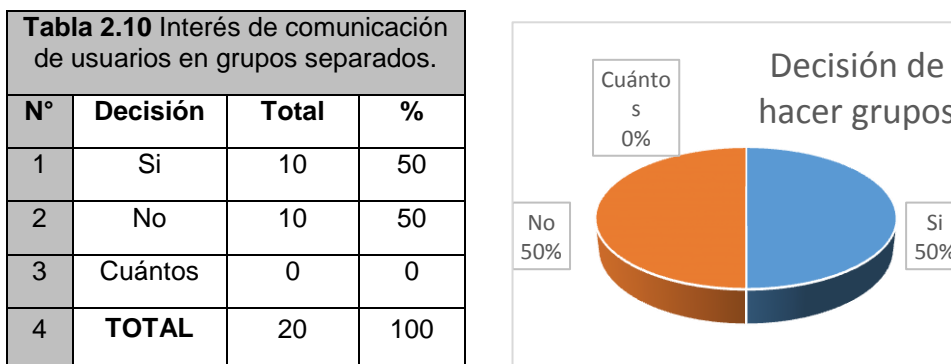


Figura 2.8 Interés en comunicación en grupos separados.

Fuente: El Autor

2.5.2.5 Ambientes de trabajo de la radio VHF y características de seguridad.

El ambiente de trabajo se refiere a donde va a ser utilizada la radio. La Tabla 2.11, muestra los tipos de ambientes de trabajo de la radio VHF, y la Figura 2.9, presenta los resultados, por ejemplo; el 45% de las empresas tienen trabajo a la intemperie y un 40% dentro del vehículo.

Tabla 2.11 Tipos de ambientes de trabajo de la radio VHF.			
N°	Ambiente	Total	%
1	Dentro de Oficinas	3	15
2	Intemperie	9	45
3	Dentro del vehículo	8	40
4	TOTAL	20	100

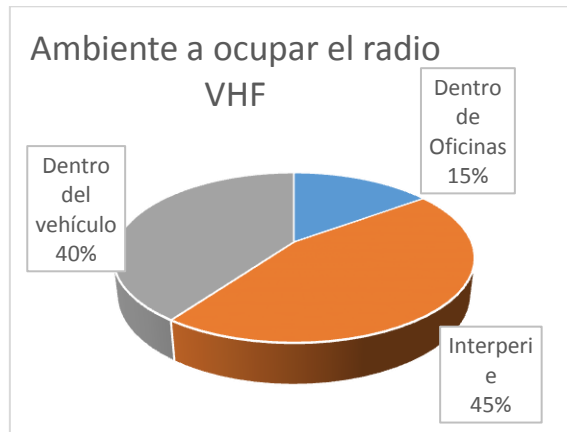


Figura 2.9 Ambientes de trabajo de radios VHF.

Fuente: El Autor

Las características de seguridad requeridas se ven en la Tabla 2.12, donde se tienen las siguientes opciones de seguridad:

Intrínsecamente seguras, permite que los equipos electrónicos trabajen de forma segura en ambientes con atmósferas explosivas, para no generar chispas o cargas de energía estática. A pruebas de explosión, es la capacidad de contener una explosión interna, sin permitir que llamas o gases escapen y desencadenen una explosión en la atmósfera externa. A prueba de golpes, la carcasa soporta golpes por caídas o accidentes que pueden producirse en el trabajo. A prueba de intemperie, el equipo es diseñado, construido y probado, con el fin de soportar trabajos en ambientes extremos, incluso a caídas al agua.

Tabla 2.12 Características de seguridad de radios VHF.			
N°	Ambiente	Total	%
1	A prueba de golpes	4	20
2	A prueba de explosión	10	50
3	A prueba de intemperie	5	25
4	Intrínsecas seguras	1	5
5	TOTAL	20	100

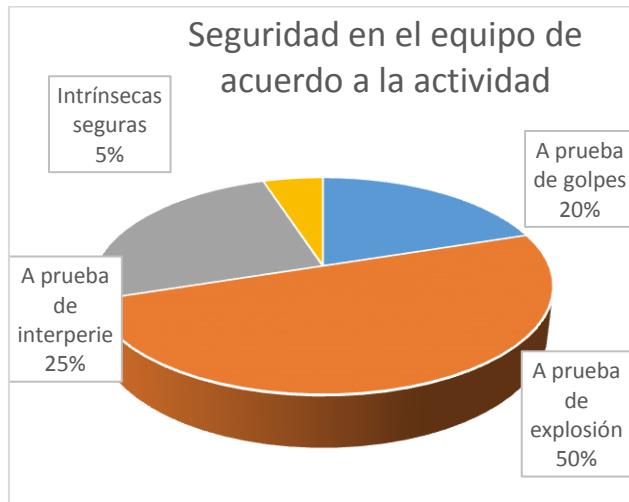


Figura 2.10 Características de seguridad de la radio VHF.

Fuente: El Autor

Tabla 2.13 ¿Por qué el cliente considera importante un sistema de comunicaciones de dos vías?			
N°	Ambiente	Import.	Razón
1	Agiliza el trabajo y genera operaciones	1	Servicios y disponibilidad
2	Economizar tiempo y reduce gastos	2	Independencia, una sola inversión
3	Aumenta seguridad y previene accidentes	3	Encriptación
4	Cobertura	4	Áreas donde no hay otras formas de comunicación

Fuente: El Autor

La pregunta se enfocó en cuatro parámetros importantes. La Tabla 2.13, muestra los resultados.

2.5.2.6 Conclusiones de la encuesta realizada

- Como resultado final de este análisis de la demanda de servicios, se observa que los servicios que permiten agilizar el trabajo diario de estas empresas, es tener seguridad y la comunicación sin excepciones de voz y datos de forma clara y sin fallas, como una prioridad para el cliente.

- Por lo tanto, el diseño debe asegurar técnicamente que la cobertura VHF permita calidad, confiabilidad y disponibilidad de los servicios, para lo cual es importante un análisis de la cobertura con pruebas de comunicación, comparadas con excelentes resultados de simulación en un buen software.
- Por tal razón se realiza en los siguientes temas, el estudio que abarca la cobertura del cantón Archidona, en los lugares estratégicos previamente analizados, donde se ubica a la antena repetidora, que pueda cumplir con todas las expectativas y requerimientos ya mencionados.

2.5.3 Área de Cobertura del Proyecto.

El presente proyecto de comunicación VHF digital, tiene por objeto mantener comunicaciones entre los departamentos de trabajo de la Municipalidad de Archidona GADMA, los cuales se encuentran distribuidos según; Departamento de Obra Civil (Base Central), Departamento de Talleres Municipal (Sub-base), Departamento de la Comisaría Municipal (Sub-base), D. Alcantarillado y Agua Potable (Sub-base). Además, dar cobertura a las diferentes rutas por donde circularán las unidades móviles y portátiles del GADMA, de recorrido usual, de aproximadamente 3039.2 Km² del área geográfica del Cantón Archidona, provincia de Napo.

2.5.4 Consideración de los equipos de Comunicación.

Una de las principales características que se toma en cuenta para considerar un equipo en el diseño de radiocomunicación, es la calidad de señal que puede recibir este a una distancia apropiada del repetidor, sin pérdida de información y con una señal clara.

Por tanto, se tiene una diferencia de cobertura analógica y digital. El audio analógico se degrada a lo largo y ancho del área de cobertura, y el audio digital consta de mejor uniformidad, ya que usa codificación con corrección adelantada de errores en su transmisión, lo que permite reproducir con precisión el audio emitido y sus datos sin pérdidas en un área mucho mayor.

En consecuencia, a lo mencionado la calidad de audio permanece con un nivel alto, ya que la protección de errores minimiza el efecto ruido, y por esta razón se tiene como

en mayor consideración para el desarrollo de este proyecto de radiocomunicación VHF, la tecnología del sistema MOTOTRBO con acceso al medio TDMA, por las ventajas que presenta este método de acceso como: uso de un solo equipos para repetidora, duplicación de su capacidad en un mismo ancho de banda, sin que implique requerimiento de nuevas frecuencias, las ventajas descritas en la fundación teórica. Y también por su compatibilidad con los sistemas analógicos, el cual permite una fácil migración, además de permitir su interoperabilidad con otros equipos con los mismos estándares.

2.5.4.1 Descripción General De La Tecnología De Radio Digital

En la Figura 2.11, se observa que la tecnología de radio Digital MOTORBO, se divide en cuatro secciones importantes, las cuales se analizan en las subsecciones siguientes.

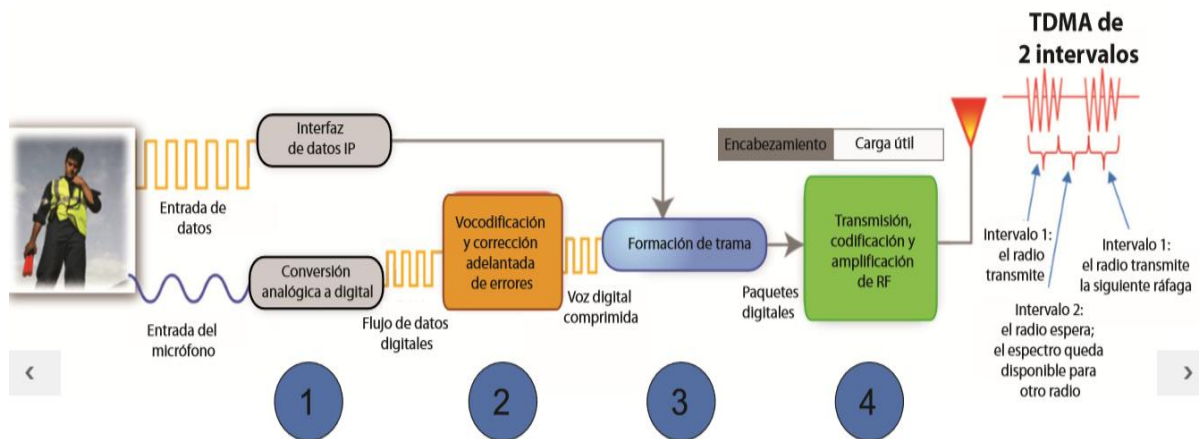


Figura 2.11 Tecnología de radio digital MOTOTRBO.

Fuente: (Motorola, 2010)

2.5.4.2 Primera Parte: Conversión Analógica a Digital.

Esto inicia al presionar el botón del radio para transmitir, y comienza a hablar, entonces el micrófono del radio recepta la voz y la convierte la onda acústica a onda eléctrica analógica, y posteriormente un convertidor analógico a la digital muestrea la onda de voz.

2.5.4.3 Segunda Parte: El Vocodificador y La Corrección Adelantada de Errores (Fec).

En esta sección se realiza la vocodificación que es la codificación de la voz, donde se descomprimen las partes más importantes, al codificar estas en un pequeño número de bits, se reduce a la vez ruido de fondo.

2.5.4.4 Tercera Parte: La Formación de la Trama.

En esta etapa luego de obtener la voz codificada, se formatea para su transmisión, lo que incluye organizar la voz, como, por ejemplo: por código de colores, identificación de grupo, identificación de llamada, o tipo de llamada. Todo esto en paquetes.

Los paquetes forman una estructura de encabezamiento y carga útil: el primero contiene información de control e identificación de llamadas, y el segundo porta la voz codificada.

2.5.4.5 Cuarta Parte: La Transmisión TDMA.

En esta sección la señal es codificada par su transmisión por modulación de frecuencia (FM), donde los bits que contienen los paquetes digitales son codificados como símbolos los cuales representan la amplitud y la fase de la frecuencia portadora modulada, estas se amplifican y se transmiten, mediante la tecnología de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA).

2.5.4.6 Protocolos que utiliza las Radios Mototrbo

En forma de sustentar el uso de estos equipos es necesario conocer los protocolos digitales que usa MOTOTRBO.

Los procesos detallados anteriormente en las cuatro secciones están especificados en la norma de Radio Móvil Digital (DMR), categoría 2, dictada por el Instituto Europeo de Normas de Telecomunicación (ETSI), el cual constituye una norma reconocida internacionalmente. Esta norma corresponde a la operación convencional a plena potencia en canales sujetos a licencia para usuarios profesionales y comerciales, y

además Motorola con su sistema MOTOTRBO podrá fusionarse con otras soluciones que cumplan la normativa de DMR categoría 2 del ETSI. Fuente: (Motorola, 2010)

2.5.4.7 TDMA (Acceso Múltiple por División de Tiempo).

La tecnología inalámbrica de segunda generación TDMA, divide un único canal de radiofrecuencia en seis ranuras de tiempo, donde a cada persona que realiza una llamada se le asigna una de estas ranuras específicamente para su transmisión, y hace posible usar un mismo canal simultáneamente para no interferir entre sí, donde transforma el uso del espectro en un diseño eficiente, que ofrece tres veces más capacidad que la analógica.

“TDMA brinda servicios de alta calidad de voz y datos de circuito conmutado en las bandas más usadas del espectro, de 850 y 1900 MHz. TDMA es una tecnología digital o "PCS" que también se conoce como ANSI-136 o IS-136, por las normas que definen sus características”. Fuente: (Motorola, 2010)

2.5.4.8 Eficiencia Espectral Mediante TDMA de Dos Intervalos

Para conocer más sobre presente proyecto de radiocomunicación y su forma de acceso al medio, se le define a un canal de comunicación por radio por su frecuencia portadora y su ancho de banda. Donde, el espectro disponible de frecuencias portadoras son la VHF y UHF como ejemplo, con canales sujetos a licencia, con anchos de banda de 25KHz o 12,5 KHz. Por tanto, la tecnología TDMA con todo el ancho de banda del canal de 12,5 KHz, e incrementa su eficiencia al dividirla en dos intervalos de tiempo alternos.

“MOTOTRBO emplea una arquitectura TDMA de dos intervalos. Esta arquitectura divide el canal en 2 intervalos de tiempos alternos, mediante lo cual se crean dos canales lógicos en un canal físico de 12,5 KHz”. Fuente: (Motorola, 2010)

2.5.5 Componentes Del Sistema

Es el conjunto de componentes y aplicaciones que funcionan como un sistema. Para diseñar el presente sistema de radiocomunicación primeramente se identifican los

dispositivos y aplicaciones a usarse en el sistema, para luego realizar una configuración básica en la interconexión de los componentes.

2.5.5.1 Repetidor

Para este caso se analiza el repetidor MOTOTRBO, el cual puede funcionar en modo digital o analógico, al ser configurado inicialmente con el software de programación para el cliente (CPS), de forma automática. Dicho esto, por cada repetidor del sistema es necesario un par de frecuencias de RF, ya que recibe por una frecuencia de enlace ascendente y transmite por una frecuencia de enlace descendente.

“El repetidor MOTOTRBO proporciona una interfaz de RF con los abonados en el campo. El repetidor se alimenta con corriente alterna (CA) y su diseño permite instalarlo discretamente sobre los bastidores estándar de 19 pulgadas (48,26 cm) existentes en la mayoría de los emplazamientos de torres de comunicaciones”. Fuente: (Motorola, 2010).

2.5.5.2 Estación de control de radio

En esta sección se tiene el caso de la central de comunicación que controla a todas las áreas de trabajo del sistema, la cual tiene que ser configurada para tener un enlace de RF entre el servidor de aplicaciones de datos, el repetidor ubicado en un sitio estratégico, y los radios distribuidos en el área geográfica a cubrir. Dicha radio base central, se alimenta de corriente alterna y es de fácil instalación sobre un escritorio de trabajo, es considerada una pasarela entre el radio y el servidor, se configura en el caso de transmitir y recibir por un solo canal.

2.5.5.3 Características del computador que se usará en la estación de control

- HP PAVILON TOUCHSCREEM -Mainboard Intel desktop DG41TY o más.
- Procesador AMD Quand-Core A8 -6410 2.0GHZ o más
- Memoria 4 GB DDR3 o más - PANTALLA DE 23”
- Disco duro 1000 GB como mínimo 80GB.
- Forma de conectividad Ethernet, o WIFI, con puertos USB
- Sistema operativo Microsoft Windows 8.1 Pro o más.

2.5.5.4 Radio portátil Mototrbo

Existen radios con teclado, pantalla o sin teclado y sin pantalla, son livianos, ofrecen facilidades de acceder al sistema. Estos radios portables a todo lugar, son configurables con el software de programación para el cliente (CPS), para Windows.

2.5.5.5 Radio móvil Mototrbo

Este tipo de radio se los puede instalar en los vehículos y ser alimentados por la batería del mismo o con corriente alterna. Además, puede utilizarse en oficinas u escritorios lo que ofrece muchas maneras de acceder al sistema, estos equipos están disponibles con pantalla completa y con pantalla numérica, entre más características.

2.5.6 Diagramas de bloques de los módulos del Sistema de Comunicaciones VHF de dos vías.

2.5.6.1 Repetidor: DGR 6175 VHF/UHF

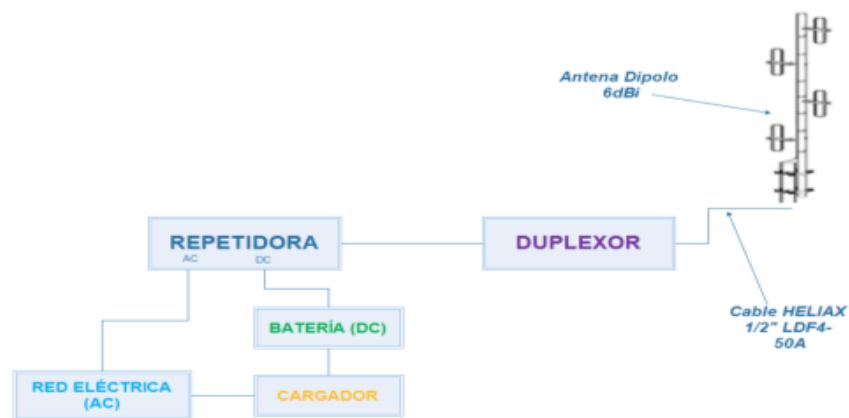


Figura 2.12 Repetidor DGR 6175 VHF/UHF.

Fuente: El Autor

En la figura 2.12 se aprecia, al repetidor Motorola DGR6175 en función VHF, que se alimenta de energía a través de la red eléctrica, y a su vez cuenta con un respaldo compuesto de un banco de baterías con cargador salmex, en caso de corte de energía, esto ayudará a alimentar al el duplexor Q2220E también en modo VHF, e cual permitirá

recibir y enviar información a su entorno, a través de la antena dipolo doblado en su modo de configuración omnidireccional.

2.5.6.2 Base Fija: DGM 8500 VHF/UHF

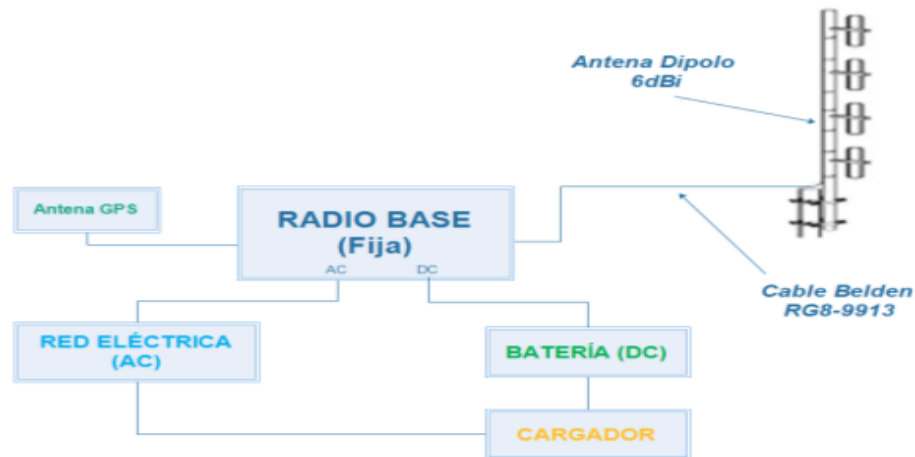


Figura 2.13 Base Fija DGM 8500 VHF/UHF.

Fuente: El Autor

La figura 2.13, indica una Radio Motorola DGM 8500 en su posición fija, la cual funcionará como base central de operaciones, alimentada por corriente alterna de la red local, sumado a un respaldo de energía UPS, esta radio se conecta por un cable coaxial Belden a una antena dipolo en modo directivo, para recibir y emitir cualquier información.

2.5.6.3 Radio Móvil: DGM 8500 VHF/UHF y GPS

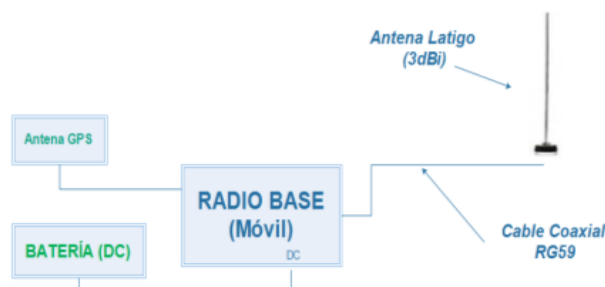


Figura 2.14 Radio Móvil DGM 8500 VHF/UHF.

Fuente: El Autor

La figura 2.14, muestra una Radio Motorola DGP 8500 en estado móvil, la cual recorre toda el área geográfica designada, esta se alimentada por corriente continua de la batería de un auto, y a su vez se conecta por un cable coaxial Belden a una antena látigo, para recibir y emitir cualquier información necesaria omnidireccionalmente.

2.5.6.4 Radio Portátil: DGP 8550 VHF/UHF y GPS

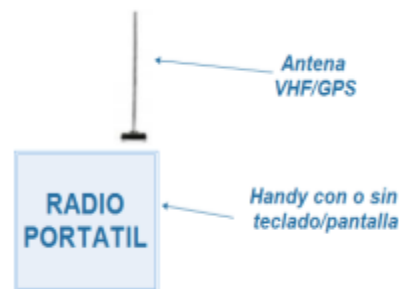


Figura 2.15 Radio Portátil DGP 8550 VHF/UHF.

Fuente: El Autor

En la figura 2.15, se describe la conexión básica de un radio Motorola DGP 8550 portable, con su antena incorporada VHF, el cual servirá para personas designadas que puedan recibir y emitir información desde cualquier punto del área designada. Cabe indicar que estos equipos funcionan con recargas a la batería integrada en el equipo.

2.5.7 Equipos Digitales

De acuerdo a la investigación realizada, los equipos digitales que se encuentran en el mercado que utilizan la tecnología de acceso al medio TDMA, es la serie MOTOTRBO de marca Motorola. A continuación, se da una breve descripción y algunas especificaciones técnicas importantes. En el Anexo I se incluyen las especificaciones completas, y demás equipos del sistema.

2.5.7.1 Repetidora Digital VHF Motorola: DGR 6175

En la tabla 2.14, se describen algunas características importantes de la Repetidora Motorola, y se conoce que es una estación base/repetidora integrada de voz y datos

Mototrbo, de diseño modular para comunicaciones analógicas o digitales. Utiliza TDMA para mejorar la eficiencia del espectro ya que esencialmente divide un canal físico en dos canales virtuales (dos ranuras de tiempo), y duplica la capacidad de usuarios, al usar un solo equipo. Usa señalización integrada para informar el estado de cada ranura a los radios: ocupado o libre, tipo de información, incluso procedencia y destino de llamadas, etc.

Tabla 2.14 Repetidora Digital DGR 6175.

ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO	
PARÁMETROS	VHF
Frecuencia	136-174MHz
Número De Canales	1000
Potencia De Tx	1-25W baja
Espaciamiento Entre Canales	6,25 KHz /12,5 KHz
Voltaje De Alimentación En DC	1A espera; 3.8 - 11 A Tx
Zumbido Y Ruido FM	-40dB-12KHz
Distorsión De Audio	3%
Sensibilidad 12 Db	0,3µV ; 0,22µ Típico
Codificación Digital	AMBE+
Sensibilidad Digital	5% BER ; 0,3µV
Rango de Operación de Temperatura	-30°C a +60°C

Fuente: (Motorola Solutions, 2015)

2.5.7.2 Equipos Portátiles VHF Motorola: DGP 8550

Los equipos portátiles Motorola, son radios bidireccionales que usan tecnología TDMA para mejorar la administración del espectro, algunas características de operación se aprecian en la tabla 2.15, estos proporcionan facilidades de compatibilidad entre comunicación analógica y digital. Integran tanto voz y datos para mejorar la eficiencia operativa, a través de aplicaciones digitales. Además de incrementar la seguridad de comunicaciones por encriptación y dar mayor cobertura relativa. Cuentan con un modem GPS, botón y señalización de emergencia, capacidad de funciones de administración de

llamadas y de energía. Y características de seguridad como sumergibilidad, a prueba de explosiones, entre otras.

Tabla 2.15 Radio portátil MOTOTRBO DGP8550.



ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO	
PARAMETROS	VHF
Frecuencia	136-174MHz
Número De Canales	1000
Potencia De Tx	1W baja
Espaciamiento Entre Canales	12,5 KHz /25 KHz
Voltaje De Alimentación En DC	7,5 V Nominal
Duración de Batería	Digital 11,3hs
Zumbido Y Ruido FM	-40dB-12KHz
Distorsión De Audio	5% (3% Típico)
Sensibilidad 12 dB	0,3μV (0,22μv Típico)
Codificación Digital	AMBE+2
Sensibilidad Digital	Digital 0,25μv
Rango de Operación de Temperatura	-30°C a +60°C

Fuente: (Motorola Solutions, 2015)

2.5.7.3 Equipos Móviles/Bases VHF Motorola: DGM 8500

Los Radios Motorola móviles o bases, son equipos de la serie MOTOTRBO que usa tecnología TDMA. En la tabla 2.16, se indican algunas características de operación.

Entre otras se pueden apreciar algunas bondades con las que cuentan como: localización GPS, claridad de audio mejorada y aplicaciones de datos integrados. Sus características permiten alto rendimiento, calidad y confiabilidad para aplicaciones variadas en el mercado. Dispone de botón de emergencia y funciones mejoradas de administración de llamadas incluye, entre otras, recepción de alerta de llamada y monitoreo remoto, envío de identificación de llamada (PTT-ID), y recepción de llamada privada.

Tabla 2.16 Radio MOTOTRBO DGM 8500.

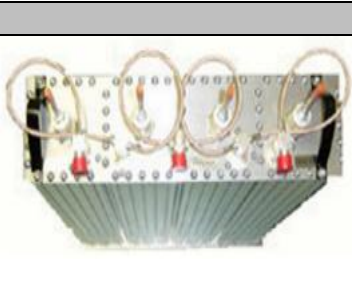
	
ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO	
PARÁMETROS	VHF
Frecuencia	136-174MHz
Número De Canales	1000
Potencia De Tx	1-25W baja
Espaciamiento Entre Canales	12,5 KHz /25 KHz
Consumo de Energía	Espera 0,81A; 2A Nominal; 11A Tx Baja
Zumbido Y Ruido Fm	-40dB-12KHz
Distorsión De Audio	3% Típico
Sensibilidad 12 dB SINAD	0,3μV (0,22μV Típico)
Codificación Digital	AMBE+2
Sensibilidad Digital	5% BER ; 0,25μV
Rango de Operación de Temperatura	-30°C a +60°C

Fuente: (Motorola Solutions, 2015)

2.5.7.4 Duplexor

Este dispositivo permite transmitir mensajes y también recibirlos con una sola antena, esto es posible al separar las funciones de transmisión y recepción para que no existe interferencias durante sus funciones. El duplexor funciona bien si las dos están sintonizadas en la misma frecuencia. Algunas de sus especificaciones de operación se indican en la Tabla 2.17, para optimizar su funcionamiento.

Tabla 2.17 Duplexor Q2220E VHF.

	ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO	
	PARAMETROS	VHF
	Frecuencia	138-174MHz
	Entrada de Potencia	350 W
	Tamaño	19.25x7x30.5 (cm)
	Peso	12.71 kg
	Separación de Frecuencias	0.5 MHz
	Perdidas de Inserción	1.5 dB

Fuente: (Motorola Solutions, 2015)

2.5.7.5 Respaldo De Energía

Cargador Samplex power modelo SEC-2430A, con el dispositivo programable Samlex power Battery Guard BG-60, que permite medir y controlar la carga y vida útil de las baterías. Con este método la repetidora solo se alimenta con DC, y se evita daños provocados por fallas del sistema eléctrico nacional.

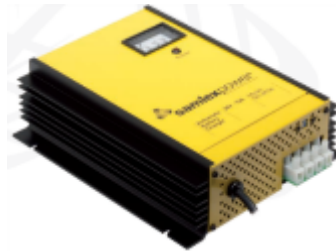


Figura 2.16 Cargador Samplex power SEC-2430A y Battery Guard BG-60.

Fuente: (Motorola Solutions, 2015)

También se pueden nombrar tres tipos Sistemas de Energía Ininterrumpida (SAI) o UPS disponibles en el mercado: UPS Standby, para computadoras personales, en los que el inversor solo se enciende en caso de falla eléctrica; UPS Line-Interactive, que se usa en servidores y pequeñas empresas, mantienen el inversor siempre activo y conectado a la salida; UPS OnLine de doble conversión, de sistemas robustos sobre 10kVA, debido a que un inversor inicial no detecta la falla de corriente no provoca la activación del interruptor de transferencia y no registra tiempo de transferencia.

3. PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS

3.1 DISEÑO DEL SISTEMA DE COMUNICACIONES VHF DIGITAL

En esta sección del proyecto de radiocomunicación se realiza el diseño del sistema VHF digital, el cual requiere de una orientación específica sobre aspectos legales y normativas ambientales importantes.

Las demás variables necesarias en la simulación y cálculos son tomadas de fuentes como las recomendaciones UIT. Se escogió programas como; El Sistema de Información Geográfica (SIG) es una integración organizada de hardware, software y datos geográficos diseñado en la gestión de información espacial. Google Earth, es un SIG libre creado por la empresa KeyholeInc, de interfaz amigable es una herramienta práctica, que permite la interacción con Radio Mobile, y demás programas que permiten diseñar y simular sistemas de propagación. El software empleado en el análisis de propagación es importante para el diseño de sistemas de comunicaciones. El software libre a utilizar es Radio Mobile, que fue desarrollado por Roger Coudé, este genera un ambiente casi real del comportamiento de un sistema de radio, al simular un radio enlace y calcular el área de cobertura de una red de radiocomunicaciones. Este programa trabaja en el rango de frecuencia de 20 MHz a 20GHz, basado en el modelo de propagación ITM (Modelo de Terreno Irregular).

Se utiliza para este diseño solo modelos de radio: portátiles, bases, móviles, y repetidoras de la línea estándar de MOTOTRBO de MOTOROLA de dos vías, ya mencionados, y el Software de programación para el Cliente (CPS).

Estos equipos con tecnología Mototrbo de acuerdo a lo investigado anteriormente son seleccionados por su función de radio bidireccional, por ser digitales, porque proveen de mayor capacidad y eficiencia espectral, son personalizables y funcionan dentro del espectro de frecuencias sujeto a licencia.

3.2 ANÁLISIS DE LOS REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA DIGITAL VHF.

Se conoce las distintas necesidades que tiene el GADMA, para entrelazar los departamentos que realizan su trabajo en los sectores rurales y urbanos donde estos intervienen directamente con los servicios a la comunidad archidonense. Se propone una solución que satisfaga los requerimientos del GADMA en los lugares donde es nula la señal, incluso de las operadoras tradicionales, esta solución tendrá dos escenarios de trabajo. Por tanto, como primer escenario se tiene: Enlaces punto a punto, que se realizan de manera que se permita conocer datos técnicos como, las pérdidas en espacio libre, el margen de despeje de la zona de Fresnel, la potencia de recepción, entre otros requisitos de la comunicación por VHF Digital, esto entre la repetidora ubicada en el cerro Santa Rita (RPT), y la central de comunicaciones (GADMA) donde se puede coordinar toda actividad a realizar diariamente desde el Departamento de Obra Civil. Este proceso se realiza para los tres departamentos restantes, Departamento de Alcantarillado y Agua Potable, Comisaria Municipal, Taller Municipal, los cuales constarán de un radio de comunicación con base fija. Como segundo escenario se determina el área de cobertura en señal VHF Digital, que se tendrá a partir de la repetidora (RPT) ubicada en el cerro Santa Rita en el Catón Archidona, para de esta forma cubrir todas las comunidades del sector rural y la parte urbana, así también identificar un buen nivel de recepción, donde se encuentran los equipos móviles de la maquinaria pesada-liviana del GADMA, y sus radios portátiles al mismo tiempo.

Cabe describir que en el presente diseño se descartan los enlaces de repetidoras vía microonda, debido al área reducida del terreno y a su cantidad de usuarios, ya que se puede cumplir con las expectativas al ubicar una repetidora, la cual proveerá de cobertura a todo el cantón.

3.3 TIPO DE TRÁFICO A CURSARSE POR LA RED Y DETERMINACIÓN DEL ANCHO DE BANDA

3.3.1 Tráfico.

En el sistema VHF digital propuesto, se tiene un tipo de tráfico que se limita en mayoría a la voz, entre otras aplicaciones que no serán usadas como, mensajería de

texto, telemetría, rastreo satelital que tiene Mototrbo, pero están prestas para una escalabilidad del sistema si se diera el caso.

3.3.2 Ancho de banda

Para el proyecto de radiocomunicación VHF propuesto, el ancho de banda utilizado en la transmisión de información por medios no guiados, es identificado por los equipos Mototrbo, los cuales trabajan con 12.5 KHz, con modulación FSK, valores tomados de acuerdo al estándar ETSI-TS102 361-1 entregado por la SUPERTEL.

3.3.3 Diseño de Enlaces

Como se explicó anteriormente en el diseño de los enlaces se plantean 2 escenarios. Para esto se indican dos gráficos que permiten enfocar directamente, el espacio geográfico del sistema digital de radiocomunicación VHF a diseñar.

ENLACE SITIO-REPETIDOR:

En la Figura 3.1, se puede apreciar el área geográfica del cantón Archidona puntualizando los sitios importantes para el enlace central dentro de la urbanización, como son los departamentos de: Obra Civil, Talleres Municipal, Alcantarillado y Agua potable, y Comisaría Municipal.

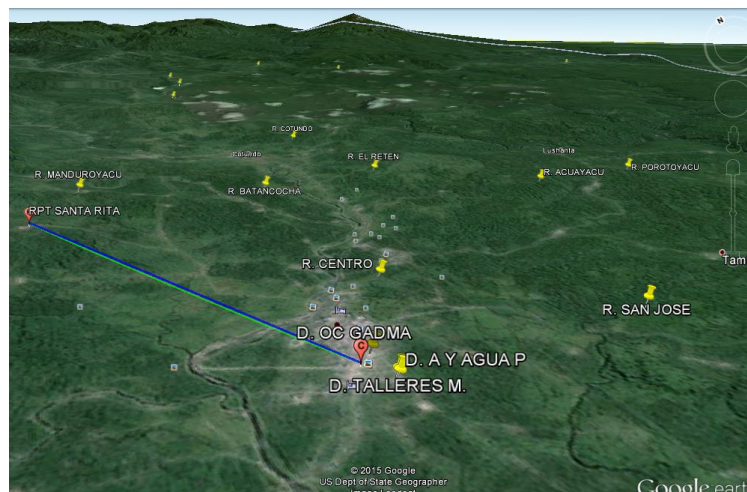


Figura 3.1 Distancias entre los puntos SITIO-REPETIDORA.

Fuente: Software Google Earth

COBERTURA DE LA REPETIDORA:

En la Figura 3.2, se puede apreciar el área geográfica del catón Archidona con los distintos sectores rurales, que se debe cubrir con señal VHF, para lograr comunicar todas las rutas de trabajo por donde se moviliza el personal, y la maquinaria pesada o liviana que conforman la municipalidad de Archidona GADMA.

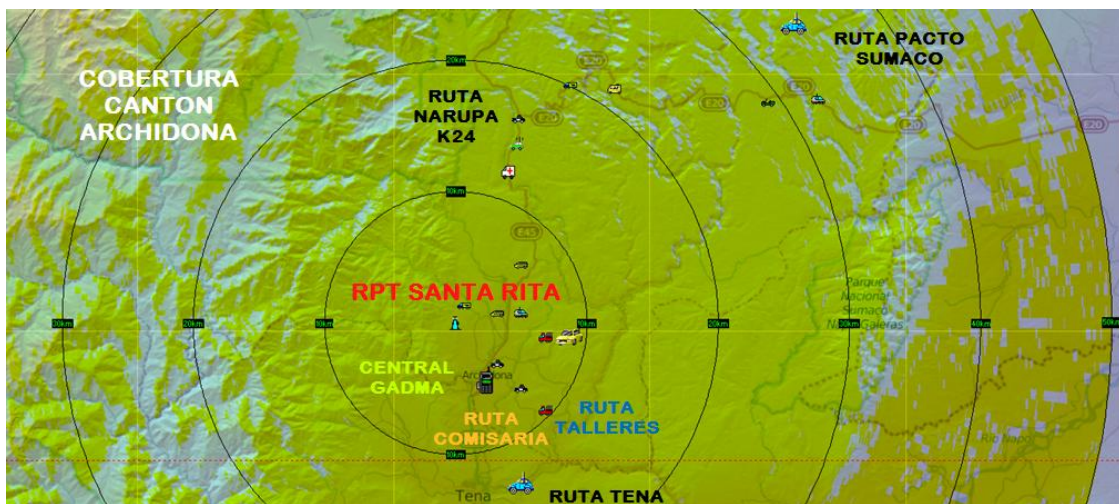


Figura 3.2 Área de cobertura del Cantón Archidona.

Fuente: Software Radio Mobile

3.4 PLANIFICACIÓN DE ENLACES

Los datos que se muestran a continuación, corresponden a las ubicaciones de los sitios en donde se van a establecer las comunicaciones, tomadas como referencia para analizar su cobertura. Estos datos fueron extraídos con una investigación de campo detallada, donde se usaron equipos como; un mapa impreso y digital de la zona, un GPS Garmin ETREX, Y Magellan TRITON 500, un celular Samsung S3 mini con GPS y Ruteo Cartográfico, cámara digital, Automóvil 4x4.

Estos datos obtenidos se expresan en las gráficas y tablas siguientes, donde para entender mejor el Sistema Digital VHF, se realizó una división por zonas de trabajo empleadas por el Municipio de Archidona GADMA, donde opera la maquinaria pesada y liviana del mismo ente, además, detalla cada uno de sus puntos de enlace con sus respectivos nombres, coordenadas, y equipo a usar en el lugar.

Para una breve explicación del sistema se tiene la Figura 3.1, la cual se indica la distribución y organización de los departamentos de trabajo del GADMA y los usuarios que se maneja por cada caso.

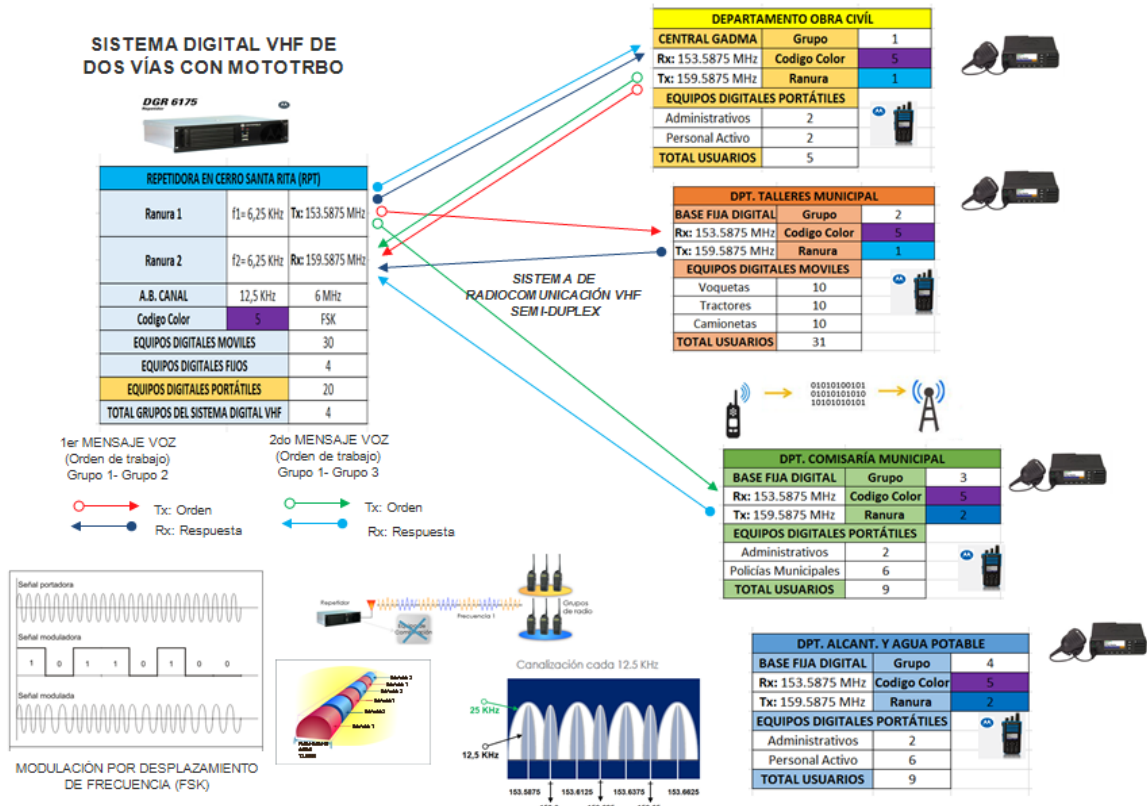


Figura 3.3 Sistema Digital de Comunicación VHF del GADMA.

Fuente: El Autor

La Figura 3.3, identifica el Sistema Digital de Comunicaciones VHF del GADMA el cual trabaja con un Sistema de Radiocomunicación Semi-Duplex, con frecuencias de 153.5875 MHz – 159.5857MHz, equipos Motorola Digitales con tecnología TDMA como acceso al medio, con ancho de banda de 12.5 KHz para la transmisión de la voz en forma inalámbrica, y una modulación por desplazamiento de frecuencia (FSK).

Además, la gráfica muestra los cuatro departamentos de trabajo del GADMA que desea interconectar a través de la repetidora, la cual se encarga de repartir, cubrir y organizar los grupos de trabajo en todo el cantón de Archidona, estos a su vez están

identificados por un código de color 5 para una sola red, la identificación o número de grupo al que pertenecen, la ranura por la cual se van a comunicar, y la cantidad de equipos designados para cada departamento en base a su labor que realicen.

En la Figura 3.4, muestra el área geográfica del cantón Archidona donde se puede apreciar, el cerro Santa Rita y sus diferentes comunidades, además se indican las distancias que se tienen desde el punto central referenciado en la Repetidora del Cerro Santa Rita a las comunidades del sector rural, las cuales son las rutas de trabajo que son más utilizadas por el personal y la maquinaria pesada o liviana del GADMA.



Figura 3.4 Distancias entre los puntos SITIO-REPETIDORA.

Fuente: Software Google Earth

3.4.1 Zona 1 Enlace Central:

En la tabla 3.1, se detallan el enlace central en coordenadas geográficas de los puntos que corresponden a la zona 1, estos son: el cerro Santa Rita ubicado en la comunidad de Santa Rita y a el departamento de Obra Civil ubicado en el GADMA. Además, muestra la distancia entre ellos y las alturas a nivel del mar a la que se encuentran.

Tabla 3.1 Detalles de la Zona 1.

REPETIDORA	ESTACIÓN BASE	COORDENADAS	ALTURA	DISTANCIA DEL ENLACE
CERRO SANTA RITA (RPT NSR) DGR 6175 VHF/UHF	DEPARTAMENTO OBRA CIVIL GADMA BASE FIJA (GADMA) DGM 8500 VHF/UHF	GADMA Lat. 0°52'24.92"S Long 77°49'42.40"W	589 (msnm)	5,02 (Km)
		RTP SANTA RITA Lat. 00°54'51,67"S Long 77°48'32,08"W	812 (msnm)	

Fuente: El Autor

3.4.2 Zona 2 Equipos Fijos:

En la tabla 3.2, se detallan las coordenadas geográficas de los puntos fijos que corresponden a la zona 2, estos son: el cerro Santa Rita ubicado en la comunidad de Santa Rita, el departamento de Talleres, la Comisaria M. y el de Alcantarillado y Agua Potable. Además, muestra la distancia entre ellos y las alturas a nivel del mar a la que se encuentran.

Tabla 3.2 Detalles de la Zona 2.

REPETIDORA	ESTACIONES SUB-BASES	COORDENADAS	ALTURA	DISTANCIA DEL ENLACE
CERRO SANTA RITA (RPT NSR)	DEPARTAMENTO DE TALLERES BASE FIJA (TALLERES) DGM 8500 VHF/UHF	Lat. 00°55'1,57"S Long 77°48'27,01"W	572 (msnm)	5,37 (Km)
	DEPARTAMENTO DE LA COMISARÍA BASE FIJA (COMISARIA) DGM 8500 VHF/UHF	Lat. 0°54'47,45"S Long 77°48'27,36"W	586 (msnm)	4,97 (Km)
	DEPARTAMENTO DE ALCANTARILLADO Y AGUA POTABLE BASE FIJA (ALCT. Y AGUA POTABLE) DGM 8500 VHF/UHF	Lat. 0°55'00,7"S Long 77°48'26,9" W	570 (msnm)	5,34 (Km)

Fuente: El Autor

3.4.3 Zona 3 Equipos Móviles:

En la tabla 3.3, se detallan las coordenadas geográficas de las rutas de trabajo que corresponden a la zona 3, estas corresponden al sector urbano y rural del catón, además, se muestran las distancias en kilómetros entre ellos, las alturas a la que se encuentran a nivel del mar.

Tabla.3.3 Detalles de la Zona 3.

REPETIDORA	COBERTURA EN RUTAS DE TRABAJO DGM 8500 VHF/UHF MOVILES DGM 8550 VHF/UHF PORTATILES	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	ALTURA REFERENCIAL (msnm)	DISTANCIA DEL ENLACE (Km)
CERRO SANTA RITA (RPT NSR)	RUTA SAN PABLO (Móvil)	Lat. 0°56'0,0278"S Long 77°46'0,4051"W	643	9,54
	RUTA COTUNDO (Móvil)	Lat. 0°50'0,8000"S Long 77°47'0,5715"W	734	6,69
	RUTA POROTOYACU(Móvil)	Lat. 0°53'0,1648"S Long 77°45'0,5296"W	810	8,77
	RUTA NARUPA (Móvil)	Lat. 0°43'56,23"S Long 77°47'7,60"W	1198	16,41
	RUTA PACTO SUMACO (Móvil)	Lat. 0°40'7,06"S Long 77°35'48,03"W	1513	34,38
	RUTA GUAGUA SUMACO (Móvil)	Lat. 0°43'14,77"S Long 77°34'46,56"W	1148	32,45
	RUTA TENA (Móvil)	Lat. 0°59'0,6360"S Long 77°47'0,9217"W	679	13,19
	RUTA CENTRO (Portátil)	Lat. 0°54'0,6465"S Long 77°48'0,4058"W	591	4,32
	RUTA JONDACHI (Móvil)	Lat. 0°46'14,21"S Long 77°47'32,89"W	983	12,12
	RUTA BATANCOCHA (Móvil)	Lat. 0°52'0,5302"S Long 77°48'0,1908"W	683	3,24
	RUTA MANDURO YACU (Móvil)	Lat. 0°51'42,20"S Long 77°49'21,20"W	860	1,47
	RUTA EL RETEN (Móvil)	Lat. 0°52'0,2251"S Long 77°47'0,5612"W	693	5,05
	RUTA SAN JOSE (Móvil)	Lat. 0°55'0,5334"S Long 77°47'0,2600"W	630	6,94
	RUTA K21 (Móvil)	Lat. 0°45'3,31"S Long 77°47'11,45"W	1146	12,12
RUTA PUNGARAYACU(Móvil)	Lat. 0°42'38,49"S Long 77°45'0,19"W	1369	14,41	

RUTA PACHACUTICK (Móvil)	Lat. 0°42'46,36"S Long 77°43'10,64"W	1135	20,09
RUTA GUAMANI (Móvil)	Lat. 0°43'16,52"S Long 77°36'50,45"W	1191	21,57
RUTA AGUAYACU (Móvil)	Lat. 0°53'0,4326"S Long 77°46'0,3536"W	677	29,23
Posicion2 270° Oeste	Lat. 0°52'18,9"S Long 78°6'21"W	2912,1	30,82
Posicion3 300° Noroeste	Lat. 0°45'56,8"S Long 78°0'54,2"W	1930,2	23,95
Poicion4 330° Noroeste	Lat. 0°44'9,6"S Long 77°52'41,4"W	1692	16,26

Fuente: El Autor

Los últimos tres sitios dispuestos en la Tabla 3.3, son lugares escogidos en el área geográfica del cantón Archidona, los cuales son estrechos y de difícil acceso en los cuales es posible tener pérdida de señal y cobertura VHF.

3.4.4 Características De Los Enlaces

3.4.4.1 Banda de Frecuencia.

De acuerdo al rango de frecuencia que tiene la banda VHF, de 30 MHz a 300MHz, y las características de los equipos, el sistema digital de radiocomunicación VHF de dos vías del GADMA, plantea operar en las Sub-bandas, designadas por CONATEL que indica la Tabla 3.4:

Tabla 3.4 Rango de Frecuencias.

SISTEMA DIGITAL VHF DOS VIAS	FRECUENCIA (MHz)	
	Mínima	Máxima
SUB-BANDA VHF DE QUIPOS	136	174
RANGO FIJO-MOVIL-TERRESTRE PARA RADIO DE DOS VÍAS (Ejemplo CONATEL)	153,5875	159,5875

Fuente: El Autor

3.4.4.2 Características Climáticas.

La tabla 3.5, indica el tipo de clima al cual se someten las tres zonas descritas anteriormente.

Tabla 3.5 Características Climáticas.

ZONAS	TIPO DE CLIMA
ZONA 1 – ENLACE CENTRAL	TROPICAL HUMEDO
ZONA 2 – BASES FIJAS	TROPICAL HUMEDO
ZONA 3 – EQUIPOS MOVILES	TROPICAL HUMEDO

Fuente: El Autor

3.4.4.3 Especificaciones De Los Equipos

Dichas especificaciones se las generaliza en los siguientes puntos, y para tener mayor detalle se pueden encontrar en el Anexo I, de este proyecto.


3.4.4.4 Tipo Y Ganancia De Las Antenas

En el sistema se utilizan dos tipos de antenas: Dipolo Doblado y Látigo, la primera se emplea en la repetidora, estaciones fijas, la segunda de tipo Látigo, en los automóviles de carga pesada y liviana, a continuación, se presenta algunos detalles.

3.4.4.4.1 Antena Látigo

En la tabla 3.6, se identifican algunas características de la antena látigo, que se usan en la implementación de los radios móviles, que serán colocados en las maquinarias pesadas y livianas del GADMA.

Tabla 3.6 Características de la A. Látigo.

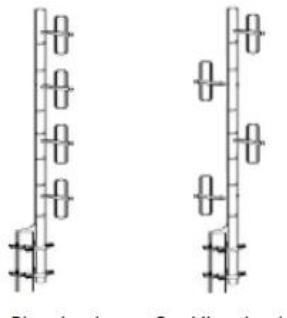
	
ESPECIFICACIONES DEL ELEMENTO	
Frecuencia	144-174 MHz
Marca	MAXRAD
Modelo	MHB5800
Impedancia Nominal	50 ohm
Ganancia	3dBi
Potencia De Entrada	200w

Fuente: El Autor

3.4.4.4.2 Arreglo De Dipolos

La tabla 3.7, muestra las características del arreglo de dipolos de la antena, según el uso que se le pueda dar, entre las más importantes se tiene: la frecuencia, la ganancia y potencia a la que se maneja esta.

Tabla 3.7 Características de la A. Dipolos.

		ESPECIFICACIONES DEL ELEMENTO	
		Frecuencia	138-174 MHz
Marca	Decibel Products		
Modelo	DB-222		
Ganancia	6dBi omnidireccional y 9dBi direccional		
Polarización	Vertical		
Ancho de Banda	10 MHz		
Impedancia Nominal	50 Ohm		
Potencia de Entrada	500w		

Fuente: Autor

3.4.4.5 Ubicación Geográfica De La Estación Base, Sub-Bases Y Repetidora.

A continuación, se presenta un gráfico del lugar de ubicación de los equipos y funcionamiento de la red de radio VHF que se desea implementar.



Figura 3.5 Ubicación y Localización de los equipos Cantón Archidona.

Fuente: Software Google Earth

En la Figura 3.5, se muestra una cantidad básica a usarse en este proyecto. Un ejemplo del caso, es el punto base ubicado en el GADMA (Departamento de Obra Civil), donde se utiliza la radio base DGM 8500, y también en los lugares de trabajo de los departamentos o sub-bases, para tener mejor coordinación. También se puede observar claramente el tipo de topología a utilizar (punto a multipunto), para su respectiva configuración de radio enlace, la misma que se considera debido a las condiciones del terreno y ubicación de los departamentos de trabajo. En otros casos se observa el DGM 8550 en la maquinaria pesada y liviana a lo largo de las rutas de trabajo en el catón Archidona.

La distribución de los sitios se da según las zonas ya descritas anteriormente, entonces se tiene los siguiente, en las Figuras 3.6, 3.7, y Figura 3.8, respectivamente:

3.4.4.5.1 ZONA 1 - ENLACE CENTRAL:

La Figura 3.6, muestra la zona1, conformada por el enlace principal entre la repetidora ubicada en el cerro Santa Rita y la central en el Departamento de Obra Civil del GADMA.



Figura 3.6 Zona 1 y sus sitios de trabajo.

Fuente: Software Google Earth

3.4.4.5.2 ZONA 2 – ENLACE EQUIPOS FIJOS:

La Figura 3.7, identifica a la zona 2, conformada por los tres enlaces secundarios entre, la repetidora ubicada en el cerro Santa Rita y los demás Departamento de Comisaria Municipal, Alcantarillado Agua Potable, y Taller Municipal, los cuales son el frente trabajo principal del GADMA.



Figura 3.7 Zona 2 y sus sitios de trabajo.

Fuente: Software Google Earth

3.4.4.5.3 ZONA 3 – COBERTURA EQUIPOS MOVILES:

La Figura 3.8, identifica a la zona 3, que conforma todas las rutas de trabajo, donde operan los departamentos del GADMA.



Figura 3.8 Zona 3 y sus sitios de trabajo.

Fuente: Software Google Earth

3.5 ZONA 1: ENLACE CENTRAL (CÁLCULOS TEÓRICOS)

En los cálculos que se realizan a continuación, se tomaron en consideración puntos esenciales como ejemplos acercados a la realidad, para trabajar tanto en la teoría como en la práctica del proyecto, debido a que aún no se tiene un valor real de la asignación de frecuencias otorgado por la CONATEL, y se estima un ambiente favorable del sistema de comunicación VHF en condiciones óptimas, con el fin apearse al entorno en el que se desenvuelve el Software Radio Mobile. Tales son los casos de: Las frecuencias de Transmisión y Recepción del Sistema Digital VHF, y la ganancia en Decibeles (dB) de una antena que es comparada con otra isotrópica en (dBi). Por último, se realiza una validación de resultados que ayudarán a demostrar que el uso del Software Radio Mobile puede ser utilizado apropiadamente en el desarrollo de este proyecto.

El enlace central de la zona 1 tiene como objeto dar comunicación VHF a la radio base ubicada en el Departamento de Obra Civil de GADMA, con el fin de que esta se pueda enlazar con las demás radios móviles y bases del Cantón Archidona.

3.5.1 Propuesta De Enlace

Toda la información técnica adjunta en la sección teórica y descritas en el Anexo I, de este proyecto, sirve para realizar la propuesta de enlace del sistema digital de radiocomunicación VHF, al tomar los valores críticos de los diferentes parámetros, y simular el peor escenario, con el fin de constatar su mejor rendimiento.

3.5.1.1 Potencia de Transmisión.

- Potencia en RPT Santa Rita: 1W/25W (P. Baja).
- Potencia en los Radio Móvil GADMA: 1W/25W (P. Baja).

3.5.1.2 Umbral o sensibilidad del Receptor

- Sensibilidad del Receptor RPT Santa Rita: Para 5% de BER, 0.3 μ V.
- Sensibilidad de Radio Móvil GADMA: Para 5% de BER, 0,25 μ V.

3.5.1.3 Pérdidas en la Propagación

3.5.1.3.1 Pérdidas en los cables

Los cables a utilizar o guías de onda para las antenas son las siguientes:

- Dipolo doblado en la repetidora, cable LDF4 1/2", con atenuación de 2,89 dB/100m.
- Dipolo doblado en estaciones fijas, cable RG8, con atenuación de 5,91 dB/100m.
- Látigo en estaciones móviles, cable RG58, con atenuación de 18,37 dB/100m.

3.5.1.3.2 Pérdidas en los conectores.

Se estima tener 0,25 dB de pérdida para cada conector que se utilice en el cableado, al utilizar 2 conectores por sitio, se sumarán 4 conectores en cada enlace, y se tiene 1 dB de pérdida por enlace.

3.5.1.3.3 Pérdidas por propagación en espacio libre

En el sistema se utiliza el valor promedio entre la frecuencia mín. y máx., que son: 153,5875 – 159,5875 MHz, respectivamente, se tiene como resultado 156,5875 MHz, por tanto, se obtienen los valores correspondientes en la Tabla 3.8, mediante la fórmula de propagación en espacio libre, siguiente:

Ecuación 3.1 Perdidas en el espacio libre.

$$FSL_{(dB)} = 20 \log(d) + 20 \log(f) + 32.45$$

Donde para el primer enlace, zona 1, se tiene:

$$FSL_{(dB)} = 20 \log(5,02) + 20 \log(156,5875) + 32.45$$

$$FSL_{(dB)} = 90.36 \text{ (dB)}$$

La tabla 3.8, muestra los resultados de pérdidas en el espacio libre de cada enlace punto a punto, la distancia entre ellos y la frecuencia utilizada, esto para las tres zonas.

Tabla 3.8 Perdidas en espacio libre (FSL) en los enlaces.

ZONA	ENLACE	DISTANCIA (Km)	FRECUENCIA (MHz)	PERDIDAS FSL (dB)
1	RPT NSR-GADMA	5,02	156,5875	90,36
2	RPT NSR-TALLERES	5,37	156,5875	90,94
	RPT NSR-COMISARIA	4,97	156,5875	90,27
	RPT NSR-ALCT. Y AGUA POTABLE	5,34	156,5875	90,90
3	RPT NSR-RUTA SAN PABLO	9,54	156,5875	95,94
	RPT NSR-RUTA COTUNDO	6,69	156,5875	92,85
	RPT NSR-RUTA POROTOYACU	8,77	156,5875	95,21
	RPT NSR-RUTA NARUPA	16,41	156,5875	100,65
	RPT NSR-RUTA PACTO SUMACO	34,38	156,5875	107,07
	RPT NSR-RUTA GUAGUA SUMACO	32,45	156,5875	106,57
	RPT NSR-RUTA TENA	13,19	156,5875	98,75

RPT NSR-RUTA CENTRO	4,32	156,5875	89,05
RPT NSR-RUTA JONDACHI	12,12	156,5875	98,02
RPT NSR-RUTA BATANCOCHA	3,24	156,5875	86,56
RPT NSR-RUTA MANDURO YACU	1,47	156,5875	79,69
RPT NSR-RUTA EL RETEN	5,05	156,5875	90,41
RPT NSR-RUTA SAN JOSE	6,94	156,5875	93,17
RPT NSR-RUTA JONDACHI	12,12	156,5875	98,02
RPT NSR-RUTA K21	14,41	156,5875	99,52
RPT NSR-RUTA PUNGARAYACU	20,09	156,5875	102,40
RPT NSR-RUTA PACHACUTICK	21,57	156,5875	103,02
RPT NSR-RUTA GUAMANI	29,23	156,5875	105,66
RPT NSR-RUTA AGUAYACU	6,94	156,5875	93,17

Fuente: El Autor

3.5.1.3.4 Perdidas por obstáculos, vegetación, gases, lluvia, y vapor atmosférico.

Se considera para el proceso de este proyecto de radiofrecuencia que este tipo de perdidas solo afectan a las frecuencias que se encuentran en el orden de los Giga Hertz (GHz), por lo que no son calculadas.

3.5.1.4 Antenas

Se describe a continuación en la Tabla 3.9, el lugar, tipo de base, tipo de antena que se tiene que usar en cada uno de los enlaces en los diferentes sitios, y las respectivas ganancias, de cada departamento de trabajo del GADMA.

Tabla 3.9 Ganancia de Antenas.

LUGAR	TIPO DE ANTENA	GANANCIA (dBi)	GANANCIA (dB)
RPT SANTA RITA	DIPOLO DOBLADO Omnidireccional	6dBi	3,86 dB
GADMA (BASE CENTRAL)	DIPOLO DOBLADO Directiva	9dBi	5,14 dB
TALLERES (BASE FIJA)	DIPOLO DOBLADO Directiva	9dBi	5,14 dB
COMISARIA (BASE FIJA)	DIPOLO DOBLADO Directiva	9dBi	5,14 dB
ALCT. Y AGUA POTABLE (BASE FIJA)	DIPOLO DOBLADO Directiva	9dBi	5,14 dB
RUTAS DE TRABAJO EN EL CANTÓN (Móvil) Y (Portátil)	LÁTIGO -externa Omnidireccional	3dBi	0,86 dB

Fuente: El Autor

3.5.1.5 *Calculo del PIRE*

Ecuación 3.2 PIRE del sistema.

$$PIRE (dBm) = Potencia de Tx \text{ dBm} - Perdidas en el Cable y Conectores \text{ dB} + Ganancia de la Antena (dBi)$$

Donde:

- Potencia de Tx Repetidora, es 25W potencia baja.
- Potencia de Tx Radio Móvil, es 25W potencia baja.

Según:

Ecuación 3.3 Decibel mili vatio.

$$dBm = 10 \log \frac{P}{1mW}$$

- Entonces para los dos casos se trabaja con: 25W=44dBm EN BAJA

3.5.1.6 Pérdidas en el cable y conectores.

Según lo antes mencionado se tiene una pérdida por conectores en enlace de 1 dB por enlace, entonces se tienen una pérdida de 0.5 dB por sitio.

Las pérdidas por cable que se den en estos casos dependerá de la altura a que se encuentren instalada la antena, más el cable dejado como respaldo. Para esto existe una norma de 20 metros en Antenas Dipolo y 5 metros en antenas Látigo. La pérdida total del cable se encuentra al multiplicar el total de la longitud del cable, por el factor de pérdidas en el cable.

En la Tabla 3.10, se tiene las alturas de las antenas que son justificadas de acuerdo a disponibilidad de línea de vista que tenga cada enlace, y se deja expresada en un valor fijo, el cual cumpla con todas las expectativas del sistema. A continuación, se muestra las pérdidas totales de cada sitio, según la altura, longitud del cable, las pérdidas por cable y conectores.

Tabla 3.10 Cálculo de Pérdidas totales por sitio.

LUGAR	ALTURA DE LA ANTENA (m)	LONGITUD TOTLA DEL CABLE (m)	PERDIDA EN LOS CABLES (dB)	PERDIDA EN LOS CONECTORES (dB)	PÉRDIDA TOTAL (dB)
RPT SANTA RITA	25	45	1,30	0,5	1,80
GADMA	18	38	2,25	0,5	2,75
TALLERES	5	10	0,59	0,5	1,09
COMISARIA	5	10	0,59	0,5	1,09
ALCT. Y AGUA POTABLE	5	10	0,59	0,5	1,09
RUTA SAN PABLO	2,5	7,5	1,38	0,5	1,88
RUTA COTUNDO	2,5	7,5	1,38	0,5	1,88
RUTA POROTOYAC	2,5	7,5	1,38	0,5	1,88
RUTA NARUPA	2,5	7,5	1,38	0,5	1,88
RUTA PACTO SUMACO	2,5	7,5	1,38	0,5	1,88
RUTA GUAGUA SUMACO	2,5	7,5	1,38	0,5	1,88
RUTA TENA	2,5	7,5	1,38	0,5	1,88
RUTA CENTRO	2,5	7,5	1,38	0,5	1,88
RUTA JONDACHI	2,5	7,5	1,38	0,5	1,88
RUTA BATANCOCHA	2,5	7,5	1,38	0,5	1,88
RUTA MANDURO YACU	2,5	7,5	1,38	0,5	1,88
RUTA EL RETEN	2,5	7,5	1,38	0,5	1,88
RUTA SAN JOSE	2,5	7,5	1,38	0,5	1,88

RUTA JONDACHI	2,5	7,5	1,38	0,5	1,88
RUTA K21	2,5	7,5	1,38	0,5	1,88
RUTA PUNGARAYACU	2,5	7,5	1,38	0,5	1,88
RUTA PACHACUTICK	2,5	7,5	1,38	0,5	1,88
RUTA GUAMANI	2,5	7,5	1,38	0,5	1,88
RUTA AGUAYACU	2,5	7,5	1,38	0,5	1,88

Fuente: El Autor

Con los valores obtenidos anteriormente en la Tabla 3.10, el valor de la Potencia Irrradiada Aparente Efectiva (PIRE), para cada sitio es:

Tabla 3.11 Cálculo del PIRE por sitio.

ZONA	LUGAR	POTENCIA DEL TX (dBm)	PERDIDA EN CABLES Y CONECTORES (dB)	GANANCIA DE LAS ANTENAS dBi	PIRE (dBm)
1	RPT SANTA RITA	44	1,80	6	48,20
	GADMA	44	2,75	9	50,25
2	TALLERES	44	1,09	9	51,91
	COMISARIA	44	1,09	9	51,91
	ALCT. Y AGUA POTABLE	44	1,09	9	51,91

Fuente: El Autor

Acotación. – Para la Zona 3 de este proyecto de radiocomunicación VHF, no se calcula el parámetro PIRE debido a que se trata de un enlace de cobertura y no un enlace punto a punto.

3.5.2 Parámetros De Enlace

El análisis se lo realiza por Zonas y por Enlace Punto a Punto.

3.5.2.1 Enlace RPT Santa Rita – Central GADMA.

EL primer enlace cumple con el objeto de dar comunicación en VHF a la radio base centralizada, ubicada en el Departamento de Obras Publicas de GADMA, con el fin de enlazar todos los radios fijos, y móviles de cada departamento de trabajo del Municipio de Archidona (GADMA), que están dentro del área del Cantón Archidona.

3.5.2.2 Solución Propuesta (RPT – GADMA).

En la forma de solventar los requerimientos del presente enlace, es necesario tener la ubicación actual de estos sitios de trabajo, de la misma forma el tipo, polarización y altura de las antenas. La repetidora RPT, se ubica y opera en el cerro de la comunidad de Santa Rita, del Cantón Archidona.

3.5.2.3 Perfil Topográfico.

Para obtener el perfil topográfico del terreno se utiliza el software de simulación libre, Radio Mobile, ya que estos datos están validados por la CONATEL. En la Tabla 3.12, se detalla la información que requiere dicho programa, donde se tiene como resultado el perfil topográfico entre Santa Rita y la Central GADMA, en la Figura 3.9.

Tabla 3.12 Coordenadas Geográficas de los Sitios Zona 1.

COORDENADAS	RPT SANTA RITA	CENTRAL GADMA
LATITUD	Lat. 00°54'51,67"S	Lat. 0°52'24.92"S
LONGITUD	Long 77°48'32,08"W	Long 77°49'42.40"W
ALTURA	812	589

Fuente: El Autor

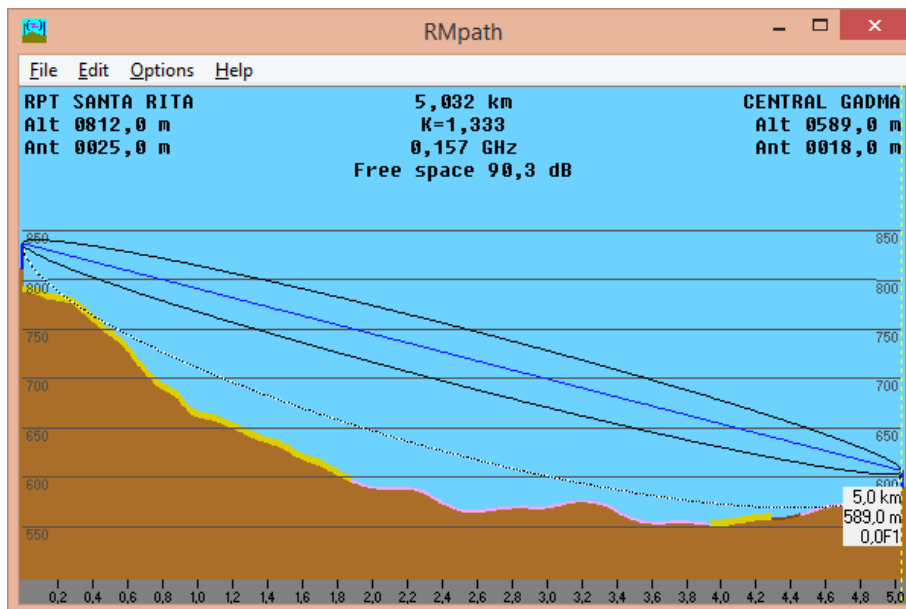


Figura 3.9 Perfil topográfico enlace RPT Santa Rita – GADMA.

Fuente: Software Radio Mobile

3.5.2.3.1 Punto de Reflexión.

Para este proyecto de radiocomunicación, la mejor forma de evitar los puntos de reflexión es ubicar las antenas en sitios altos, para lograr tener línea de vista, ya que la reflexión de las ondas de un enlace produce interferencias de información, porque la onda rebota en la superficie terrestre y llega al receptor desfasada y con menos potencia, comparada con la onda que llega directamente con línea de vista.

3.5.2.3.2 Zona de Fresnel

Para este caso se debe tomar en cuenta en que parte está ubicada alguna obstrucción alta en el perfil topográfico del terreno, basándose en la Figura 3.7, anterior, con esto se puede encontrar el radio de la primera zona de Fresnel, al utilizar la siguiente ecuación:

Ecuación 3.4 Radio de la zona de Fresnel.

$$F_n = 17.32 \times \sqrt{\frac{d_1 \times d_2}{d \times f}} = r_n$$

Datos:

F=0.157 GHz; d1=0.3Km; d2=4.72Km; d= 5.02 km

$$r_1 = 17.32 \times \sqrt{\frac{0.3 \times 4.72}{5.02 \times 0.156}} = 23.25 \text{ (m)}$$

3.5.2.3.3 Margen de despeje.

El margen de despeje o despeje se lo obtiene, primeramente, al encontrar la altura de despeje al considerar la elevación más alta, para esto se debe revisar nuevamente la Figura 3.7, donde se encuentran los valores de la siguiente ecuación:

Ecuación 3.5 Altura de despeje del radioenlace.

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

Datos:

d1=0.3Km; d2=4.732Km; d=5.032Km

h1=837m; h2=607m; hc=774.6m

a=6370 Km; k= 4/3

$$h_{desp} = 835 + \frac{0.3}{5.02} 607 - 835 - 774,2 + \frac{300 \cdot 4720}{16982420} = 48,74 \text{ (m)}$$

Estos valores de alturas y distancias usadas en los cálculos, hacen referencia al obstáculo más alto del perfil topográfico del enlace. Por tanto, si la $h_{desp} > 0$, no existe obstrucción por cumbre, el margen de despeje de la zona de Fresnel se puede calcular, de acuerdo con la ecuación siguiente:

Ecuación 3.6 Margen de despeje.

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

$$M_{D\%} = 1 + \frac{48,74 - 23,25}{23,25} \times 100 = 209,94 \%$$

Con este resultado se puede considerar la zona de Fresnel despejada, ya que el margen de despeje supera el 60% del mínimo requerido.

3.5.2.3.4 Altura de las antenas.

Por lo descrito en el punto anterior, se obtiene un margen de despeje mayor al 60%, y se mantienen las alturas propuestas de las antenas, así:

- Altura de la antena de RPT Santa Rita: ha= 25 m.

- Altura de la antena Central del GADMA: $h_b = 18\text{m}$.

3.5.2.3.5 Potencia nominal de recepción.

Este cálculo de la potencia de recepción nominal, se la puede obtener al utilizar la siguiente ecuación:

Ecuación 3.7 Potencia de recepción de un radioenlace.

$$P_{inRX} = \text{Potencia de Tx dBm} - \text{Pérdida en el cable Tx dB} + \text{ganancia de antena Tx dBi} - \text{Pérdidas en la trayectoria en el espacio abierto dB} + \text{ganancia de antena Rx dBi} - \text{Pérdidas en el cable de Rx dB} - \text{Pérdidas y atenuaciones adicionales dB} = \text{Potencia nominal del Rx (dBm)}$$

- RPT Santa Rita

Datos:

Potencia en Tx = 44 dBm

Perdida en cable y conectores en Tx = 1,8 dB

Ganancia de antena en Tx = 6dBi

$$P_{inRX} = -46,35 \text{ (dBm)}$$

Perdidas por trayecto en espacio libre = 90,3 dB

Ganancia de antena en Rx = 9dBi

Perdidas en cables y conectores en Rx = 2,75 dB

- Central GADMA

Datos:

Potencia en Tx = 44 dBm

Perdida en cables y conectores en Tx = 2,75 dB

Ganancia de antena en Tx = 9dBi

$$P_{inRX} = -46,35 \text{ (dBm)}$$

Perdidas por trayecto en espacio libre = 90,3 dB

Ganancia de antena en Rx = 6 dBi

Perdidas en el cable y conectores de Rx = 1,8 dB

3.5.2.3.6 Margen de desvanecimiento y confiabilidad del enlace.

Para obtener el valor del margen de desvanecimiento, es necesario expresar el umbral de recepción o sensibilidad que dispone el receptor en dBm, para esto se usa la siguiente ecuación:

Ecuación 3.8 Umbral de recepción.

$$U_{dBm} = 10 \log \frac{U^2}{R \times p_0}$$

- Para el sitio RPT Santa Rita.

U = Sensibilidad del equipo en voltios = 0,3 μ V

R = Impedancia característica = 50 Ω

p_0 = Potencia de referencia = 1 mW

$$U_{dBm} = 10 \log \frac{(0,3 * 10^{-6})^2}{(50) \times (1 * 10^{-3})}$$

Por tanto, se obtiene para los dos casos:

Santa Rita $U_{dBm} = -117,45$ (dBm)

- Para GADMA:

U = Sensibilidad del equipo en voltios = 0,25 μ V

GADMA $U_{dBm} = -119,03$ (dBm)

Ahora para obtener el margen de desvanecimiento, se reemplaza el valor de la potencia nominal del receptor que se calculó anteriormente, así:

Ecuación 3.9 Margen de desvanecimiento.

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

- Para RPT Santa Rita: Santa Rita $MD_{(dB)} = -46.35 + 117.45 = 71.10$ (dB)
- Para el GADMA: GADMA $MD_{dB} = -46.35 + 119.03 = 72.6$ (dB)

Tabla 3.13 Determinación de Confiabilidad del Enlace.

Margen Despeje (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

Fuente: (Cevallos, 2011)

En la Tabla 3.13, se puede comparar los resultados obtenidos, donde se aprecia que los valores obtenidos en el margen de despeje superan el margen de confiabilidad de 99,999%, y se tiene un tiempo de indisponibilidad de 5,23 minutos en el año, lo que es bueno para el diseño del sistema propuesto.

3.5.2.4 Análisis De Los Resultados Obtenidos (ZONA 1)

Como un breve resumen de lo realizado, se exponen los siguientes resultados:

- Zona de Fresnel:

En la zona de fresnel, se tiene un margen de despeje de 209,94%, el cual es superior al 60% mínimo requerido el cual permite asegurar que la primera zona de fresnel queda totalmente despejada.

- Potencia en el Receptor:

En este proceso se debe comprobar que la potencia nominal en recepción sea mucho mayor que el umbral mínimo necesario, que necesita el receptor para funcionar, en el caso de este sistema se tiene, una potencia de recepción de -46,35 dBm, y la sensibilidad del equipo es de -117,46 dBm, por lo que el sistema si funciona en la zona 1 del proyecto.

- Confiabilidad y disponibilidad de enlace:

En este proceso se tiene un valor aceptable para el sistema de la zona 1, en el Margen de desvanecimiento 72,6 dB, lo que da una confiabilidad alta de 99,999%, lo que da un tiempo de indisponibilidad de 5,23 minutos en el año.

3.5.2.5 Conclusión técnica:

De acuerdo con el resumen detallado anteriormente de resultados, se llega a la conclusión de que el enlace para la zona 1 es factible de realizarse, y que el sistema propuesto puede cumplir los requerimientos inicialmente mencionados por el GADMA.

3.6 ZONA 1: ENLACE CENTRAL (Cálculos en Radio Móvil)

Gracias al estudio realizado en campo, más la investigación teórica del área geográfica del terreno, proporcionado en las tablas anteriores, y con la ayuda del software Google Earth, se obtienen las coordenadas de la ubicación de los diferentes sitios que comprenden el sistema digital de radiocomunicación VHF, los mismos que son ingresados en Radio Móvil, para su respectiva simulación. En este caso se toma el mismo enlace de la zona 1 entre RPT Santa Rita - Central GADMA, y se compara con los resultados teóricos obtenidos anteriormente.

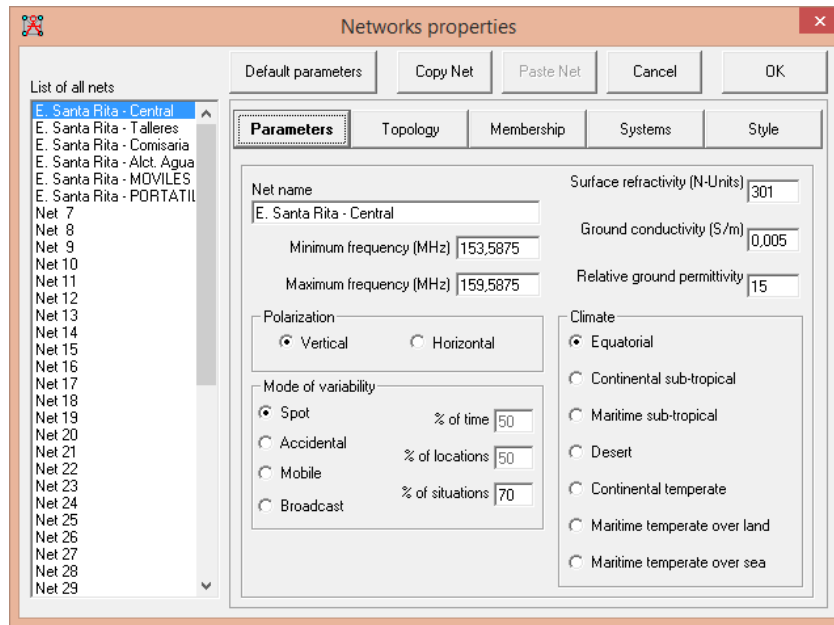


Figura 3.10 Programa Radio Mobile ingreso de datos del enlace.

Fuente: Software Radio Mobile

De forma breve se da una explicación del uso de Radio Mobile, mediante el enlace central anterior de la zona 1, donde se realiza un enlace punto a punto entre la repetidora en el cerro Santa Rita RPT y la central ubicada en el GADMA.

De inicio se ingresa en el menú principal en y se selecciona Network Properties en la opción File, para ingresar los datos del enlace, como se muestra en la Figura 3.10, y en la opción Membership se escoge a los miembros del enlace correspondiente y se da direccionamiento a las antenas, en la opción Style se dejan los parámetros por defecto, luego de ingresar todos los datos necesarios de enlace, se debe comprobar la existencia del mismo, al usar Radio Link de la opción Tools del menú principal. En la Figura 3.11, se indica la ventana que se despliega al seleccionar Radio Link, donde se observa el estado del enlace.

3.6.1 Análisis De Resultados

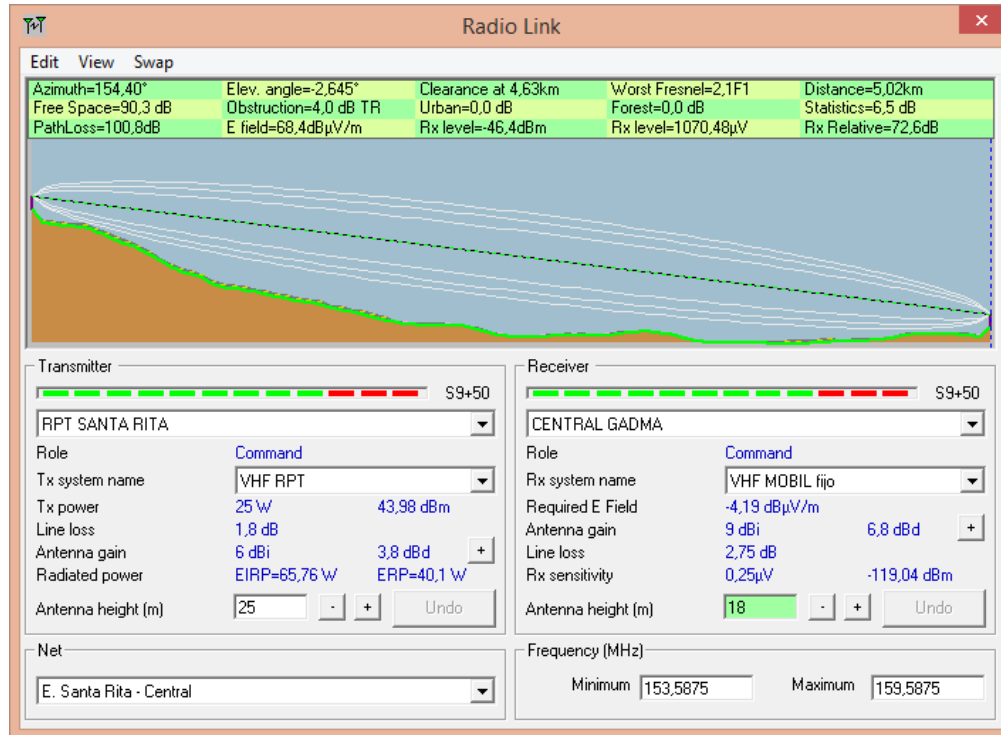


Figura 3.11 Programa Radio Mobile y análisis de resultados.

Fuente: Software Radio Mobile

En la Figura 3.11, se puede apreciar los resultados que arroja el software, los cuales son de mucha importancia en el análisis del enlace.

En dicha figura se observa, sobre el perfil del terreno una línea verde, la que indica que existe cobertura en esos lugares, y de la misma manera la línea en verde que se tiene en forma directa desde el transmisor al receptor indica que existe enlace entre ambos. Otro punto importante es la línea de vista entre los sitios, donde la elipse generada de color blanco, representa: el 60% la primera zona de fresnel, de adentro hacia afuera, donde se aprecia en la figura que la primera zona de fresnel esta despejada, aquí algunos resultados:

Resultados: Azimut=154,40° Angulo de Elevación=-2,645° Separación en 4,63km Margen de despeje en la zona de fresnel=2,1F1 Distancia Total del enlace=5,02Km Perdidas en espacio libre=90,3dB Obstrucción=4,0dB Urbano=0,0dB Vegetación=0,0dB

Estática=6,5dB Pérdida Total=100,8dB Campo Eléctrico=68,4dB μ V/m Nivel de Potencia en el Receptor Rx=-46dBm Nivel de Potencia en el Rx=1070,48 μ V Potencia Irradiada Isotrópica Efectiva PIRE=65,76W Potencia de Transmisión =25W Ganancia Antena =6dBi Sensibilidad del Receptor Rx=0,25 μ V.

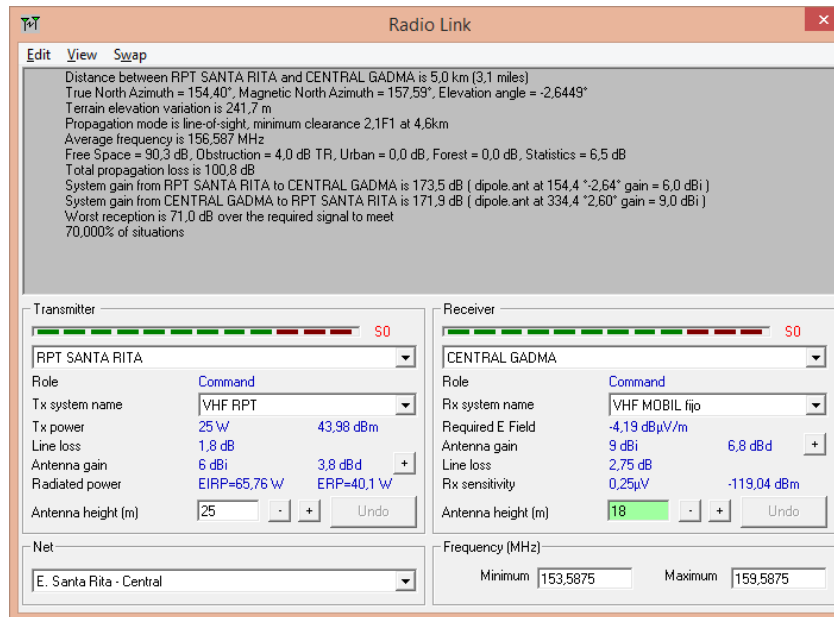


Figura 3.12 Programa Radio Mobile y análisis de resultados.

Fuente: Software Radio Mobile

3.6.2 Conclusión técnica:

Con los resultados obtenidos en las ventanas, gráficos, datos del software Radio Mobile, se concluye que el enlace es factible de realizar, y que cumplirá los requerimientos del GADMA, tal como se tuvo en los resultados teóricos. Por lo tanto, se tiene una cobertura del sistema digital en VHF, a partir de la repetidora en el cerro Santa Rita, lo que garantiza la calidad de audio, el nivel de señal necesario para que funcione el enlace en VHF de esta zona.

3.6.3 Validación de los resultados del (ENLACE CENTRAL ZONA 1).

En esta sección del proyecto se realiza la validación de los cálculos obtenidos entre el proceso de diseño teórico, y el software de simulación Radio Mobile. Este primer

ejemplo servirá utilizar este software en el resto de enlaces restantes, donde los resultados son aceptados solo si no superan el 10% de error con respecto a los valores teóricos. Se utiliza para esto la siguiente ecuación:

Ecuación 3.10 Error porcentual.

$$Error_{\%} = \frac{X_s - X_T}{X_T} \times 100$$

Donde:

X_s = Valor Medido (Radio Móvil)

X_T =Valor Real (Teórico)

En esta sección vale aclarar que los valores de comparación obtenidos, en los dos procesos son tomados en el mismo punto en el cual está ubicada la elevación más alta del perfil topográfico, para este caso es de 0,3 Km de distancia medidos desde RPT Santa Rita, a una altura de 774,6 msnm. Cabe indicar que el cálculo obtenido teóricamente o por software, de los enlaces y zonas restantes se los puede encontrar detallados en el Anexo IV, del presente proyecto de radiocomunicación.

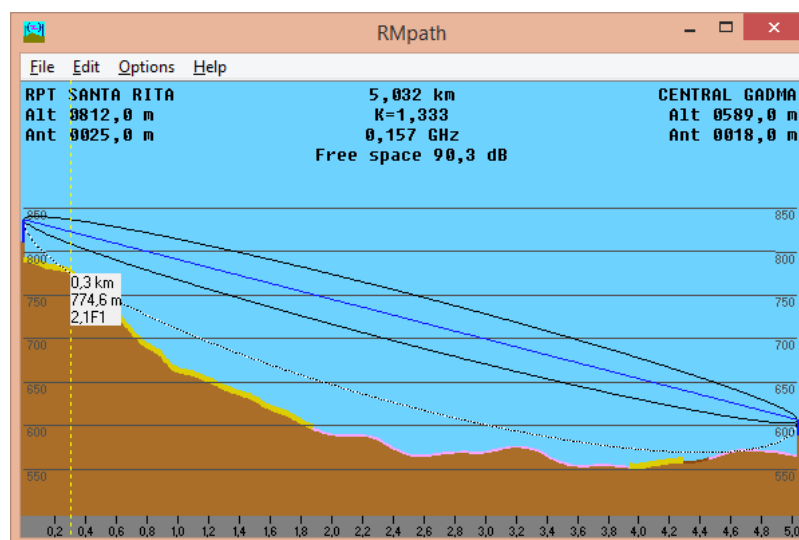


Figura 3.13 Programa Radio Mobile en verificaciones de perfil y zona de Fresnel.

Fuente: Software Radio Mobile

En la Tabla 3.14, se describen los valores teóricos realizados según datos reales del proyecto a base cálculos, formulas y procesos descritos anteriormente, donde estos se comparan con los valores obtenidos por el software libre Radio Mobile, para así determinar como resultado el grado de error aproximado, donde se tiene a consideración que este no debe sobrepasar el 10%, caso contrario dichos valores no serán confiables para proseguir con el uso del software y el desarrollo del proyecto.

Tabla 3.14 Porcentaje de Error entre resultados Teóricos y de Radio Mobile.

PARÁMETRO	VALOR TEÓRICO	VALOR RADIO MOBILE	%ERROR
Perdidas en el espacio libre (dB)	90,36	90,3	-0,1%
Margen de despeje (%)	209,94	210	0,0%
PIRE SANTA RITA (dBm)	48,2	48,2	0,0%
PIRE GADMA (dBm)	50,25	50,2	-0,1%
Potencia nominal de Rx Santa Rita (dBm)	-46,35	-46,4	0,1%
Potencia nominal de Rx GADMA (dBm)	-46,35	-46,4	0,1%
Margen de Desvanecimiento Santa Rita (dB)	72,68	72,6	-0,1%
Margen de Desvanecimiento GADMA (dB)	71,1	71	-0,1%

Fuente: El Autor

3.6.4 Conclusión técnica:

En la Tabla 3.14, se indican la comparación resultados obtenidos en los cálculos teóricos, por software, y el porcentaje de error entre ambos. El error porcentual obtenido en los dos procesos, en el mismo enlace de la zona 1, no supera el 3% el cual es el mínimo valor establecido, para que los resultados sean tomados como válidos. Por tanto, los resultados que proporciona Radio Mobile, son aceptados ya que estos definen la existencia o no de un enlace.

Por tal razón se conoce entonces que en la Figura 3.14, indica en línea verde, que el enlace es factible y se tiene línea de vista, con la primera zona de fresnel despejada mayor a un 60% de lo requerido.

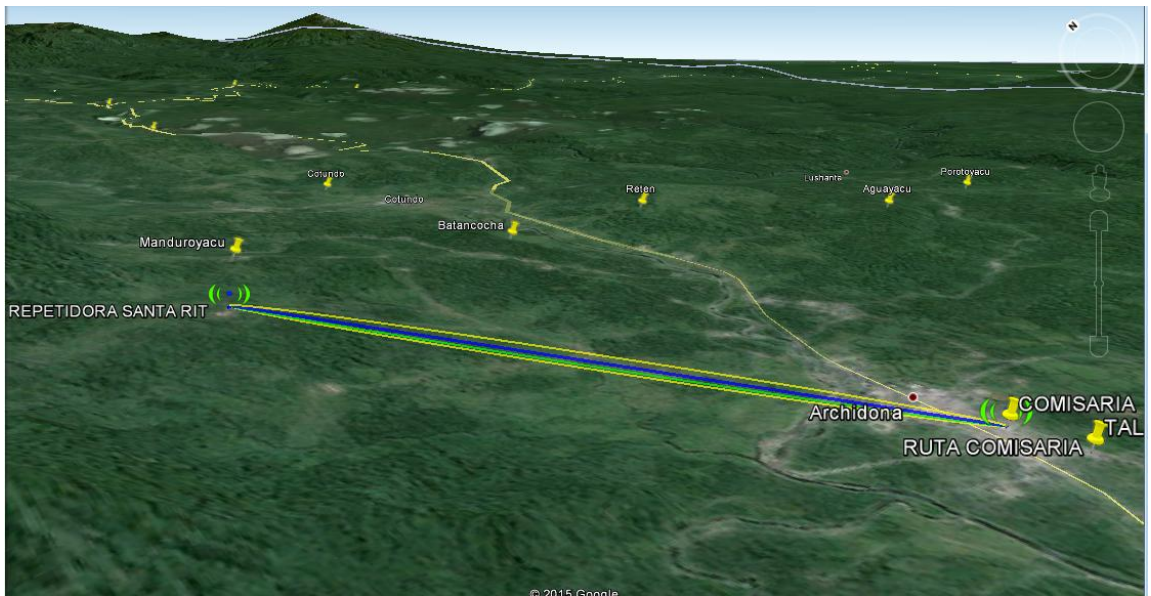


Figura 3.14 Programa Radio Mobile verificación enlace con línea de vista factible.

Fuente: Software Google Earth

Por lo antes expuesto, se utiliza el Software Radio Mobile para realizar los cálculos de enlace de las siguiente Zonas 2, y además para conocer el nivel de cobertura en VHF de la Zona 3.

3.7 ZONA 2: ENLACES DE EQUIPOS FIJOS.

Para la Zona 2 se realiza el mismo proceso de enlace en forma de punto a punto. Entre la Repetidora ubicada en el Cerro Santa Rita, con las denominadas sub-bases o los 3 departamentos de trabajo que son: Dpto. Talleres, Dpto. Comisaria Municipal, Dpto. Alcantarillado y Agua P. Donde los cálculos obtenidos por el software de Radio Mobile y los valores resultantes teóricos son representados mediante cuadros comparativos como en la Tabla 3.14, y algunas imágenes con los puntos referenciales a cada enlace, para constatar si existe línea de vista despejada y la recepción de una buena señal donde se cumpla el enlace del Sistema Digital de radiocomunicación VHF, esto se detalla en el Anexo III, el cual complementa el estudio entre Estaciones Fijas.

3.8 CONFIGURACIÓN DE EQUIPOS MOTOROLA MEDIANTE SOFTWARE CPS.

3.8.1 Configuración del Repetidor DGR 6175 en la RPT Santa Rita:

Atraves de este Software de Programación Cliente (CPS), permite ingresar parámetros para configurar la repetidora y demás equipos con el sistema Mototrbo, al considerar las características del enlace, el diseño propuesto, y las necesidades que tenga el usuario del sistema. A continuación de muestra en la Figura 3.15 y 3.16 respectivamente, una forma de configuración.

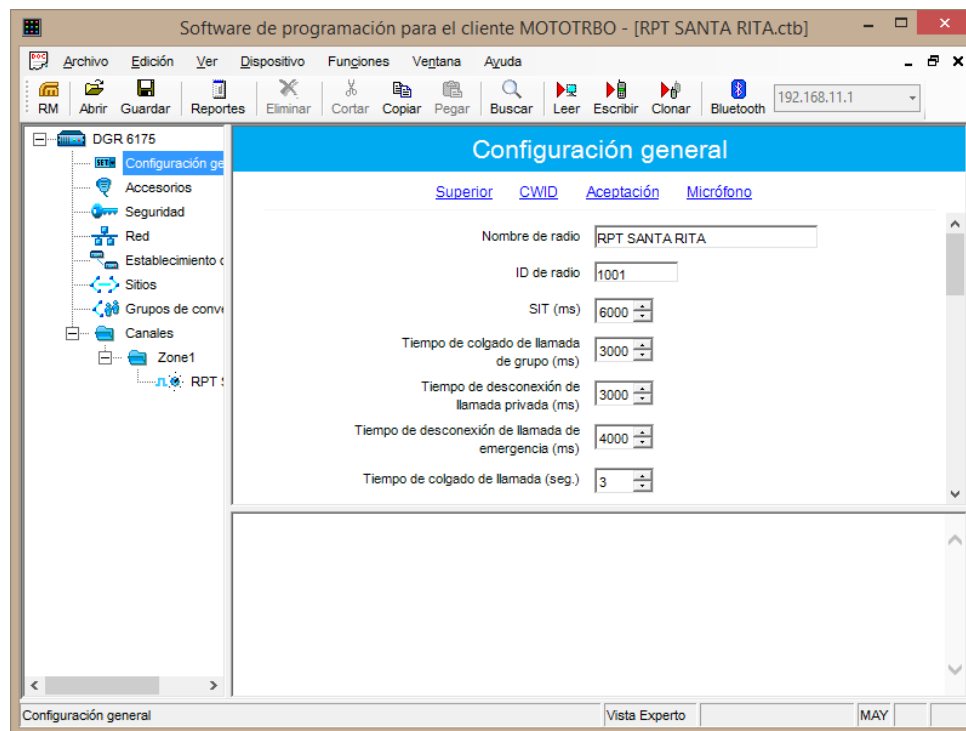


Figura 3.15 Configuración de la RPT Santa Rita con el CPS de MOTOTRBO.

Fuente: Software CPS Motorola

Se tienen opciones a configurar como: Los Rangos de Frecuencia otorgados por la CONATEL, el Código de Color el cual va a identificar a la red y el nivel de potencia con el que van a trabajar los equipos de repetición, entre otras bondades.

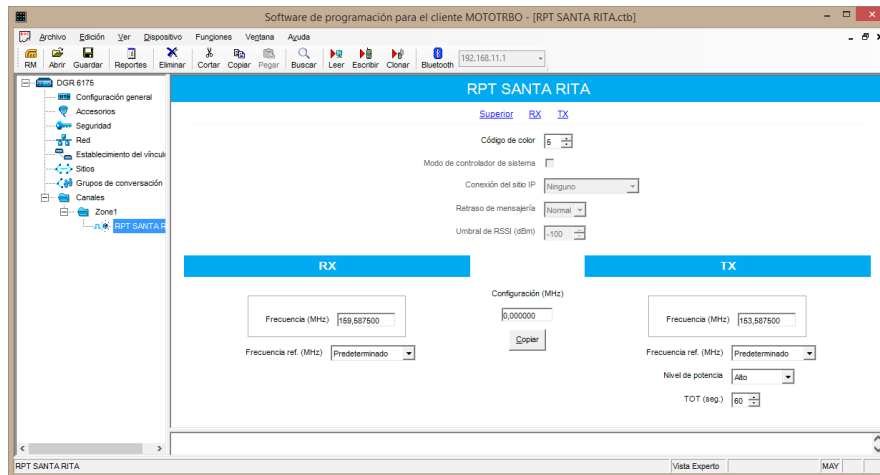


Figura 3.16 Configuración de la RPT Santa Rita con el CPS de MOTOTRBO.

Fuente: Software CPS Motorola

3.8.2 Configuración de la Radio Base DGM 8500 en la Central GADMA:

Atraves del Software (CPS), se pueden ingresar parámetros para configurar la radio base, con el sistema Mototrbo, de acuerdo a los grupos de trabajo que se tiene en el GADMA, como se muestra en las Figuras 3.17 y Figura 3.18, respectivamente

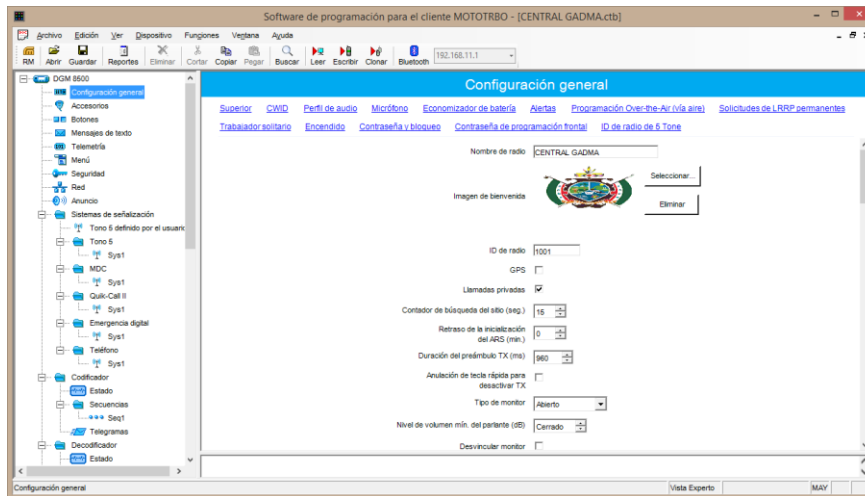


Figura 3.17 Configuración de la Central GADMA con el CPS de MOTOTRBO.

Fuente: Software CPS Motorola

De la misma forma que la anterior se tiene las opciones como: la asignación de nombres a los grupos de trabajo, llamadas importantes a equipos designados, la

designación del mismo código de color de la red, la franja por la que se designa conectar al repetidor, el ingreso del mismo rango de frecuencia a operar, entre otras.

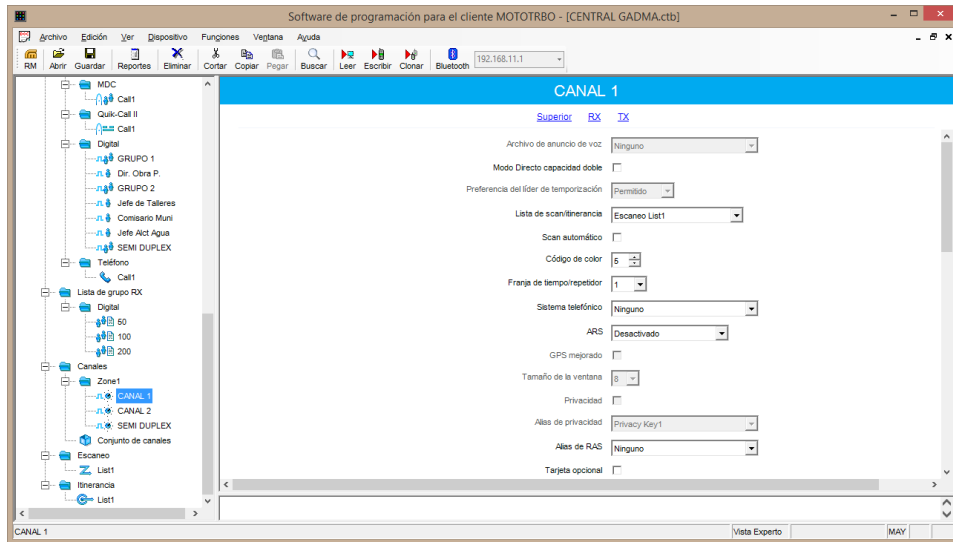


Figura 3.18 Configuración de la Central GADMA con el CPS de MOTOTRBO.

Fuente: Software CPS Motorola

Para una mejor guía se tiene el manual de usuario en el Anexo I al final de este proyecto.

3.9 ZONA 3 - COBERTURA DE EQUIPOS MOVILES.

Se presenta a continuación en la Figura 3.20, la cobertura que brinda la repetidora donde se pueden apreciar los niveles de recepción de la señal y la extensión geográfica de cobertura en VHF que tiene el sistema, para asegurar la comunicación en los alrededores y en vías principales del cantón, las cuales unen los diversos sitios de cada zona con la repetidora. Para una explicación de dicha cobertura en la Figura 3.19, se presenta las distintas intensidades de señal, las cuales pueden ser clasificadas de nivel bueno, promedio, y malo, según Radio Mobile.



Figura 3.19 Nivel de Señal en el Programa Radio Mobile.

Fuente: (Coudé, 2015)

Es considerada una señal que tiene un nivel malo de recepción, si la potencia es < -3 dB, de color rojo y obscuro (negro); se tiene una señal promedio entre $\geq -3 < +3$ dB, de color (amarillo); si la señal esta entre ≥ 3 dB, es buena en color verde. La única repetidora analizada es la ubicada en el Cerro de Santa Rita, como muestra la Figura 3.19 y 3.20.

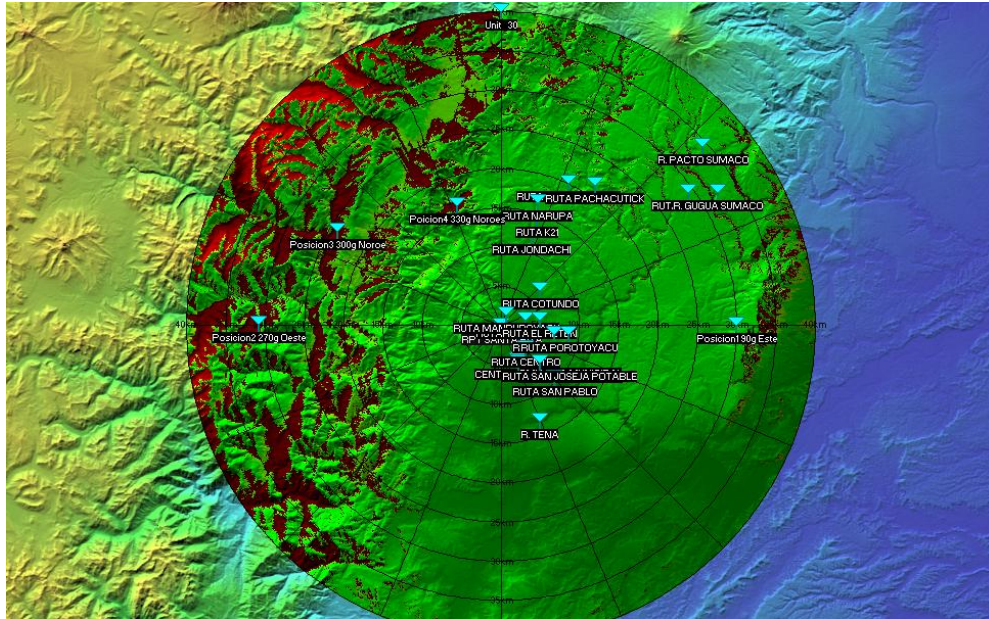


Figura 3.20 Programa Radio Mobile en verificaciones de cobertura.

Fuente: Software Radio Mobile

3.9.1 Repetidora Santa Rita o (RPT Santa Rita).

A continuación, se presentan una gráfica de simulaciones de cobertura del Sistema Digital VHF realizadas en Radio Mobile, donde se toma como eje central el cerro de Santa Rita.

Gracias a la herramienta de Google Earth, en la Figura 3.21, se muestra en línea de color rojo el área cuadrada de 3898.908 Km² y un perímetro de 232,854 Km, de un área previamente descrita de 3039.2 Km² de área geográfica que tiene el Cantón Archidona, provincia de Napo, donde se identifican las rutas de trabajo, más los sitios donde operarán los equipos del Sistema VHF Digital se encuentran dentro de esta área, inclusive cuenta con un mayor alcance para utilizarlos cerca de los cantones vecinos, como es el de Tena en este caso.

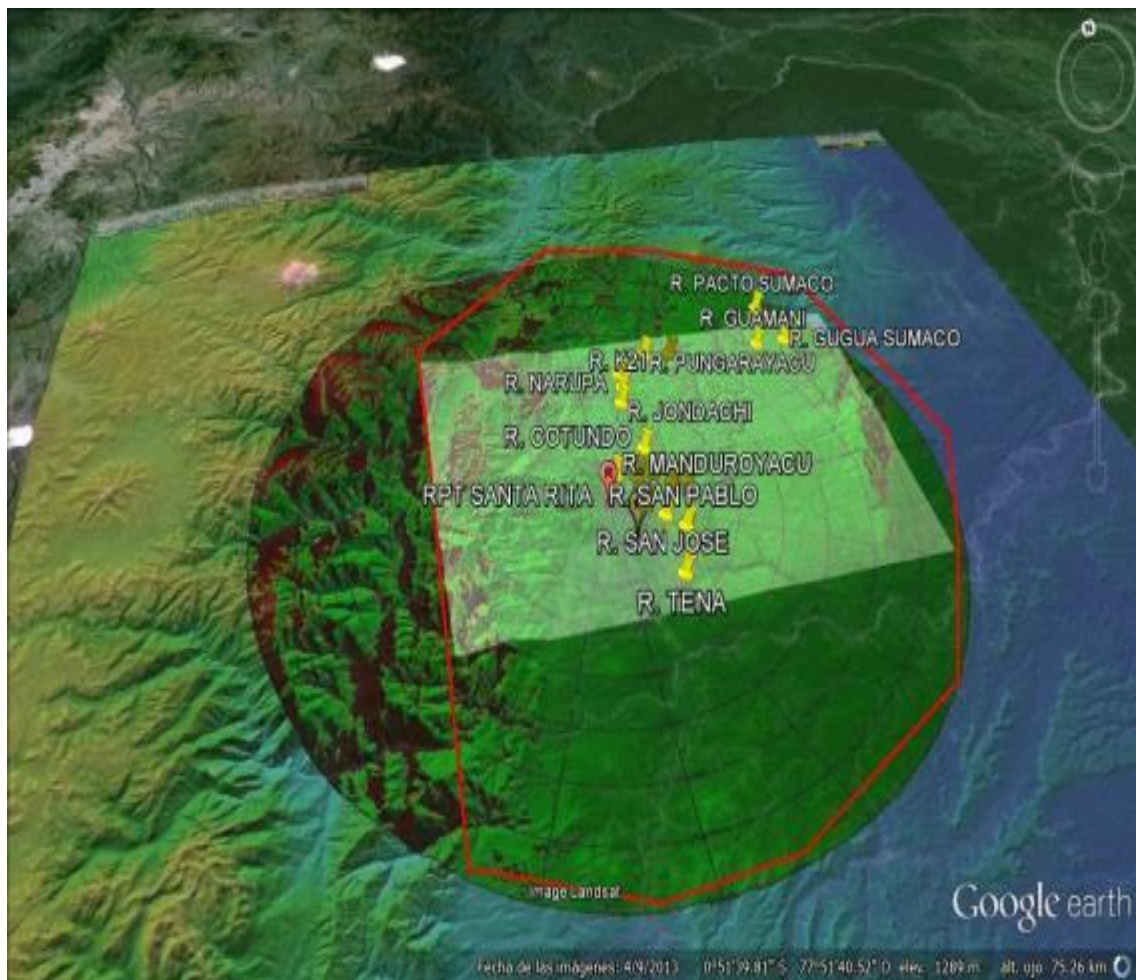


Figura 3.21 Lóbulo de Cobertura de RPT Santa Rita en 3D, Cantó Archidona.

Fuente: Software Google Earth

Como una mejor aclaración se recomienda leer el Anexo III, el cual consta de los diferentes enlaces que se pueden tomar como una referencia, para encontrar valores típicos necesarios que permiten comprobar el alcance y cobertura de señal VHF del sistema digital de radiocomunicación de dos vías.



Figura 3.22 Representación del Área de cobertura en Archidona.

Fuente: El Autor

En las Figura 3.22 y 3.23, se pueden apreciar, el lóbulo de cobertura de la antena omnidireccional a 40 km a la redonda, el cual cubre todos los sitios clave, de las rutas de trabajo más transitadas de la maquinaria pesada y liviana del GADMA, lo que es necesario para brindar comunicación. El área verde identifica esta acción.

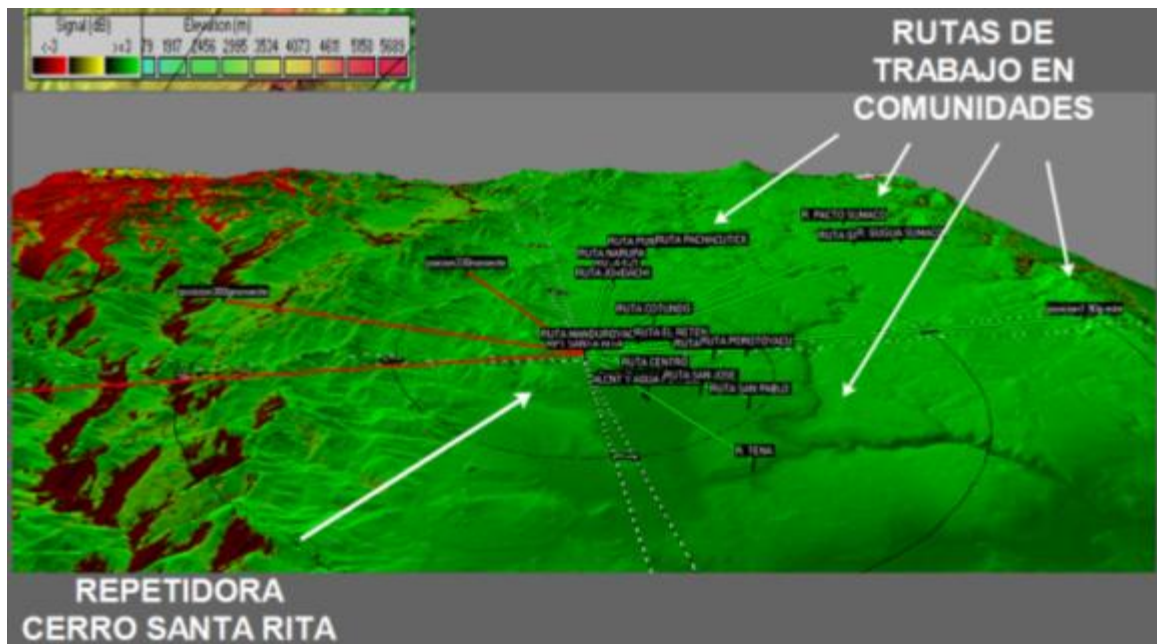


Figura 3.23 Radio Mobile en verificaciones de cobertura y recepción de señal 3D.

Fuente: Software Radio Mobile

El resultado en la Figura 3.23, demuestra con líneas en color verde la comunicación satisfactoria entre los sitios clave, y en línea roja los puntos donde no existe comunicación, al no tener el nivel de señal adecuado, es decir un buen nivel de potencia en el receptor, mayor a -119,04 dBm, y un nivel de campo eléctrico mayor al mínimo necesario en el receptor de 0,94 dB μ V/m. Tales resultados se encuentran en la Tabla 3.15, siguiente de los resultados de cobertura.

3.9.2 Análisis de Resultados de la ZONA 3:

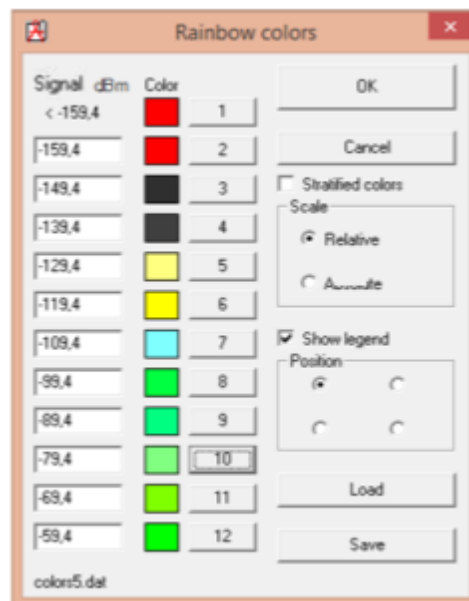


Figura 3.24 Nivel de Recepción.

Fuente: Software Radio Mobile

Se considera la referencia de colores que se tiene en la Figura 3.24, para un mejor análisis de cobertura se presentan las distancias a las cuales, la señal tiene un nivel potencia pésimo de recepción, si es ($< -119,04$ dBm) de color obscuro negro o rojo, se tiene una señal mala entre ($\geq -119,04$ dBm; $\leq -109,4$ dBm) de color amarillo, una señal buena si esta entre ($> -109,04$ dBm; $< -69,4$ dBm) de color verde pálido, si la señal es ($\geq -69,4$ dBm), es muy buena en color verde claro. Se registran además en la Tabla 3.15, los resultados positivos si el nivel de campo eléctrico es $> 0,94$ dB μ V/m requerido por el receptor, y negativos de cobertura si el nivel de campo eléctrico es $< 0,94$ dB μ V/m.

Tabla 3.15 Detalles de la Cobertura Cerro Santa Rita Zona 3.

REPETIDORA	COBERTURA EN RUTAS DE TRABAJO	ALTURA APROXIMADA (msnm)	DISTANCIA DE COBERTURA	NIVEL DE RECEPCIÓN	NIVEL DE CAMPO ELÉCTRICO	INTENSIDAD DE SEÑAL
CERRO SANTA RITA (RPT NSR)	RUTA SAN PABLO (Móvil)	643	9,54	-62,7 dBm	57,3 dB μ V/m	Muy buena
	RUTA COTUNDO (Móvil)	734	6,69	-60,7 dBm	59,3 dB μ V/m	Muy buena
	RUTA POROTOYACU (Móvil)	810	8,77	-80,8 dBm	39,2 dB μ V/m	Buena
	RUTA NARUPA (Móvil)	1198	16,41	-69,3 dBm	50,7 dB μ V/m	Muy buena
	RUTA PACTO SUMACO (Móvil)	1513	34,38	-80,9 dBm	39,1 dB μ V/m	Buena
	RUTA GUAGUA SUMACO (Móvil)	1148	32,45	-75,8 dBm	44,2 dB μ V/m	Buena
	RUTA TENA (Móvil)	679	13,19	-62,8 dBm	57,2 dB μ V/m	Muy buena
	RUTA CENTRO (Portátil)	591	4,32	-42,2 dBm	77,8 dB μ V/m	Muy buena
	RUTA JONDACHI (Móvil)	983	12,12	-81,3 dBm	38,7 dB μ V/m	Buena
	RUTA BATANCOCHA (Móvil)	683	3,24	-47,8 dBm	72,2 dB μ V/m	Muy buena
	RUTA MANDURO YACU (Móvil)	860	1,47	-34,8 dBm	85,2 dB μ V/m	Muy buena
	RUTA EL RETEN (Móvil)	693	5,05	-44,3 dBm	75,6 dB μ V/m	Muy buena
	RUTA SAN JOSE (Móvil)	630	6,94	-54,3 dBm	65,7 dB μ V/m	Muy buena
	RUTA K21 (Móvil)	1146	14,41	-69,4 dBm	50,6 dB μ V/m	Buena
	RUTA PUNGARAYACU (Móvil)	1369	20,09	-67,1 dBm	52,9 dB μ V/m	Muy buena
	RUTA PACHACUTICK (Móvil)	1135	21,57	-88,9 dBm	31,0 dB μ V/m	Buena
	RUTA GUAMANI (Móvil)	1191	29,23	-73,1 dBm	46,9 dB μ V/m	Buena
	RUTA AGUAYACU (Móvil)	677	6,94	-64,2 dBm	55,8 dB μ V/m	Muy buena
	Posicion2 270° Oeste	2912,1	30,82	-128,1 dBm	-8,1 dB μ V/m	Pésima
Posicion3 300° Noroeste	1930,2	23,95	-126,3 dBm	-6,3 dB μ V/m	Pésima	

Fuente: El Autor

3.9.3 Conclusión técnica:

En los datos obtenidos en la Tabla 3.15, se tiene que la cobertura en el Catón Archidona muy buena de señal VHF la cual supera el nivel de potencia de -119,04 dBm requerido en el receptor. En este caso se tiene equipos de radiocomunicación fijos, móviles, portátiles, de marca Motorola que tiene una recepción del nivel de campo eléctrico mínimo de 0,94 dB μ V/m, y se logra comprobar que existe comunicación por voz, en las rutas de trabajo donde opera la maquinaria pesada y liviana del Municipio GADMA y sus alrededores, esto genera confiabilidad lo cual significa bajos tiempos de indisponibilidad. Por tanto, se concluye entonces que el Sistema Digital de Radiocomunicación VHF de dos vías Diseñado, es factible de realizarse.

3.10 CRITERIO TÉCNICO DEL SISTEMA VHF DIGITAL.

Una vez cumplido en gran parte el objetivo principal, en un principio detallado en la planificación del proyecto. Se presenta a continuación la ubicación geográfica de la repetidora, sumada a la distribución topología de la red, que puede ser de mucha importancia, al momento de dar crecimiento a la misma. Es decir, si esta red del Catón Archidona, quisiera entrelazar a los de más cantones vecinos de la Provincia de Napo, para tener mayor alcance y así cubrir más territorio.

3.11 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA REPETIDORA VHF DIGITAL

La Figura 3.25. Representa la ubicación geográfica de la repetidora en el cerro de Santa Rita dentro el plano cartográfico de la Provincia de Napo, acompañada de referencias de otros nodos principales ubicados en los cantones vecinos.

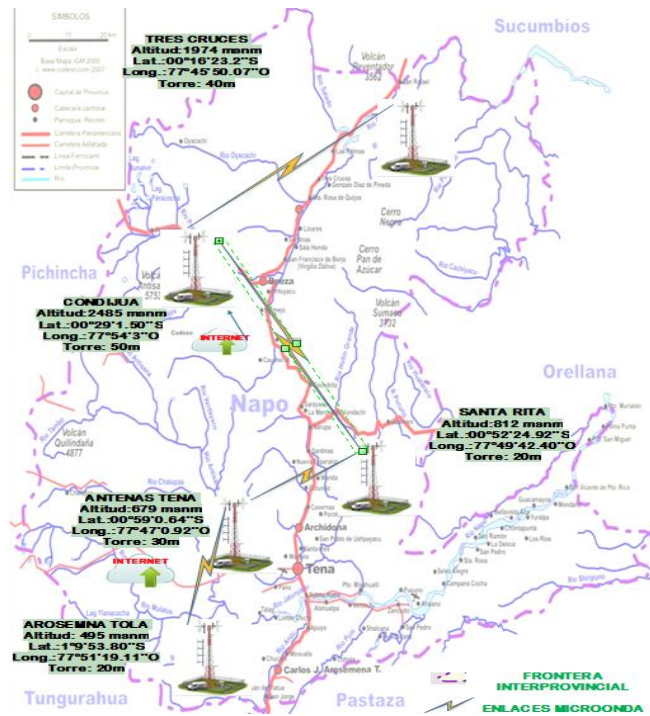


Figura 3.25 Ubicación Geográfica de RPT Santa Rita y posible Troncal.

Fuente: El Autor

Además, se puede distinguir una configuración de topología extensa de red, donde constan algunos nodos de los cantones vecinos para Sistema Digital de Radiocomunicación VHF, proyectado este a tener un crecimiento a futuro, y convertirla en una Red Cantonal a una Red Provincial, e interconectar varios municipios.

3.12 TOPOLOGÍA DEL SISTEMA VHF DIGITAL



Figura 3.26 Topología de red del sistema VHF digital.

Fuente: El Autor

En la Figura 3.26, se observa la forma de comunicación topológica, punto a multipunto, de la red VHF digital de dos vías, para el cantón Archidona, donde queda claro que esta inicia de forma específica desde su Repetidor en el Cerro Santa Rita, y abre la señal a todas las partes del Sistema Digital de Comunicación VHF, esta topología, cubre toda el área designada a las rutas de trabajo y sus bases fijas de los departamentos de trabajo del GADMA.



Figura 3.27 Estructura y equipos de red del sistema VHF digital.

Fuente: El Autor

Para el Catón Archidona, es requerido un número de: 1 Repetidora, 4 Radio Base (Fijas), 30 Radios Móviles, y 20 Radios Portátiles. En la Figura 3.27, se muestra equipos que operarán en el área asignada al tener como referencia el centro de repetición en el cerro Santa Rita y el control central en el Municipio de Archidona GADMA.

3.13 INSTALACIONES EN EL CERRO DE SANTA RITA.

En la Tabla 3.16, se detallada todas las características de los equipos, como la parte medular del sistema digital de radiocomunicación VHF de dos vías para el cantón

Archidona, los cuales incluyen la infraestructura del a repetidora con tecnología TDMA, y demás elementos que se tienen que considerar en el cerro Santa Rita RPT.

Tabla 3.16 Diseño del Sistema Digital Radiocomunicación VHF.

FRECUENCIAS DE OPERACIÓN		Potencia reflejada	1 W	Conectores a repetidor	N-Macho 50 0 / BNC
Frecuencia de TX	134 MHz	Sensibilidad	0,3 μ V	Duplexor	Sinclair Q2220E
Frecuencia de Rx	176 MHz	TORRE		Longitud cable RF – RPT	25 /30 m
UBICACIÓN		Tipo de Estructura Torre	Tensores	Rack	19"
Latitud	0°52'24.92" S	Altura de la estructura:	30 m	Radio Base	Motorola DGM 8500
Longitud	77°49'42.40 "W	EQUIPOS		Radio Base	Motorola DGM 8500
Altura sobre nivel del mar	812 msnm	Altura de la antena RPT	25 m	Radio Portátil	Motorola DGP 8550
Repetidora MOTOTRBO DGR 6175		Repetidora	Motorola DGR 6175	CONDICIONES ELÉCTRICAS	
TRANSMISOR		Antena VHF – RPT	Dipolo	Longitud cable de tierra	35 m
Potencia RPT	25 W	Baterías	Millennium 31DC115 115AH 24Vdc	Pararrayos	PARRES pararrayo ionizante
Potencia entrada Duplexor	350 W	Cable antena – duplexor	Heliax ½ RG-8/U 50 0	Temperatura Interior:	Ambiente
Potencia Reflejada	1 W	Cable antena – Radio Bases	Belden modelo 9913 RG-8/U 50 0	Voltaje baterías de radio base	13.76 Vdc
RECEPTOR		Cable duplexor – repetidor	Belden modelo 8214 RG-8/U 50 0	Voltaje baterías de repetidora	13.76 Vdc
Sensibilidad	0,25 μ V	Cargador de baterías para RPT	Samlex SEC-2430 ^a	Voltaje fase-neutro	113.3 V
SINAD	12 dBm	Fuente de poder para Radio Bases	Astron RS-20ASS	Voltaje fase-tierra	114.4 V
RADIO ENLACE DGM 8500		Conectores a antenas	N-Macho 50 0	Voltaje-neutro-tierra	1.2 V
Potencia	25 W	Conectores a duplexor	N-Macho 50 0	Área mínima necesaria del terreno a ubicar el centro de repetición	7x7m = 49m ²

Fuente: El Autor

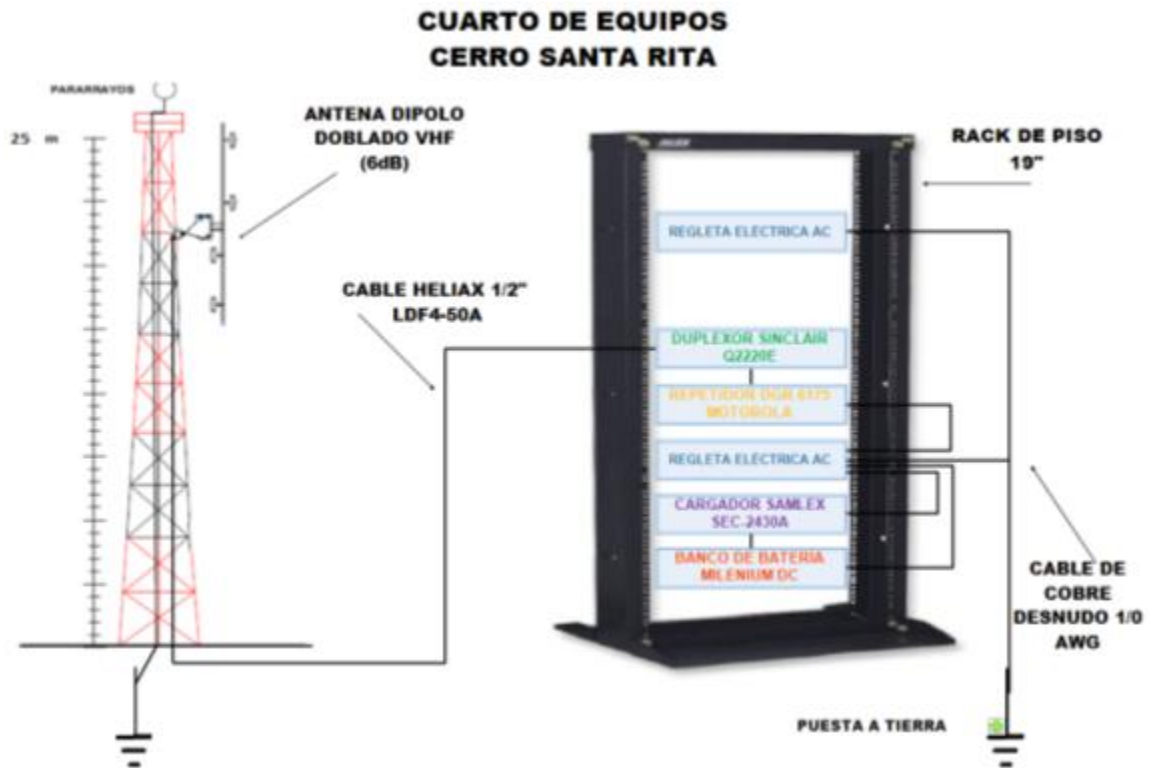


Figura 3.28 Conexión de equipos con sistema de Respaldo en RPT Santa Rita.

Fuente: El Autor

En la Figura 3.28, en el cerro Santa Rita del Cantón Archidona, se observa el esquema del cuarto de quipos, y sus configuraciones sumadas a un excelente respaldo de energía, donde el área a utilizar necesaria es de $2 \times 2 \text{ m}^2$, para la caseta o cuarto de equipos, de un área total de $7 \times 7 \text{ m}^2$.

En las Figuras 3.29, se expone el esquema de las conexiones de los equipos ya mencionados anteriormente, que corresponden a la Central de Comunicaciones VHF Ubicada en el Departamento de Obras Públicas GADMA, con su respectivo sistema de respaldo, donde además en la Figuras 3.30, se tiene el modelo de esquema que se repetirá en las estaciones fijas de los tres departamentos de trabajo restantes, los mismos que serían; D. Talleres, D. Comisaría, D. Alcantarillado y AP.

En lo que respecta a los equipos móviles en los vehículos su instalación es sencilla, ya que se conectan directamente a su batería, y serán empotrados de acuerdo al espacio del mismo. Y por último se entregan logísticamente los equipos portátiles con su

respectivo cargador a personas, como los policías municipales donde su labor y forma de movilización es a pie, y puedan manejar grupos de trabajo.



Figura 3.29 Conexión de equipos con sistema de Respaldo en GADMA.

Fuente: El Autor



Figura 3.30 Conexión de equipos con sistema de Respaldo en Talleres M.

Fuente: El Autor

Los equipos móviles se instalan individualmente en cada maquinaria pesada y liviana del GADMA de forma sencilla, y los equipos portátiles solo son recargables manualmente.

3.14 ANÁLISIS TÉCNICO

En esta sección del proyecto del diseño del Sistema Digital VHF, queda justificada la elección de los equipos de radios MOTOROLA de dos vías para este estudio, donde se tomaron como referencia los valores sensibles de estos, y se obtuvieron resultados favorables emitidos por el software de Radio Mobile y Google Earth, los cuales fueron comparados con los cálculos obtenidos teóricamente, lo que resulta bajo el 10% mínimo necesario de error en el proceso, con una confiabilidad del 99,999% en los enlaces, con indisponibilidad de tiempo en los enlaces de 5,23 minutos al año.

Por tal razón es factible realizar el Sistema Digital de Radiocomunicación VHF de dos vías para el GADMA del Cantón de Archidona, con el cual se puede intercomunicar por voz a toda la maquinaria de trabajo pesada y liviana del cantón, incluido la mano de obra con radios portátiles, los departamentos de trabajo con radios fijos, donde se logra así una mejora en efectividad, organización y control de los diferentes frentes de trabajo que interactúan directamente con la comunidad, así también se reduce gastos indirectos, tiempo de ejecución en atender diferentes emergencias, y pedidos urgentes de la ciudadanía para así mejorar sus condiciones de vida.

3.15 ANÁLISIS ECONÓMICO DEL SISTEMA DIGITAL DE RADIOCOMUNICACIÓN VHF DE DOS VÍAS

Se presentan un análisis general de los costos que pueden estar involucrados en los procesos de implementación, para establecer que equipos se pueden utilizar en futuros gastos operativos del proyecto. Además, por la variedad de precios que existen en el mercado se colocarán valores que se asemejen a los reales, y si es necesario asumir o estimar valores, se pudo cotizar o consultar a empresas y personas profesionales que trabajan en el sistema actual u otros sistemas parecidos en la misma región.

Para este análisis económico se enlista todos los equipos que conforman la red, entre los departamentos de trabajo, equipos móviles vehiculares, y portátiles. De los cuales se obtiene sus valores reales actualizados, así como valores de construcción de la caseta y torre, que son necesarios para los bastidores, y la repetidora, entre otros importantes como el uso y permiso de frecuencia.

Se toma en cuenta estas consideraciones, para sacar un estimado del costo por implementación del sistema de comunicaciones del Municipio del Cantón Archidona "GADMA". Donde este estudio del proyecto con esta tecnología permitirá una mejor productividad y efectividad operativa de todos sus colaboradores, en los frentes de trabajo.

En esta sección del proyecto cabe aclarar, que, por ser un beneficio directo a la forma de trabajo para el obrero y el administrador, el cual se dedica de forma primordial a brindar servicio a la población, y perteneciente a una entidad pública, absorbe el gasto económico total de implementación y su puesta en funcionamiento, sin generar ninguna retribución económica por la misma. Pero también el desarrollo de este estudio y su implementación influye de manera directa en la mejora del servicio, al tener un tiempo de respuesta mucha más corta y organizada en la atención a los requerimientos de la población.

3.16 SELECCIÓN DE EQUIPAMIENTO PARA EL SISTEMA DIGITAL VHF.

Para el sistema digital de radiocomunicación VHF estudiado, se encontró como mejor opción la utilidad de los radios de dos vías que tienen tecnología digital los cuales ofrecen mejor capacidad, eficiencia espectral, nitidez, y aplicaciones integradas, entre otras características importantes de los radios Motorola con su sistema Mototrbo.

Este tipo de equipamiento provee de una solución privada basada en estándares internacionales, lo que es rentable y fácil personalizar. Por tanto, se pueden nombrar algunas características: primero, utilizan técnicas de acceso digital TDMA y brinda el doble en capacidad de llamadas que los sistemas analógicos, segundo, permite tener una comunicación por voz clara al eliminar estática y ruido, tercero, TDMA utiliza dos periodos

para duplicar el número de usuarios de voz que se pueden admitir en el canal repetidor, cuarta, este sistema soporta aplicaciones de datos como mensajes de texto y rastreo GPS.

Como se indica en la tabla 3.17, los equipos digitales Motorola tienen un costo superior a las marcas tradicionales como la: ICOM, KENWOOD, pero sus aplicaciones, modo de operación con tecnología TDMA y sistema Mototrbo, cumplen expectativas de escalabilidad que requiere el GADMA

Tabla 3.17 Valores de equipos de telecomunicaciones.

NUM	LUGAR	EQUIPO	CANT	COSTO
1	RPT SANTA RITA	DGR 6175 VHF/UHF	1	6,900.00
2	DEPRT. OBRA CIVIL GADMA	DGM 8500 VHF/UHF FIJO	1	1,600.00
3	DEPRT. DE TALLERES	DGM 8500 VHF/UHF MOVIL	1	1,600.00
4	DEPRT. DE LA COMISARIA M.	DGM 8500 VHF/UHF MOVIL	1	1,600.00
5	DEPRT. DE AGUA POTABLE Y ALC.	DGM 8500 VHF/UHF MOVIL	1	1,600.00
6	VEHÍCULOS PESADOS Y LIVIANOS	DGM 8500 VHF/UHF MOVIL	1	980.00
7	PERSONAL DE SEGURIDAD	DGP 8550 VHF/UHF PORTATIL	1	840.00
8	BASE CENTRAL DEPART. DE OBRA CIVIL GADMA	COMPUTADOR	1	1000.00

Fuente: El Autor

3.17 COSTO DE INSTALCIÓN Y MANO DE OBRA DEL SISTEMA VHF DIGITAL

A este resultado se debe sumar los valores de costo de instalación, construcción de caseta y bastidor del lugar donde se vaya instalar la antena del repetidor.

Para otro caso se debe aclarar que los gastos en contrato de arrendamiento de caseta y bastidor son rubros anuales que no se tomarán en cuenta, ya que estos lugares son propios del GADMA, mientras lo que hay que tomar en cuenta son los gastos de mantenimiento, en el Anexo I, se detalla un presupuesto de esto.

El costo de instalación según INVETRONICA empresa de telecomunicaciones se tiene:

- Repetidora 300,00 USD
- Base 150,00 USD
- Móvil 50,00 USD
- Estudio De Ingeniería 400.00 USD
- Mantenimiento Preventivo Trimestral 100,00 USD (Diarios por técnico)

3.18 GASTOS EN MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DIGITAL VHF.

De acuerdo las tarifas por uso de frecuencias del espectro radioeléctrico, y con el reglamento de derechos por concesión, que dicta el Consejo Nacional de Telecomunicaciones CONATEL, bajo la resolución descrita en N° 845-20-CONATEL-2003, se consideran las siguientes formulas y cálculos de valores a pagar.

- La tarifa por uso mensual, de un sistema VHF para operar las 24 horas del día.

Según los Artículos del 5 al Artículo 8, se determinan la siguiente tarifa.

$$T(US\$) = K_a * \alpha_2 * \beta_2 * A * F_p \quad (Ec.2)$$

Donde:

- T (US\$) = Tarifa mensual en dólares de los Estados Unidos de América, por frecuencia asignada.
 K_a = Factor de ajuste por inflación.
 α_2 = Coeficiente de valoración del espectro para el Servicio Móvil en bandas sobre 30 MHz, no multiacceso (De acuerdo a la Tabla 1, Anexo 2).
 β_2 = Coeficiente de corrección para el Servicio Móvil en bandas sobre 30 MHz, no multiacceso.
A = Anchura de banda de la frecuencia asignada, en kHz.
 F_p = Factor de propagación (De acuerdo a las Tablas 2 hasta la 5, Anexo 2).

Se obtiene como resultado para este estudio en VHF superior a 30 MHz, un valor:

T(US \$)	36,63	VALOR MENSUAL PARA UNA SOLA FRECUENCIA
T(US \$)	2198,03	VALOR A PAGAR EN 5 AÑOS POR UNA SOLA FRECUENCIA

- Derecho de concesión de frecuencia del espectro radioeléctrico.

Según los Artículos del 30 al Artículo 34, se determinan la siguiente tarifa.

$$D_c = T(US\$) * T_c * F_{cf} \quad (\text{Ec. 9})$$

Donde: T (US\$) = Tarifa mensual por uso de frecuencias del espectro radioeléctrico en dólares de los Estados Unidos de América correspondiente al Servicio y al Sistema en consideración.
 T_c = Tiempo de concesión. Valor en meses de la concesión a otorgarse al respectivo servicio y sistema.
 F_{cf} = Factor de concesión de frecuencias (De acuerdo a la Tabla 1, Anexo 7).
 D_c =Derecho de concesión.

Se obtiene como resultado para este estudio en VHF un valor:

D_c	48,62	VALOR DE DERECHOS DE CONCESIÓN PARA 5 AÑOS UN SOLO PAGO
----------------------	-------	---

3.19 TIEMPO ESTIMADO PARA LA EJECUCIÓN Y FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA VHF DIGITAL.

Por lo ya descrito anteriormente en los valores detallados de costos de la infraestructura, se puede considerar que el tiempo estimado para su implementación, se puede efectuar de acuerdo al cronograma presentado en la Tabla 3.18, siguiente:

Tabla 3.18 Cronograma de Actividades de implementación del Sistema Digital VHF.

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES PARA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DIGITAL VHF DE DOS VÍAS																													
ACTIVIDAD		SEMESTRE DEL AÑO 2017																											
NÚM	MES	MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO							
	SEMANA	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
1	La presentación y posterior tramitación del estudio de ingeniería, donde consta la solicitud de otorgamiento de permiso de uso de frecuencia en VHF de 136 MHz a 174MHz para radio de dos vías, fijo, móvil terrestre en la ARCOTEL.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	X	X	x	x	x	x	x	x	x	x
2	Designación y atribución de un rango de frecuencia entre 136 MHz – 174 MHz, temporal en VHF para radio de dos vías, Fijo, Móvil Terrestre en la ARCOTEL.	x	x																										
3	Implementación de la Torre Triangular con Tensores, en el cerro Santa Rita, el cual es el centro de repetición de señal VHF (RPT Santa Rita).			x	x	x																							
4	Caseta Metálica con protección de malla metálica, y cuarto de equipos, para el centro de repetición (RPT Santa Rita).						x																						
5	Instalación y configuración de los 54 equipos de radiocomunicación VHF, Antenas, Equipos terminales adecuados, ubicados en los departamentos de trabajo, en la maquinaria pesada y liviana del GADMA, tales como sus radios bases fijas, móviles, y portátiles. Sumado a la puesta en funcionamiento del Sistema Digital de Comunicación VHF, para radio de dos vías.							x	x	x	x																		
6	Capacitación y uso de equipos Digitales Motorola con tecnología Mototrbo.											x	x																

Fuente: El Autor

Se aprecian en la Tabla 3.2, las actividades que forman parte indispensable de la construcción del Sistema Digital VHF de dos vías, con relación a los tiempos que dura en ponerlos a punto, de modo que se pueda establecer la comunicación por voz entre todos los departamentos de trabajo del GADMA, se tiene 3 meses, según la planificación dada.

3.20 COSTO TOTAL QUE COMPRENEN LA INFRAESTRUCTURA VHF DIGITAL

En la Tabla 3.19, se detalla el estudio financiero, con valores reales de cada uno de los equipos y accesorios necesarios en la implementación del proyecto de radiocomunicación.

Una vez obtenido un estimado básico de costos aplicados al sistema sumado al tiempo que se tomará en desarrollarlo, se puede obtener un valor real de lo que cuesta implementar el presente sistema digital de radiocomunicación VHF.

Tabla 3.19 Valores reales del Proyecto equipos e instalación.

ANÁLISIS ECONÓMICO DE EQUIPOS DE RADIOCOMUNICACIÓN VHF DE DOS VÍAS				
ÍTEM	DETALLE	CANT	VAL. UNIT	VAL. TOTAL
1	Estación Repetidora VHF	1	6900,00	6900,00
	Marca: MOTOROLA			
	Modelo: DGR 6175/SLR5100			
	Tecnología: DIGITAL TDMA			
	Rango de Frecuencia: 136-174MHZ			
	Potencia: 1-50 Vatios			
	Espaciamiento de Canal: 12.5 KHZ/25 KHZ			
	Estabilidad de Frecuencia:+/- 0,5 ppm			
	Rango operativo de temperatura -30°C a +60°C			
	Sensibilidad digital 5% VER: 0.3 uV			
	Modulación FM: 12.5 KHz 11K0F3E/25KHz 160FE			
	Modulación Digital 4FSK: 12.5KHz solo datos 7K60FXD/12.5KHZ voz y datos 7K60FXE			
	Protocolo digital: ETSI-TS102 361-1			
	*Fuente de Poder Integrada			
	ACCESORIOS:			
	Duplexor VHF DE 0,5 MHz de separación SINCLAIR Q2220E	1		
	Antena de 4 Dipolos VHF Omnidireccional , 6 dBs de Guanacia	1		

	brazos Fijos-basculante para torre	2		
	Cable Coaxial HELIAX de 1/2" ADREW	30		
	Kit de conectores	1		
	Licencia IP SITE CONNECT	1		
	Sistema de respaldo de energía	1		
	Incluye: 2 Baterías libres de mantenimiento, cables y conectores.			
	Rack pequeño de 19"	1		
2	ESTACIÓN BASE VHF DIGITAL	4	1600,00	6400,00
	Marca: MOTOROLA			
	Modelo: DGM8500			
	Tecnología: DIGITAL TDMA - Potencia: 40 Vatios			
	Rango de Frecuencia: 136-174MHz			
	Cables: Hasta 1000 chs			
	Incluye: Micrófono de mano, cable de alimentación			
	Rack de montaje y Manual			
	ACCESORIOS:			
	Fuente de poder de 20 Amperios con cargador de baterías integrado ASTRON RS20ABB	1		
	Antena de 4 Dipolos VHF Omnidireccional , 6 dBs de Guanacia	1		
	brazos Fijos-basculante para torre	2		
	Kit de cable coaxial RG8 Belden 9913 (30 metros)	1		
	Kit de conectores	1		
3	ESTACIÓN VEHICULAR DIGITAL	30	980,00	29400,00
	Marca: MOTOROLA			
	Modelo: DGM8500			
	Tecnología: DIGITAL TDMA - Potencia: 45 Vatios			
	Rango de Frecuencia: 136-174MHZ			
	Canales: Hasta 1000 chs - Opción GPS Incluida			
	Incluye: Micrófono de mano, cable de alimentación			
	Rack de montaje y Manual			
	ACCESORIOS:			
	Antena móvil 3dBs Marca: PCTEL Modelo; MHB5800 con TPL (TTT, cable RG58 y conector)			
	OPCIONAL:			
	Antena Receptor GPS	30	70,00	2100,00
4	RADIO PORTATIL	20	840,00	16800,00
	Marca: MOTOROLA			
	Modelo: DGP-8550			

	Tecnología: DIGITAL TDMA			
	Rango de Frecuencia: 136-174MHZ			
	Potencia: 5 Vatios - Bluetooth integrado			
	Canales: Hasta 1000 chs			
	INCLUYE: Cargador con adaptador, Antena y Batería.			
5	TRAMITACIÓN DE FRECUENCIA 1 PAR DE FRECUENCIAS	1	400,00	400,00
	La elaboración del Estudio de Ingeniería. La Tramitación tanto en el Comando de las Fuerzas Armadas, como en la Secretaria Nacional de Telecomunicaciones.			
	Duración del trámite de 3 a 4 meses			
	*Frecuencias Temporales:15 días (pago directo SENATEL)			
6	COMPUTADORA DE ESCRITORIO	1	1000,00	1000,00
	HP PAVILON TOUCHSCREEM -Mainboard Intel desktop DG41TY o más.			
	Procesador AMD Quand-Core A8 -6410 2.0GHZ o más			
	Memoria 4 GB DDR3 o más - PANTALLA DE 23" Disco duro 1000 GB como mínimo 80GB.			
	Sistema operativo Microsoft Windows 8.1 Pro o más. Conectividad Ethernet de 100 Mbps o Gigabit - Puerto USB - Conexión Wifi			
7	CASETA METALICA	1	5800,00	5800,00
	*2m X 2m - *conexión a tierra - *Fabricación Nacional			
8	TORRE TRIANGULAR	1	5200,00	5200,00
	*30 metros - Fabricación Nacional			
	*Incluye: Construcción e Instalación			
9	SISTEMAS DE PROTECCIÓN	1	1500,00	1500,00
	Cada sistema incluye: 1 kit de aterrizaje de equipos			
	1 Pararrayos Pasivo - 1 kit de aterrizaje de torre			
10	INSTALACIÓN Y PUESTA EN FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIÓN	1	3000,00	3000,00
			SUBTOTAL	78500,00
			IVA 14%	10990,00
			TOTAL	89490,00

Fuente: El Autor

3.21 ANÁLISIS DE GASTOS Y RETRIBUCIÓN DEL SISITEMA DIGITAL DE RADIOCOMUNICACIÓN VHF.

Tabla 3.20 Análisis 1 de la retribución del Proyecto sin el Sistema Digital VHF.

PLANIFICACIÓN DE TRABAJO DE LA MAQUINARIA MUNICIPAL									
PERIODO DE TIEMPO		Inicio 07/03/2016 Fin 11/03/2016 4 DÍAS							
#	MAQUINARIA	VIAJE	ACTIVIDAD	TIEMP ESTIM	TIEMP EFECT.	TIEMP MUER.	NOVEDADES	CONSECUENCIA	OBSERVACIÓN
1	TRACTOR PANTANERO DE ORUGA	1	Terraplenado de una cancha de futbol en la comunidad Papanco	5	3	2	Clima lluvioso en el sector no se puede trabajar	Pérdida de horas laborables	Se pierde un día de trabajo debido al traslado de frente de trabajo de la máquina
2	EXCAVADORA HIDRAULICA SOBRE ORUGAS	1	Minado y cargada de material pétreo a las volquetas municipales desde la mina del Hollín	5	3	2	Poco material pétreo	Vehículos tipo volqueta sub utilizados	
3	MOTONIVELADORA	1	Nivelado calles aledañas al barrio Mushullacta de Cotundo	5	5	0	Clima idóneo para trabajar se coordina vía radio diversos trabajos a realizar en las calles de Cotundo	Maquina en constante trabajo ya que no hay demoras en coordinar trabajos	
4	EXCAVADORA HIDRÁULICA SOBRE ORUGAS		Adecuar cauce de estero para la colocación de tubos en el barrio Buenos Aires	5	3	2	Clima lluvioso solo se puede trabajar 3 días	Pérdida de horas laborables	
5	CARGADORA FRONTAL	1	Minar y cargar sílice a las volquetas municipales desde la mina del Km 36	5	3	2	2 días con lluvia y 3 días óptimos para trabajar	Pérdida de horas laborables	
6	VOLQUETA	1	viaje con sílice del km 36 a las comidas típicas.	5	2	3	Trabajos en la vía, sólo se efectúa un viaje	Vehículo tipo volqueta sub utilizado	

7	VOLQUETA	6	viajes de material pétreo desalojo en el barrio El Progreso previo el adoquinado	5	5	0	Se efectúa los 6 viajes en la mañana	Vehículo paralizado hasta coordinar nuevos trabajos	
8	CAMIÓN	1	Transporte de combustible a la excavadora 320 D localizada en el balneario El Capóa y asistencia a la maquinaria municipal de acuerdo a la necesidad	5	3,5	1,5	Se transporta el combustible en 1 hora y 45 minutos	Vehículo paralizado con pérdida de horas laborable por una lenta coordinación	La coordinación se efectúa generalmente vía celular, con el consecuente problema de no contar con señal, o minutos de llamada, o no escuchar el tono de llamada o mensaje, o a su vez el conductor tiene que regresar a las instalaciones municipales a reportarse; sin estar el director administrativo o financiero para disponer nuevos órdenes
9	VEHÍCULO TIPO CAMIONETA	1	Movilizar al operador de la motoniveladora a Cotundo desde los talleres municipales, asistencia al personal administrativo de acuerdo a la necesidad	5	4	1	Se traslada al operador sin novedades, y se espera nuevas disposiciones	Vehículo paralizado con pérdida de horas laborable por falta de coordinación	La coordinación se efectúa generalmente vía celular, con el consecuente problema de no contar con señal, o minutos de llamada, o no escuchar el tono de llamada o mensaje, o a su vez el conductor tiene que regresar a las instalaciones municipales a reportarse; sin estar el director administrativo o financiero para disponer nuevos órdenes
TIEMPO DE EFECTIVIDAD EN DÍAS				45	31,5	13,5			

Fuente: El Autor

Tabla 3.21 Análisis 1 de la retribución del Proyecto con el Sistema Digital VHF.

PLANIFICACIÓN DE TRABAJO DE LA MAQUINARIA MUNICIPAL CON EL SISTEMA PROPUESTO									
PERIODO DE TIEPO		Inicio: 07/03/2016 Fin: 11/03/2016 4 DÍAS							
#	MAQUINARIA	VIAJE	ACTIVIDAD	TIEMP ESTIM	TIEM EFECT	TIEM MUER.	NOVEDADES	CONSECUENCIA	OBSERVACIÓN
1	TRACTOR PANTANERO DE ORUGA	1	Terraplenado de una cancha de futbol en la comunidad Papanco	5	4	1	Clima lluvioso en el sector no se puede trabajar. Se coordina el traslado de la maquina a otro frente de trabajo.	Se coordina el traslado de la maquina a otro frente, no se paraliza dicha máquina.	Con la ayuda de los radios se logra una mejor comunicación entre los conductores, operadores y personal de la municipalidad; con lo que prácticamente no se suscitan horas muertas de trabajo; y si en un frente de trabajo debido a diversas circunstancias no se puede efectuar las labores programadas ya no se debe regresar a la planta administrativa por mas instrucciones sino que, las disposiciones se dan directamente por el radio; donde se obtiene un significativo ahorro de lubricantes, combustible, llantas, horas hombre, y la consecuencia lógica de un avance más rápido en las obras prioritarias.
2	EXCAVADORA HIDRÁULICA SOBRE ORUGAS	1	Minado y cargada de material pétreo a las volquetas municipales desde la mina del Hollín	5	5	0	Buen clima.		
3	MOTONIVELADORA	1	Nivelado calles del barrio Mushullacta de Cotundo	5	5	0	Clima apropiado para laborar, trabajo terminado en 4 días.		
4	EXCAVADORA HIDRÁULICA SOBRE ORUGAS		Adecuar cauce de estero para la colocación de tubos en el barrio Buenos Aires	5	5	0	Continúan los días lluviosos, se coordina los trabajos en la mina del Km 36.	Se optimiza el trabajo de minado y cargado de material, al tener un stock de material pétreo a disposición municipal.	
5	CARGADORA FRONTAL	1	Minar y cargar sílice a las volquetas municipales desde la mina del Km 36	5	5	0	Mejorar el clima y se puede trabajar, acelerar el trabajo con la ayuda de la excavadora sobre orugas.	Jornada normal de trabajo.	

6	VOLQUETA	1	viaje con sílice del km 36 a las comidas típicas.	5	5	0	Siguen los trabajos de desalojo en la vía, se apoya a la volqueta que efectúa el trabajo de desalojo previo el adoquinado de calles.	Vehículo tipo volqueta sub utilizado.
7	VOLQUETA	6	viajes de material pétreo desalojo en el barrio El Progreso previo el adoquinado	5	5	0	Jornada normal de trabajo, se acelera la obra debido a la incorporación de una nueva volqueta.	Vehículo paralizado hasta coordinar nuevos trabajos.
8	CAMIÓN	1	Transporte de combustible a la excavadora 320 D localizada en el balneario El Capóa y asistencia a la maquinaria municipal de acuerdo a la necesidad	5	5	0	Se transporta el combustible en 1 hora y 45 minutos e inmediatamente se comunica a la unidad central, y se generan nuevas disposiciones de traslado.	Vehículo paralizado con pérdida de horas laborable por una lenta coordinación.
9	VEHÍCULO	1	Movilizar al operador de la motoniveladora a Cotundo desde los talleres municipales	5	5	0	Se traslada al operador sin novedades, y se comunica por radio que se traslade al personal de topografía que efectúan trabajos en el mismo sector.	El Vehículo labora y optimiza viajes de traslado tanto de personal como de equipos.
TIEMPO DE EFECTIVIDAD EN DÍAS				45	44	1		

Fuente: El Autor

En las Tablas 3.20, se describe una planificación de trabajo para el Departamento de Talleres Municipales, que realiza conjuntamente con el Departamento de Obra Civil, en un periodo de tiempo de 4 días. En esta se detalla, la tarea encomendada a la maquinaria pesada de trabajo, y los tiempos estimados en los cuales se debe completar el trabajo, pero además indica las novedades, consecuencias, tiempos perdidos que se ha tenido en dicha actividad. Con la implementación del sistema propuesto de comunicación VHF digital, en la Tabla 3.21 se puede observar, la mejora que tiene la misma actividad en el mismo periodo, con respecto a dar uso a la maquinaria y a los tiempos requeridos ya planificados. Para esto se aprecia tal diferencia en las Figuras 3.31 y 3.32, respectivamente.

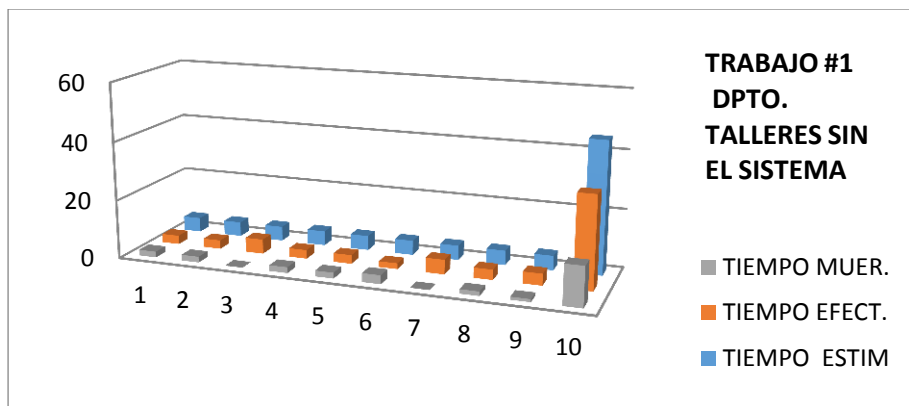


Figura 3.31. Eficiencia de trabajo sin el Sistema Digital de Radiocomunicación VHF.

Fuente: El Autor

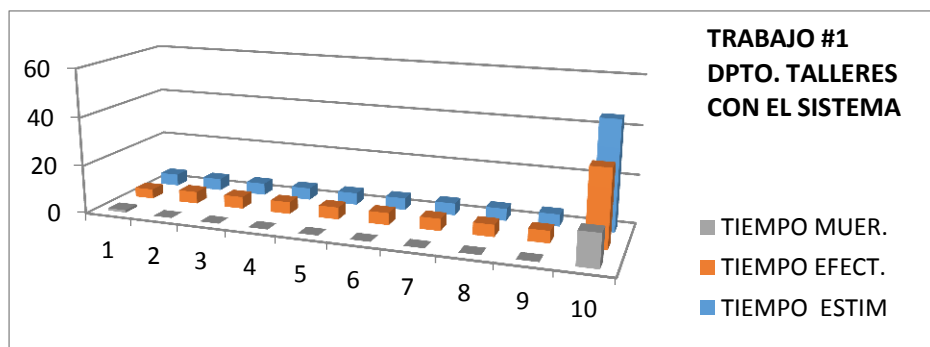


Figura 3.32. Eficiencia de trabajo con el Sistema Digital de Radiocomunicación VHF.

Fuente: El Autor

Tabla 3.22 Análisis 2 de la Retribución del Proyecto sin el Sistema Digital VHF.

PLANIFICACION DE TRABAJO DEL PERSONAL DEL DEPARTAMENTO DE AGUA POPTABLE DEL GADMA							
PERIODO DE TIMEPO			Inicio: 07/03/2016 Fin: 11/03/2016 4 DÍAS				
#	ACTIVIDAD PLANIFICADA	TIEM ESTIMA	TIEM EFECT	SOBRE TIEMPO	NOVEDADES	CONSECUENC.	OBSERV.
1	Colocar soportes en los tubos de lagua del sector Pitunyacu	5	7	2	Se requirió de más tiempo por falta de personal en el frente de trabajo	Retraso en los trabajos programados	
2	Arreglar fuga de agua en el parque 13 de abril frente a la casa del señor Paúl Otero	1	2	1	Se envía dos cuadrillas para verificar todas las llaves de paso del sector y buscar la falla		
3	Solicitar la motoniveladora para realizar cunetas, en el sector Yawuari, debido a inundación de una vivienda	2	3	1	La máquina se encuentra en otro frente de trabajo y se espera que llegue		
4	Dotar de agua al sector Santa Elena	5	6	1	Se requirió de más tiempo por falta de personal en el frente de trabajo		
TIEMPO DE EFECTIVIDAD EN DIAS		13	18	5			

Fuente: El Autor

En la Tabla 3.22, se observa otra planificación de trabajo en un periodo de 4 días para el Departamento de Alcantarillado y Agua Potable, que al mismo tiempo lo realiza con el Departamento de Obra Civil como supervisor. En esta se describe las actividades encomendadas al grupo de trabajo, los tiempos estimados para realizarlo, además se puede apreciar que al final de la jornada existen novedades e incluso el uso de sobre tiempo que se toma en culminarla.

Tabla 3.23 Análisis 2 de la Retribución del Proyecto con el Sistema Digital VHF.

PLANIFICACIÓN DE TRABAJO DEL PERSONAL DEL DEPARTAMENTO DE AGUA POPTABLE DEL GADMA CON EL SISTEMA PROPUESTO							
PERIODO DE TIEMPO			Inicio 07/03/2016 Fin 11/03/2016 4 DÍAS				
#	ACTIVIDAD PLANIFICADA	TIEMPO ESTIMA	TIEMPO EFECTI	SOBRE TIEMPO	NOVEDADES	CONSECUENCIA	OBSERVACIÓN
1	Colocar soportes en los tubos de lagua del sector Yawuari	5	4	-1	Se solicita vía radio el personal y materiales específicos para el trabajo		Los trabajos se efectuaron a una distancia de separación de 1.5 km
2	Arreglar fuga de agua en el parque 13 de abril frente a la casa del señor Paúl Otero	1	1	0	Se verifica la falla y se coordina vía radio que sean llevados al sector personal y materiales necesarios para arreglar el inconveniente		
3	Solicitar la motoniveladora para realizar cunetas, en el sector Yawuari, debido a inundación de una vivienda	2	2	0	Vía radio se conoce que la máquina no llegara sino hasta el siguiente día, con lo que se programa soluciones alternativas		
4	Dotar de agua al sector Santa Elena	5	5	0	Vía radio se solicita al personal su contingente en el sector, y se utilizan los vehículos para este efecto		
TIEMPO DE EFECTIVIDAD EN DÍAS		13	12	-1			

Fuente: El Autor

En la Tabla 3.23, se observa a comparación de los datos registrados en la tabla anterior que el tiempo efectivo se acerca más o es el mismo que se requiere para dicha actividad y ya no existen sobretiempos para resolver los inconvenientes en el trabajo, todo esto debido al uso del sistema digital de radiocomunicación VHF de dos vías, el cual efectiviza el trabajo en grupo de los departamentos del GADMA. Para una mejor

demostración se puede apreciar en las Figuras 3.33, 3.34 siguientes, Donde se tiene a la segunda representación con la más efectiva y ágil que busca el GADMA.

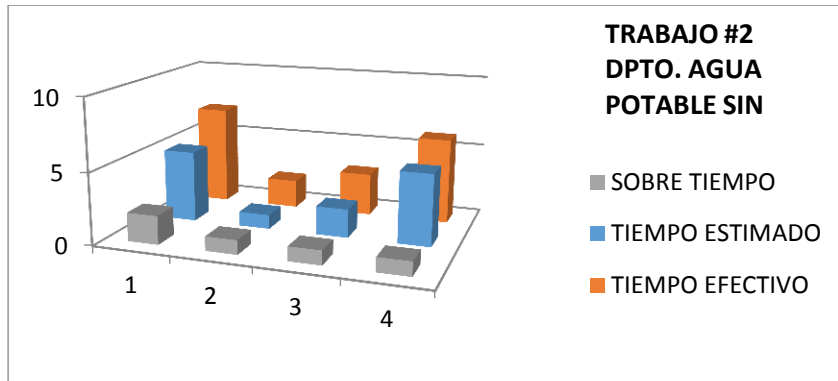


Figura 3.33. Eficiencia de trabajo sin el Sistema Digital de Radiocomunicaciones VHF.

Fuente: El Autor

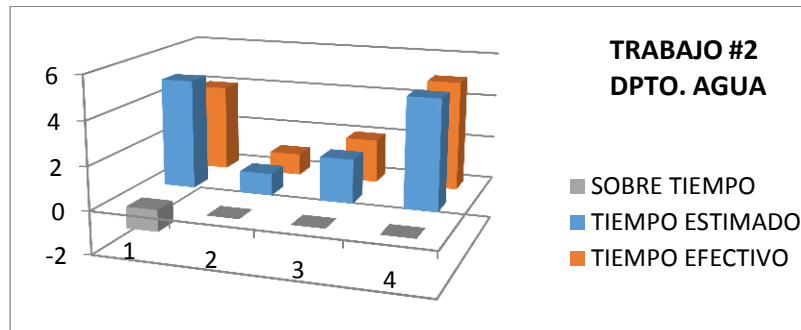


Figura 3.34. Eficiencia de trabajo con el Sistema Digital de Radiocomunicación VHF.

Fuente: El Autor

En la tablas descritas anteriormente, se pueden apreciar las bondades que genera el proyecto de comunicación diseñado, en base a cinco años que dura el permiso de funcionamiento, pese a que el GADMA realizará un gasto de 89490,00 USD por implementación, sumado a un gasto de mantenimiento por la tarifa de uso mensual de un sistema VHF para operar las 24 horas del día de 2198,03 USD, y el valor del derecho de concesión de frecuencia del espectro radioeléctrico único de 48,62 USD, da un total de inversión de 91736,65 USD.

Si bien es cierto dicho sistema digital de radiocomunicación VHF de dos vías, no tendrá una retribución económica en dolares mesual específica. Caso contrario, se

obtendrá otro tipo de virtudes, como son: el aprovechamiento de los tiempos empleados en horarios de trabajos, ahorro de gastos innecesarios de combustible y otros accesorios que influyen en un desgaste de equipamiento de la maquinaria (llantas, aceites, consumibles, etc.), al desconocer de posibles desastres naturales que impiden laborar adecuadamente, se tendrá mayor organización de los frentes de trabajo, efectividad y eficiencia de la mano de obra, para responder a las necesidades de la población Archidonense, control de la maquinaria y auxilio inmediato, con reducción tiempos muertos, optimizando recursos para emplearlos en otros lugares de trabajo.

CONCLUSIONES:

- Realizado el levantamiento de información, con las herramientas de entrevistas personales y encuestas presentadas, a fuentes oficiales de la localidad, como son las autoridades del Municipio del Cantón Archidona GADMA. Se puede concluir que la municipalidad, tiene la necesidad de crear una base centralizada de Radiocomunicaciones VHF digital de dos vías, para entrelazar los departamentos de trabajo y lograr comunicar a la maquinaria, pesada y liviana que se encuentre dentro del área geográfica del mencionado cantón.
- Efectuados los estudios de campo para la ubicación de la repetidora principal, se tomó en cuenta los sectores urbanos y rurales del cantón Archidona, por donde se encuentran las rutas más transitadas por la maquinaria pesada y liviana del GADMA. Por lo que el Cerro Santa Rita de la comunidad de Santa Rita, se constituye como el área de terreno idóneo, donde se colocará la repetidora, ya que cuenta con servicios básico, camino para ingreso vehicular desde la vía principal y posee una cobertura del área del 90%, respecto otras alternativas.
- Al realizar análisis comparativo entre los resultados del cálculo de los enlaces, respecto los que arrojó el software libre de Radio Mobile. Se tiene como resultado favorable, el diseño de la red de comunicación VHF punto a multipunto elaborado, con Zonas de Fresnel despejadas, con un error porcentual por debajo del 10% mínimo necesario, y una confiabilidad del 99,999% en los enlaces, cumpliendo así todos los requerimientos del GADMA.
- Los resultados de potencia en recepción de la cobertura VHF, en el Catón Archidona, oscilan entre los -109,04 dBm a -69,4 dBm; por lo que se deduce que se trata de una señal óptima, las misma que no alcanza el umbral de recepción que es de -119,04 dBm, además se tiene un nivel de campo eléctrico mayor a 0,94 dB μ V/m, requerido por el receptor. Esto hará posible mantener una comunicación estable, en las rutas de trabajo de la maquinaria pesada y liviana del Municipio GADMA.
- Una vez analizadas las características técnicas de los radios de comunicación VHF, cuyos modelos corresponden a las marcas de mayor presencia en el mercado como: ICOM, KENWOOD, y Motorola. Se concluye que el sistema digital

VHF de dos vías más apropiado es el sistema Mototrbo de la marca Motorola, esto por su acceso digital mediante TDMA.

- Al plantear el diseño del sistema de comunicación VHF, es necesario realizar los trámites para la concesión de uso de frecuencia del servicio fijo y móvil terrestre, además de cumplir con los requisitos legales y técnicos del proceso de asignación de estudio de frecuencia, por la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones “ARCOTEL”, una vez presentado y aprobado dicho proceso la agencia demora de 3 a 4 meses en asignar el par de frecuencias solicitadas, sin embargo, durante este tiempo; se puede trabajar con frecuencias provisionales proporcionadas por el mismo ente, para continuar con la implementación del sistema.
- La inversión que debe realizar el GADMA es aproximadamente de 91.736,65 USD, por concepto de: costo de equipos (incluido gastos de importación), infraestructura de torres, caseta de equipos, sistema de protección a tierra, trámites de concesión de frecuencias, instalación de equipos y puesta en servicio. Sin embargo, no cubren los costo por obra civil, acometidas de servicio eléctrico, costos de mantenimiento del terreno, infraestructura y equipos. También se debe tomar en cuenta que, durante un periodo de 5 años estarán asignadas las frecuencias de operación, otorgadas por la ARCOTEL.
- La base centralizada de comunicación VHF, ubicada en el Departamento de Obra Civil del GADMA, proporcionará comunicación entre sus departamentos ubicados en en distintos lugares del centro de Archidona, se coordinarán tareas de forma eficiente, se monitoreará el desplazamiento y usos adecuados de la maquinaria liviana y pesada; con esto se espera, un mayor aprovechamiento de los horarios de trabajo por parte de los operadores, ahorro de combustible y accesorios que influyen en el desgaste de la maquinaria como: llantas, aceites, filtros, entre otros.

RECOMENDACIONES:

- Pese a que los equipos de radiocomunicación de Motorola son robustos y eficientes, se requiere apegarse a los consejos que proporciona el manual de usuario, ya que estos se sujetan a diferentes entornos que pueden afectar su funcionamiento.
- Es de mucha importancia, que una vez adquiridos los equipos que interactuarán con el personal encargado del GADMA, se debe realizar una capacitación por personal calificado en uso de equipos Motorola, para que comprendan la forma de uso del equipamiento, lo cual servirá para prolongar su durabilidad y sacar el mejor provecho de la tecnología digital de Motorola.
- Es importante analizar este proyecto de grado, ya que puede ser homologado por un catón vecino de la Provincia de Napo, y formar un sistema digital de radiocomunicación VHF troncalizado provincial, y así lograr una integración de trabajos con mayor responsabilidad, seguridad y eficiencia.

BIBLIOGRAFÍA

(s.f.).

- Arcotel. (2012). Espectro Radioeléctrico. (C. SENATEL, Ed.) Recuperado el 16 de 1 de 2015, de Plan Nacional de Frecuencias: http://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/07/plan_nacional_frecuencias_2012.pdf
- Cevallos, I. M. (2011). Sistemas de Comunicación Radiante. En I. M. Cevallos, Sistemas de Comunicación Radiante (pág. 265). Quito: Escuela Politecnica Nacional. Recuperado el 1 de 03 de 2015, de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4183/1/CD-2592.pdf>
- Coudé, R. (20 de Marzo de 2015). Radio Movil. (I. Link Technologies, Ed.) Recuperado el 10 de 2 de 2015, de VE2DBE: <http://www.cplus.org/rmw/english1.html>
- Fundacion Wikimedia, I. (23 de Mayo de 2015). Wikipedia. (Wikipedia, Editor) Recuperado el 30 de 1 de 2015, de Enciclopedia Libre: <http://es.wikipedia.org/wiki/Motorola>
- Fundación Wikimedia, I. (10 de Abril de 2015). Wikipedia. Obtenido de Radiocomunicaciones: <http://es.wikipedia.org/wiki/Radiocomunicaci%C3%B3n>
- Leon W. Couch, I. (2008). Sistemas de Comunicación Alabricos e Inalambricos. En I. Leon W. Couch, Sistemas de Comunicación Digitales y Analógicos (Septima ed., pág. 784). Mexico: Pearson Educacion. Recuperado el 20 de 1 de 2015, de <http://cursos.itcg.edu.mx/libros/sistemas%20de%20comunicacion%20digital.pdf>
- Llanos, A. (2013). Gestión del Espectro Radio Electrico en el Ecuador. En A. Llanos, Nueva modalidad para radiodifusión y televisión abierta (Vol. 138, pág. 101). Quito, Universidad Andina Simon Bolivar, Ecuador: Corporación Editora Nacional. Recuperado el 25 de 1 de 2015, de <http://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/3833/1/SM138-Llanos-Gestion.pdf>
- Motorola Solutions, I. (1 de 1 de 2015). Motorola Solutions. (F. EEUU, Ed.) Recuperado el 2 de 2 de 2015, de Mototrbo: http://www.motorolasolutions.com/es_xl/productos/mototrbo.html
- Motorola, I. (1 de Noviembre de 2010). Mototrbo. (A. R. 1301 E, Ed.) Recuperado el 22 de 1 de 2015, de Manual del planificador del Sistema: http://www.interwins.cl/wp-content/files_mf/manualplanificadordelsistema.pdf
- TOCCI, R. (2004). Sistemas Digitales Principios y Aplicaciones (Cuarta ed.). Mexico: Pearson Educacion.
- TOMASI, W. (2003). Sistemas de Comunicaciones Electrónicas (Cuarta ed.). México: Pearson Educación. Recuperado el 10 de 1 de 2015
- UIT-T/UIT-R/ISO/CEI. (9 de 2013). ITU Union Internacional de Telecomunicaciones. (P. Electrónica, Editor, Ginebra, Productor, & 2014) Recuperado el 15 de 1 de 2015,

de Serie P Recomendación UIT-R P.1546-5: <http://www.itu.int/rec/R-REC-P.1546/es>

ANEXOS

ANEXO I

En este anexo se tienen las especificaciones de los equipos que sirven para implementar el proyecto de radiocomunicación digital VHF, para esto hay que tomar en cuenta:

ESPECIFICACIONES GENERALES

En los equipos de radiocomunicación, son las que representan características ambientales, estructurales y de energización, para una operación normal de las demás especificaciones de los equipos.

ESPECIFICACIONES DE RECEPCIÓN

En los equipos el módulo de recepción representa alrededor del 75% del costo, entre sus principales características están: sensibilidad, selectividad de canal adyacente, rechazo de intermodulación, rechazo de señales espurias, zumbido, el ruido, y la potencia de salida de audio, estos parámetros de recepción representan estándares que se cumplen al medirse en el equipo, estas son características del funcionamiento del receptor.

ESPECIFICACIONES DE TRANSMISIÓN

En los equipos se describen los principales parámetros de transmisión, algunos representan estándares que se cumplen al medirse en el equipo, y otros las características del funcionamiento.

Las principales especificaciones de transmisor son: ancho de banda, desviación máxima, estabilidad de frecuencia, tipo de modulación, potencia de salida, potencia de canal adyacente, atenuación de intermodulación, atenuación de emisiones armónicas y espurias, zumbido y ruido.

ESPECIFICACIONES DE EQUIPOS VHF DIGITALES

- REPETIDORA DÍGITAL VHF MOTOROLA: DGR 6175
- RADIO MOVIL MOTOROLA: DGM 8500
- RADIO PORTATIL MOTOROLA: DGP 8550
- FUENTE/CARGADOR
- TIPO DE CABLE
- DUPLEXOR
- ANTENA DIPOLO
- TIPO DE BATERIAS
- CONECTORES
- PARARRAYOS
- SOFTAWARES

ANEXO II

Al adentrarse en el proceso de asignación y estudio de frecuencia que designe la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones “ARCOTEL”, se tienen que seguir los siguientes pasos para conocer el sistema que maneja este ente regulatorio nacional, para priorizar la actividad que va a realizar la institución, ya sea pública o privada.

La información representada en este anexo fue descargada de la página principal de la ARCOTEL del Ecuador, como una forma de dar a conocer que la información está abierta al público interesado en general y no tiene ninguna restricción.

Paso 1

- Ingresa En La Siguiete Página Web:

<http://www.arcotel.gob.ec/fijo-y-movil-terrestre/>

- Conoce que es la Arcotel.



Fuente: Arcotel

Paso 2

- Conoce a sus representantes.



Fuente: Arcotel

Paso 3

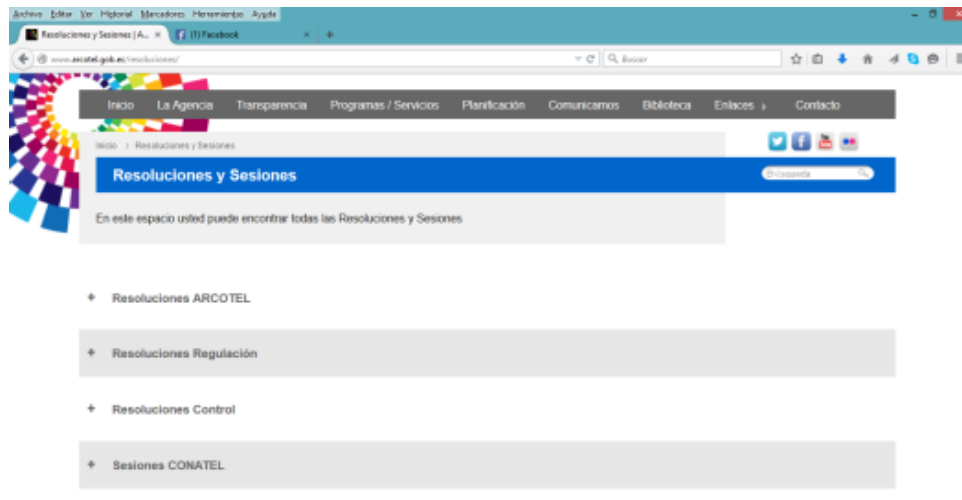
- Entérate de la estructura organizativa de la "Arcotel".



Fuente: Arcotel

Paso 4

- Descubre las nuevas resoluciones a la fecha que se dan en la Arcotel.



Fuente: Arcotel

A continuación, seguir los siguientes pasos para descargar el proceso en base al trabajo a realizar.

Paso 1

- Selecciona Inicio y escoge la opción ventanilla de usuario.



Fuente: Arcotel

Paso 2

- Escoge dentro de Formularios y Requisitos la opción Frecuencias.



Fuente: Arcotel

Paso 3

- Selecciona fijo y móvil terrestre, que es el caso de este proyecto y se descubre.



Fuente: Arcotel

Paso 4

- Se destacan algunas definiciones.

Fijo y Móvil terrestre

Servicio Fijo: Servicio de radiocomunicación entre puntos fijos determinados.

Servicio Fijo Enlaces Punto-Punto: Servicio Fijo en el que las estaciones establecen comunicación entre puntos fijos determinados.

Servicio Fijo Enlaces Punto-Multipunto (No Multiacceso): Servicio Fijo en el cual se establece comunicación entre una estación central fija y puntos fijos determinados.

Sistemas FWA (Fixed Wireless Access): Son sistemas de radiocomunicaciones que se usan para la provisión de enlaces de última milla hacia usuarios finales de una red fija de telecomunicaciones.

Sistema Troncalizado: Sistema de Radiocomunicación de los Servicios Fijo y Móvil terrestre, que utiliza múltiples pares de frecuencias, en que las estaciones establecen comunicación mediante el acceso en forma automática a cualquiera de los canales que estén disponibles. (Resolución No. 264-13-CONATEL-2000)

Servicio Móvil: Servicio de radiocomunicación entre estaciones móviles y estaciones terrestres o entre estaciones móviles.

Servicio Móvil Avanzado (SMA): es un servicio final de telecomunicaciones del servicio móvil terrestre, que permite toda transmisión, emisión y recepción de signos, señales, escritos, imágenes, sonidos, voz, datos o información de cualquier naturaleza.

Servicio de Radionavegación Aeronáutica: Servicio de radionavegación destinado a las aeronaves y a su explotación en condiciones de seguridad.

Servicio Móvil Aeronáutico: Servicio móvil entre estaciones aeronáuticas y estaciones de aeronave, o entre estaciones de aeronave, en el que también pueden participar las estaciones de embarcación o dispositivo de salvamento; también pueden considerarse incluidas en este servicio las estaciones de radiobaliza de localización de siniestros que operen en las frecuencias de socorro y de urgencia designadas.

Paso 5

- Conoce sus procesos y normativas de regulación a la fecha, en la opción Regulación vigente.



Fuente: Arcotel

Paso 6

- Selecciona la opción, Requisitos, para conocer las exigencias del ente regulatorio.



Fuente: Arcotel

Paso 7

- Es de mucha importancia seguir sus instrucciones, las cuales ayudan a llenar los diferentes formularios de concesión, renovación o modificación en la concesión de frecuencias, que se lo puede descargar en el sitio web ya indicado.



Fuente: Arcotel

Paso 8

- Por último, descarga los formularios que sean necesario, y solicitados que comprendan el proceso del proyecto actual.



Fuente: Arcotel

En esta sección se detallará el proceso de concesión de frecuencia solicitado por la Arcotel, con ejemplos de documentos reales ya presentados, como un aporte extra en estudiar todos los ítems de los requisitos y así cumplir el objetivo principal de este proyecto de grado.

- **INFORMACIÓN DE LA PARTE LEGAL DE LA CONCECIÓN DE USO DE FRECUANCIA DEL SERVICIO FIJO Y MOVIL TERRESTRE**

- 1.-** Solicitud dirigida al Secretario Nacional de Telecomunicaciones.
- 2.-** Adjuntar Registro del SENESCYT
- 3.-** Copia a color de la cedula de ciudadanía y papeleta de votación del último proceso electoral.
- 4.-** Copia certificada o protocolizada del Registro Único de Contribuyente (R.U.C.)
- 5.-** Original de la fe de presentación de la solicitud presentada al Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas de antecedentes personales para el otorgamiento del certificado de idoneidad, excepto Instituciones Estatales.
- 6.-** Copia certificada o protocolizada de la estructura constitutiva de la compañía y reformas en caso de haberlas, debidamente escrita.
- 7.-** Copia certificada o protocolizada del nombramiento del representante Legal debidamente inscrito.
- 8.-** Original del certificado actualizado del cumplimiento de obligaciones otorgado por la Superintendencia de Compañías o Superintendencia de Bancos según el caso, a excepción de las instituciones estatales.
- 9.-** Copia certificada o protocolizada del (los) contrato (s) de arrendamiento del terreno o Escritura del inmueble que acredite el derecho de propiedad del solicitante, esto en el caso de necesitar la instalación de estaciones repetidoras.
- 10.-** Original del AVAL de la autoridad del transporte competente del Permiso de Operación, en el caso de Compañías, o Cooperativas de transporte.

- INFORMACIÓN DE LA PARTE TÉCNICA DE LA CONCECIÓN DE USO DE FRECUANCIA DEL SERVICIO FIJO Y MOVIL TERRESTRE.

1.- Solicitud dirigida al Secretario Nacional de Telecomunicaciones.

2.- Adjuntar Registro del SENESCYT

En la siguiente parte se adjuntan todos los formularios aquí descritos para este caso.

3.- Formularios RC-1A, formulario para información legal.

4.- Formularios RC-2A, formulario para información de la infraestructura del sistema de radiocomunicaciones.

5.- Formularios RC-3A, formulario para información de antenas.

6.- Formularios RC-3B, formulario para patrones de radiación de antenas.

7.- Formularios RC-4A, formulario para información de equipamiento.

8.- Formularios RC-5A, formulario para servicios fijo y móvil terrestre (sistemas de radios de dos vías)

9.- Formularios RC-13A, formulario para cálculos de propagación.

10.- Formularios RC-15A, formulario para estudio técnico de emisiones de RNI, (cálculo de la distancia de seguridad).

11.- Plano del Cantón Archidona, con su lóbulo de cobertura en plano cartográfico.

12.- Perfiles topográficos del terreno en relación distancia y altura, para diferentes azimuts de (0°, 30°, 60°, 90°, 120°, 150°, 180°, 210°, 240°, 270°, 300°, 330°)

ANEXO III

En el presente Anexo se puede observar en las Figuras que representan los enlaces punto a punto entre la Repetidora de Santa Rita y las sub-bases o departamentos de trabajo del GADMA, donde se puede comprobar que todos estos enlaces son factibles y tienen línea de vista sin ninguna obstrucción ya que el terreno es llano, más su cobertura es mucho mayor que 3dB, por lo que se da la comunicación pretendida por el proyecto.

- Zona 2 Enlace de Equipos Fijos.
- **Enlace RPT Santa Rita – Talleres M**, con detalle del perfil del terreno, zona de fresnel, y demás datos como resultados del enlace.

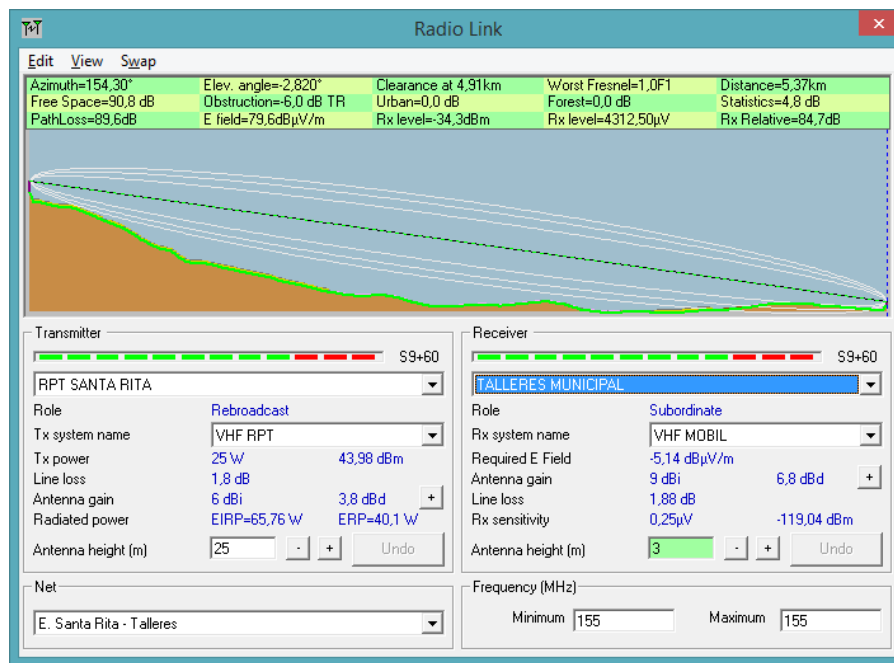


Figura 1.- Enlace punto a punto RPT Santa Rita – Talleres.

Fuente: Software Radio Mobile

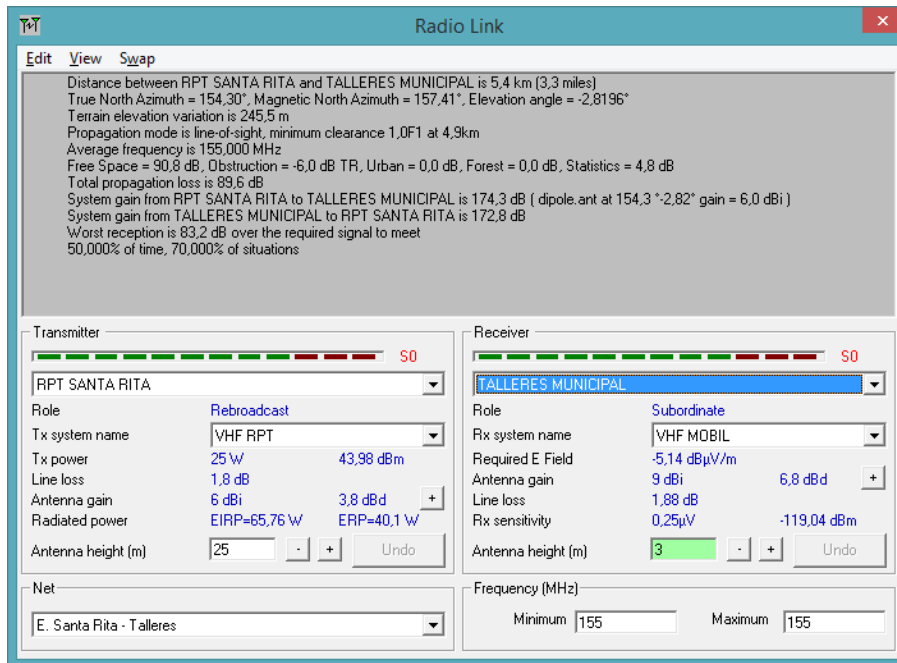


Figura 2.- Detalles del enlace punto a punto RPT Santa Rita – Talleres.

Fuente: Software Radio Mobile

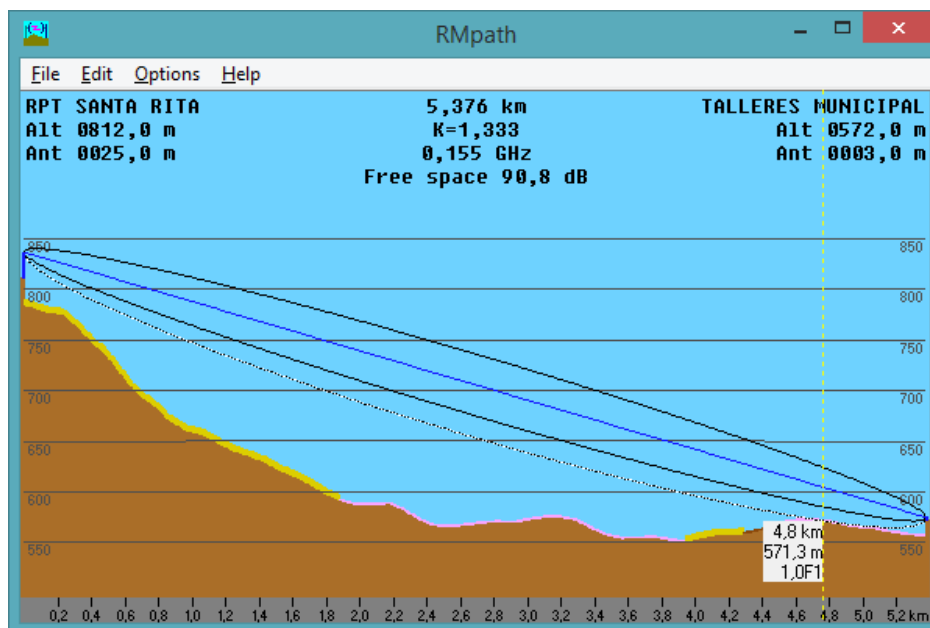


Figura 3.- Programa Radio Mobile en verificaciones de perfil y zona de Fresnel.

Fuente: Software Radio Mobile

En la Figura 3, se observa el perfil del terreno con la primera zona de Fresnel despejada, por tanto, se procede a identificar valor detallados en la Tabla 1.

Tabla 1.- Comparación Teórica vs Radio Móvil y su porcentaje de Error.

PARÁMETRO	VALOR TEÓRICO	VALOR RADIO MOBILE	%ERROR
Perdidas en el espacio libre (dB)	90,86	90,8	0%
Margen de despeje (%)	104,07	104	0%
PIRE SANTA RITA (dBm)	48,20	48,2	0%
PIRE TALLERES (dBm)	51,91	51,9	0%
Potencia nominal de Rx Santa Rita (dBm)	-33,55	-33,5	0%
Potencia nominal de Rx TALLERES (dBm)	-33,55	-33,5	0%
Margen de Desvanecimiento Santa Rita (dB)	83,90	83,9	0%
Margen de Desvanecimiento TALLERES (dB)	85,40	85,5	0%

Fuente: El Autor

- Enlace RPT Santa Rita – Comisaria M.

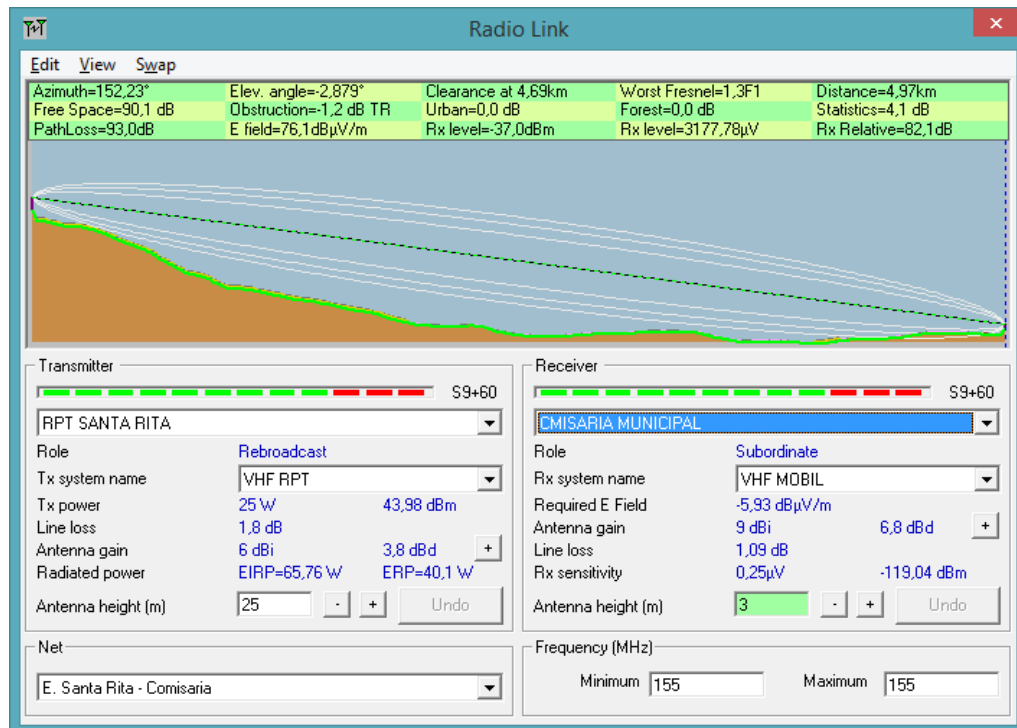


Figura 4.- Enlace punto a punto RPT Santa Rita – Comisaria.

Fuente: Software Radio Mobile

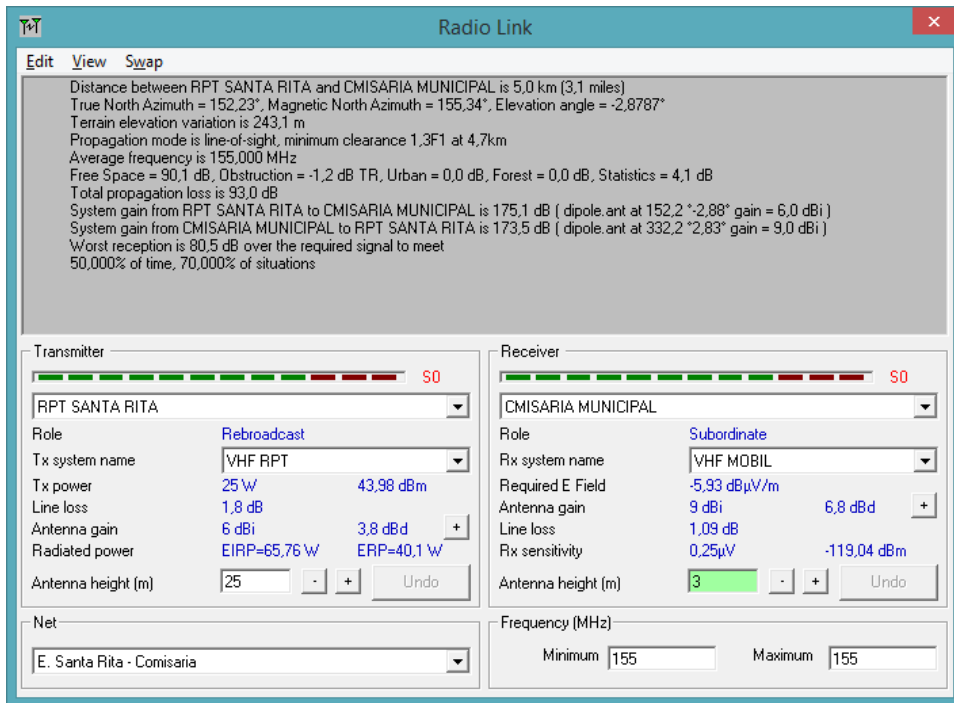


Figura 5.- Detalles del enlace punto a punto RPT Santa Rita – Comisaria.

Fuente: Software Radio Mobile

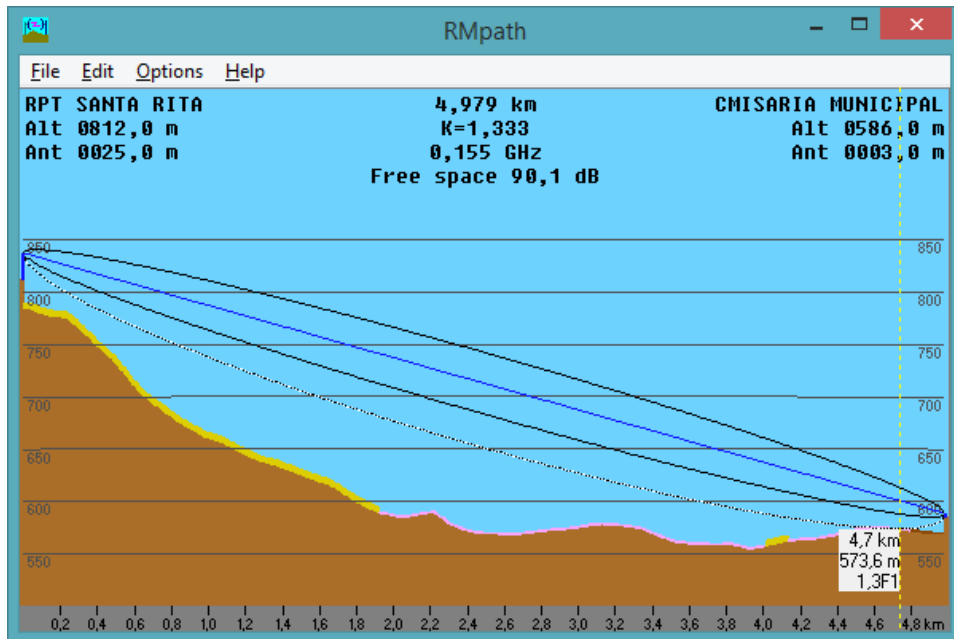


Figura 6.- Programa Radio Mobile en verificaciones de perfil y zona de Fresnel.

Fuente: Software Radio Mobile

En la Figura 6, se observa el perfil del terreno con la primera zona de Fresnel despejada, por tanto, se procede a identificar valor detallados en la Tabla 2.

Tabla 2.- Comparación Teórica vs Radio Móvil y su porcentaje de Error.

PARÁMETRO	VALOR TEÓRICO	VALOR RADIO MOBILE	%ERROR
Perdidas en el espacio libre (dB)	90,18	90,1	0%
Margen de despeje (%)	130,107	130	0%
PIRE SANTA RITA (dBm)	48,20	48,2	0%
PIRE COMISARIA (dBm)	51,91	51,9	0%
Potencia nominal de Rx Santa Rita (dBm)	-36,97	-37,0	0%
Potencia nominal de Rx COMISARIA (dBm)	-36,97	-37,0	0%
Margen de Desvanecimiento Santa Rita (dB)	80,48	80,5	0%
Margen de Desvanecimiento COMISARIA (dB)	82,06	82,1	0%

Fuente: El Autor

- Enlace RPT Santa Rita – Alcantarillado y Agua Potable M.

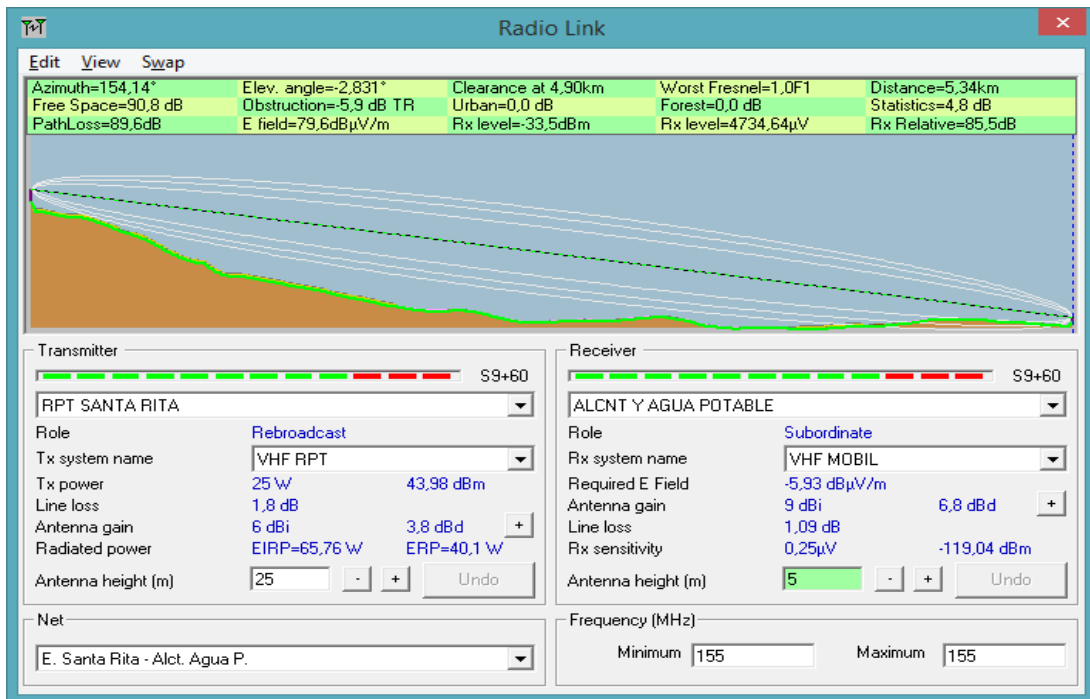


Figura 7.- Enlace punto a punto RPT Santa Rita – Alcant. y Agua P.

Fuente: Software Radio Mobile

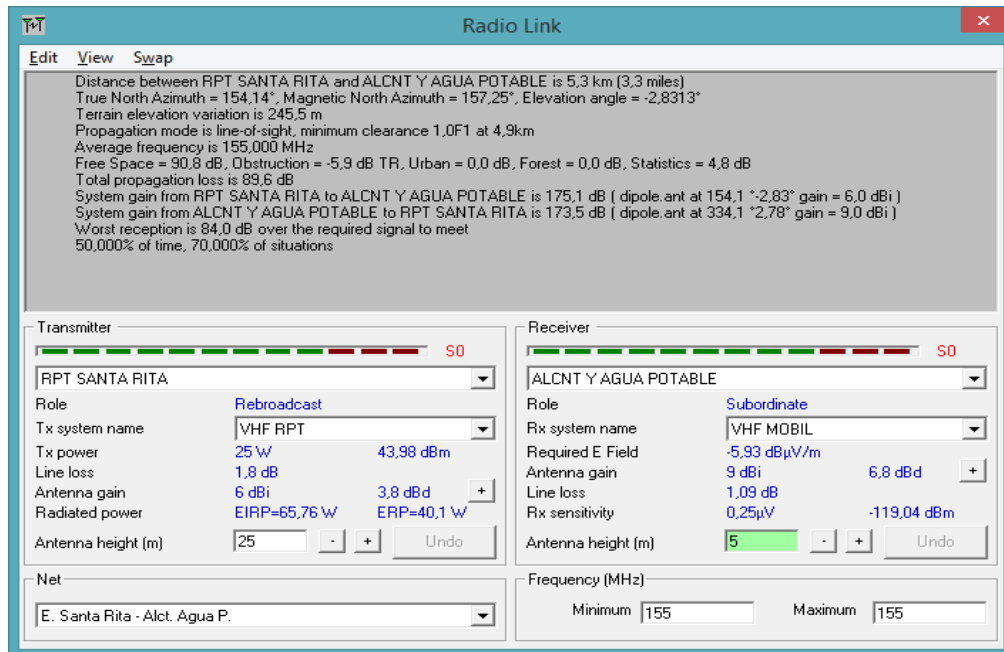


Figura 8.- Detalles del enlace punto a punto RPT Santa Rita – Alcant. y Agua P

Fuente: Software Radio Mobile

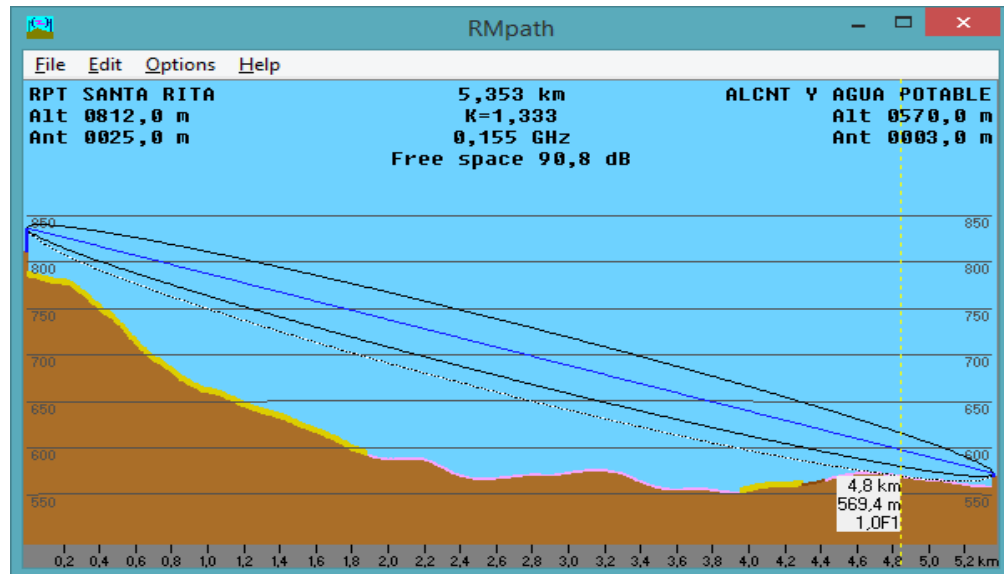


Figura 9.- Programa Radio Mobile en verificaciones de perfil y zona de Fresnel.

Fuente: Software Radio Mobile

En la Figura 9 se observa el perfil del terreno con la primera zona de Fresnel despejada, por tanto, se procede a identificar valor detallados en la Tabla 3.

Tabla 3.- Comparación Teórica vs Radio Móvil y su porcentaje de Error.

PARÁMETRO	VALOR TEÓRICO	VALOR RADIO MOBILE	%ERROR
Perdidas en el espacio libre (dB)	90,81	90,8	0%
Margen de despeje (%)	100,162	100	0%
PIRE SANTA RITA (dBm)	48,20	48,2	0%
PIRE ALCT Y AGUA POTABLE (dBm)	51,91	51,9	0%
Potencia nominal de Rx Santa Rita (dBm)	-33,60	-33,5	0%
Potencia nominal de Rx ALCT Y AGUA POTABLE (dBm)	-33,60	-33,5	0%
Margen de Desvanecimiento Santa Rita (dB)	83,85	84,0	0%
Margen de Desvanecimiento ALCT Y AGUA POTABLE (dB)	85,43	85,5	0%

Fuente: El Autor

- ZONA 2 ENLACE DE EQUIPOS FIJOS.
- En la siguiente figura se demuestra los enlaces factibles entre las sub-bases y la repetidora, donde la línea verde representa un enlace sin interrupciones.

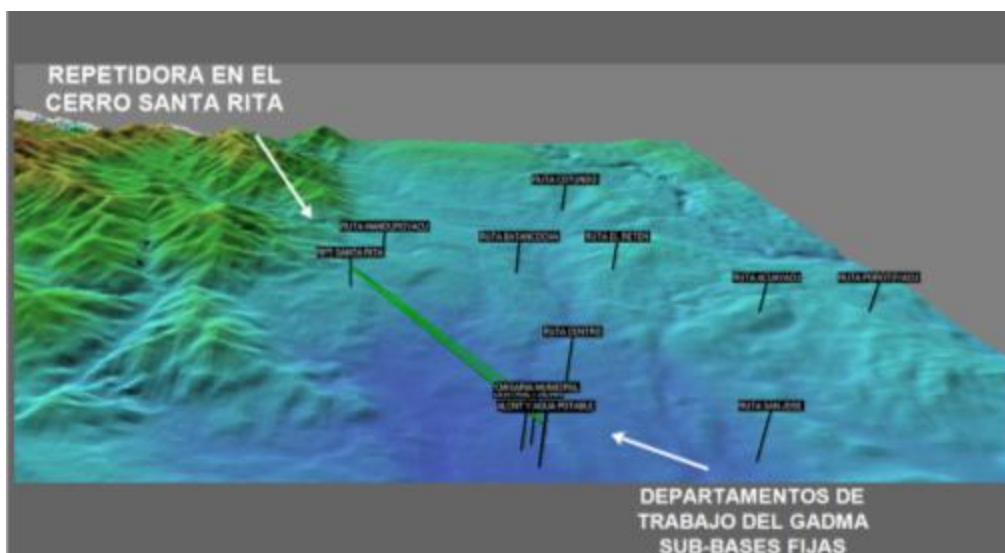


Figura 10.- Enlace punto a punto en 3D desde la repetidora a los departamentos de trabajo.

Fuente: Software Radio Mobile

- ZONA 3 COBERTURA DE LAS RUTAS DE TRABAJO.

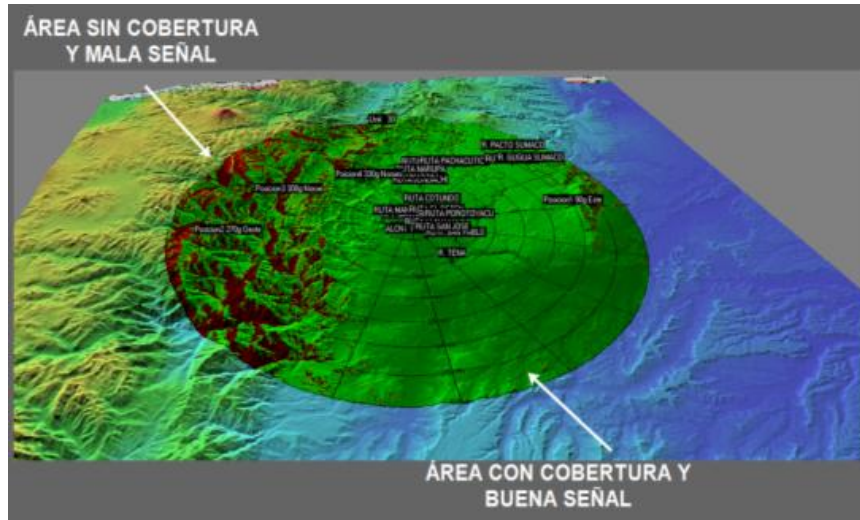


Figura 11.- Cobertura desde la RPT Santa Rita en 3D, del Cantón Archidona.

Fuente: Software Radio Mobile

En la Figura 11 se observa que toda la zona3 en color verde es cubierta por buena señal que supera los 3dB, esta cubre todas las rutas de trabajo, también el resto del cantón y mucho más. Para esto se añade la Tabla 4 de perfiles topográficos, donde se observa toda la superficie geográfica del terreno a en un radio de 40Km, al ubicar al punto más alto y céntrico en la comunidad de Santa Rita, como el Punto clave para repetir la señal VHF digital.

Tabla 4.- Perfiles Topográficos a partir de RPT Santa Rita.

3) PERFILES TOPOGRAFICOS												
ALTURA s.n.m. (m)												
RADIALES	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°
DISTANCIA (Km)												
5	955	813,8	714	747,3	618,7	587,5	601,8	647,5	1003,1	1178,6	1265,3	1195
10	1106,2	1030	852,9	843,6	663,3	641,2	619	647,9	1035,2	1645,5	2166,9	1580,6
15	1542,2	1115,8	916,7	905,1	873	719,5	513,7	853,6	2049,8	2015,2	2397,4	1673,6
20	1391,4	1191,4	1020,5	1048,6	942,2	425,5	594,2	801,9	1393,5	1311,2	1844,5	2861,2
25	1622,5	1342,7	1028,7	942,3	628,2	460,5	480,4	851,5	1313,1	1822,9	1995,3	2419,3
30	2190,4	1642,6	1071,6	1319,5	422,5	461,2	532,8	915,3	2163,3	3143,1	2647,5	2513,7
35	2359,5	1815,8	934,5	687,7	377,5	423,5	766,3	891,7	1692,1	3316,3	3340,9	3677,5
40	2642,1	2490,2	1109,1	450,3	426,4	493,4	847,1	1106,5	1619,3	3176,4	3596	3531,3
45	2526,6	2774,9	748,4	367,8	462,1	759,5	939,4	1231,9	2091,2	3290,3	4144,9	3847,1
50												

Fuente: El Autor

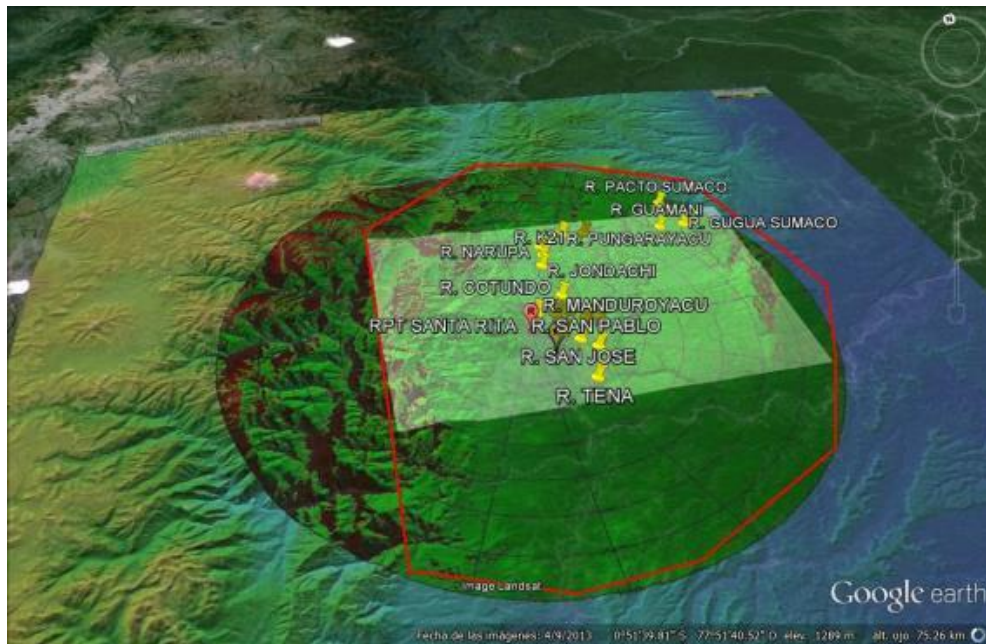


Figura 12.- Lóbulo de Cobertura de RPT Santa Rita en 3D, Cantó Archidona.

Fuente: Software Radio Mobile

En la Figura 12 se muestra en línea de color rojo el área cuadrada de 3898.908 Km² y un perímetro de 232,854 Km, de un área de 3039.2 Km² de área geográfica que tiene el Cantón Archidona, provincia de Napo, he identifica las rutas de trabajo, más los sitios que operan los equipos del Sistema VHF Digital se encuentran dentro de esta área, inclusive cuenta con un mayor alcance para operar cerca de los cantones vecinos como es el de Tena en este caso.

A continuación, se puede apreciar en la Tabla 5, los niveles de campo eléctrico para los mismos puntos de la Tabla 4, a partir del mismo cerro el cual es el centro de repetición en el cantón Archidona,

Tabla 5.- Nivel de Campo Eléctrico de RPT Santa Rita.

4) AREA DE COBERTURA												
NIVEL DE CAMPO ELECTRICO (dB μ V/m)												
RADIALES	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°
DISTANCIA (Km)	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°
5	48	64	63,8	74,8	80,1	78,7	79,5	36,8	44,4	44,2	20,1	52,1
10	54,8	41,7	64,7	65,6	62,6	65,7	71,9	40	34,5	50,9	33,8	26,9
15	25,2	50,3	56,6	63,9	66	67,9	49,7	49	49,9	6,3	0,3	32,7
20	25,9	16,6	59,9	56	63,1	34,3	59,2	30,3	-1,9	-2,4	3,9	37,2
25	34,3	1,7	48,9	34,8	33,2	43,7	47,2	24,7	5,7	11	5,1	7,5
30	5,6	27,9	41,7	54,6	27,9	45,8	49	41,6	6,2	11,7	9,7	-0,5
35	6,6	48,8	-3,9	4,9	28,3	37,8	54,5	3,4	0,4	4	-0,7	-14,4
40	1,2	62,2	21	5,1	26,9	45,6	34,1	8,1	-12,6	4	-10,8	-20,1

Fuente: El Autor

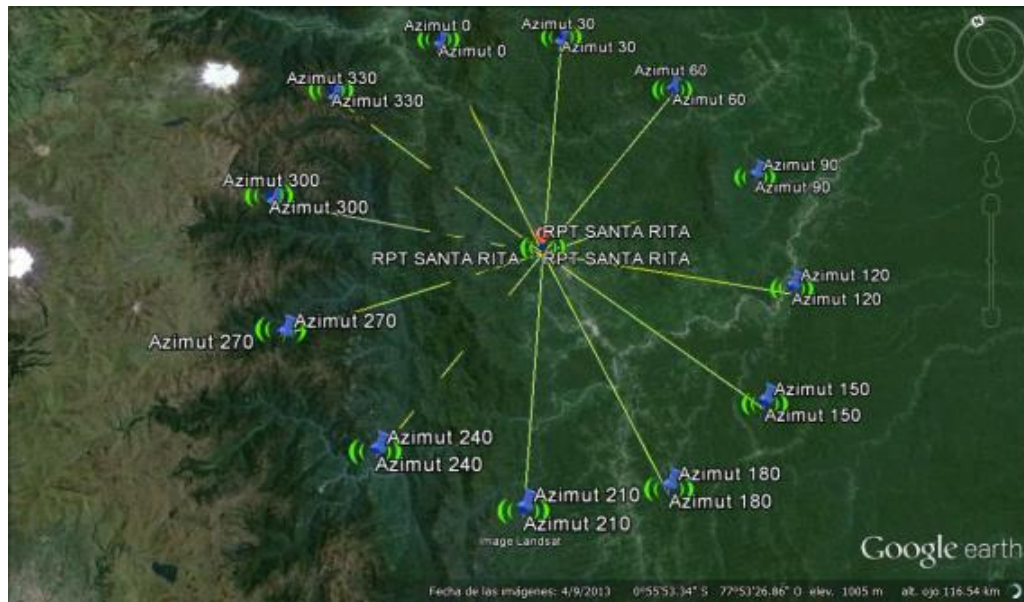


Figura 13.- Perfiles Topográficos, a partir de RPT Santa Rita, Cantón Archidona.

Fuente: Software Radio Mobile

A continuación, se representan los perfiles del terreno para diferentes ángulos de vista en referencia al cerro Santa Rita donde se encuentra la repetidora RPT Santa Rita.

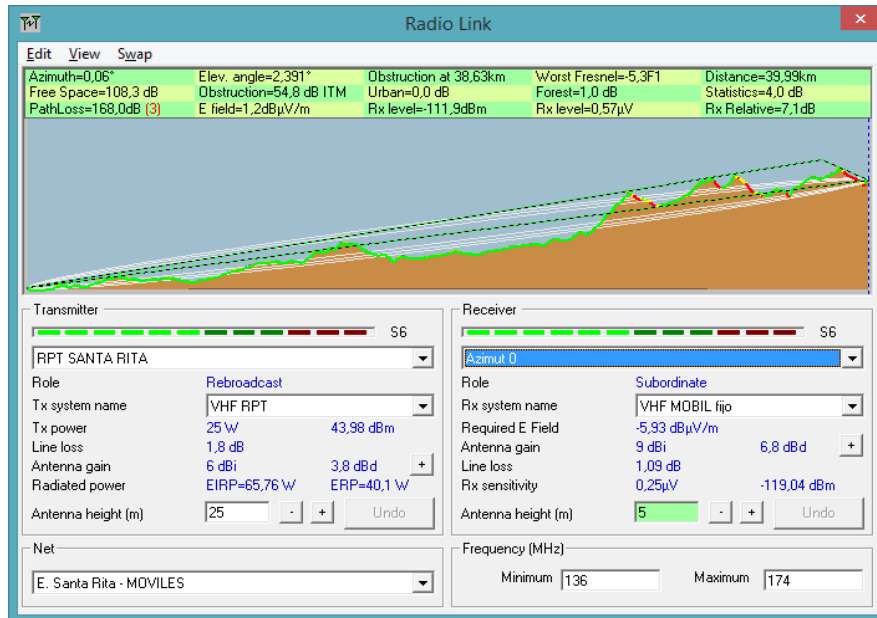


Figura 14.- Perfil Topográfico con Azimut de 0° a partir de RPT Santa Rita

Fuente: Software Radio Mobile

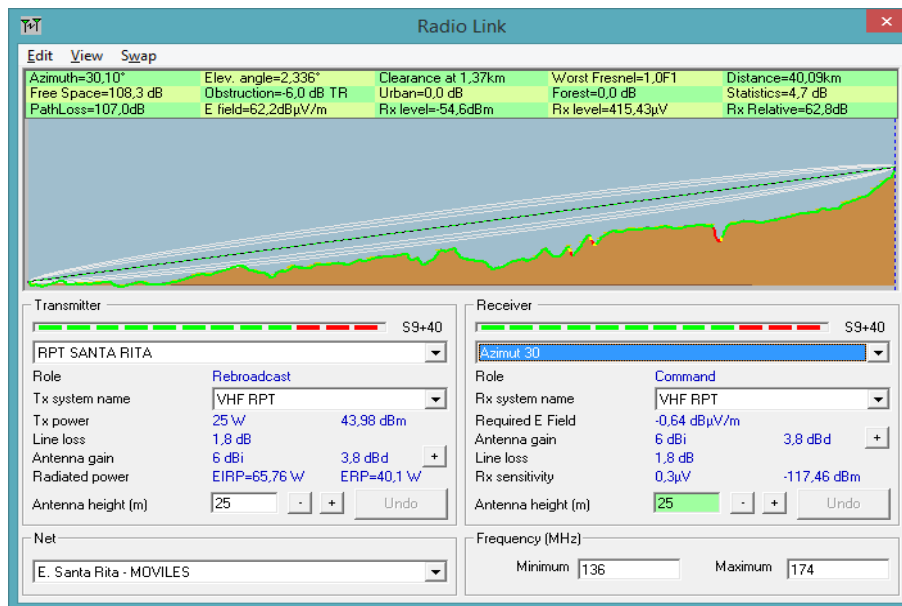


Figura 15.- Perfil Topográfico con Azimut de 30° a partir de RPT Santa Rita

Fuente: Software Radio Mobile

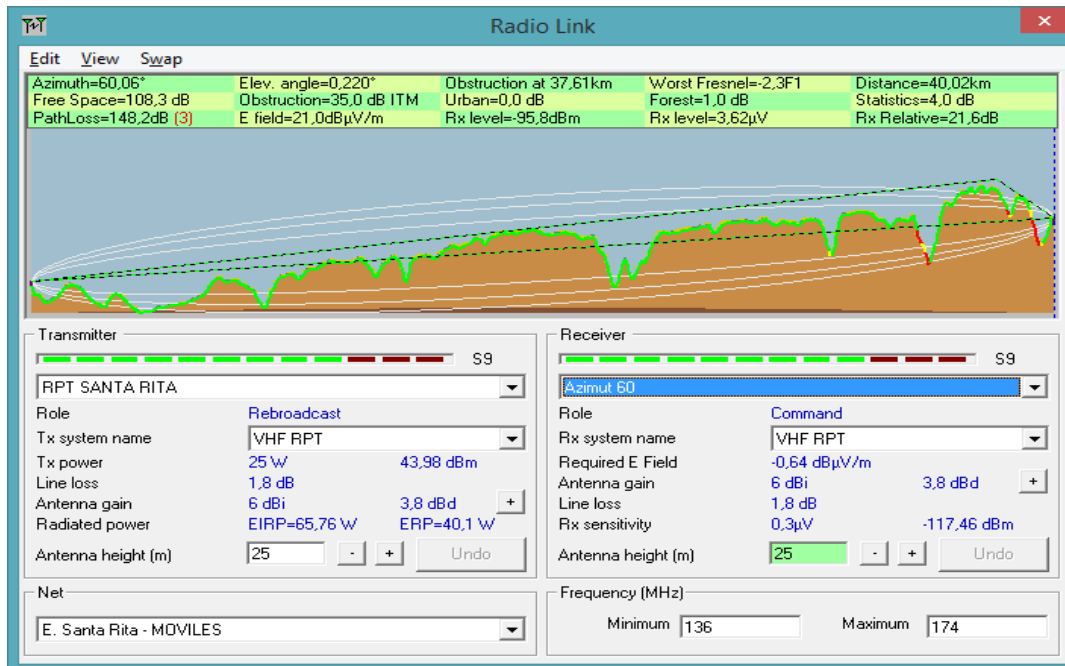


Figura 16.- Perfil Topográfico con Azimut de 60° a partir de RPT Santa Rita

Fuente: Software Radio Mobile

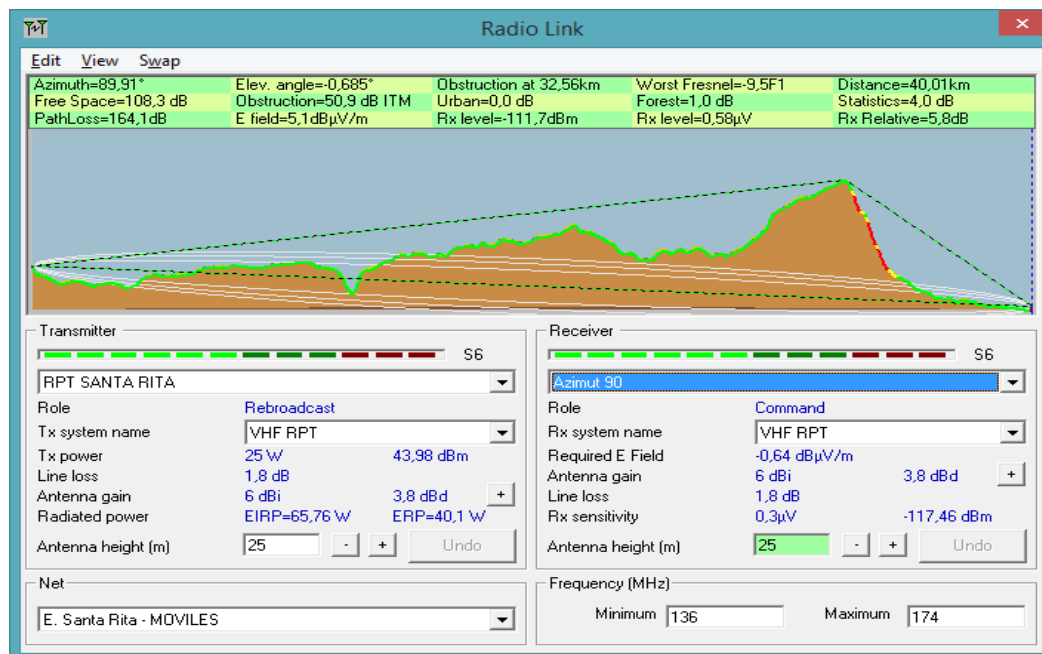


Figura 17.- Perfil Topográfico con Azimut de 90° a partir de RPT Santa Rita

Fuente: Software Radio Mobile

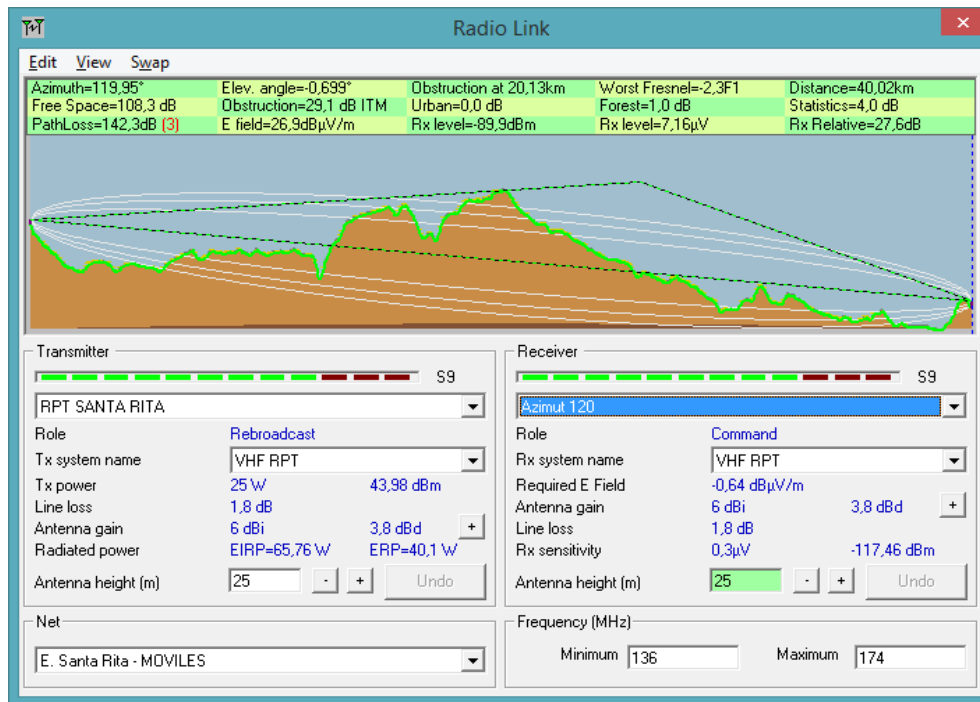


Figura 18.- Perfil Topográfico con Azimut de 120° a partir de RPT Santa Rita

Fuente: Software Radio Mobile

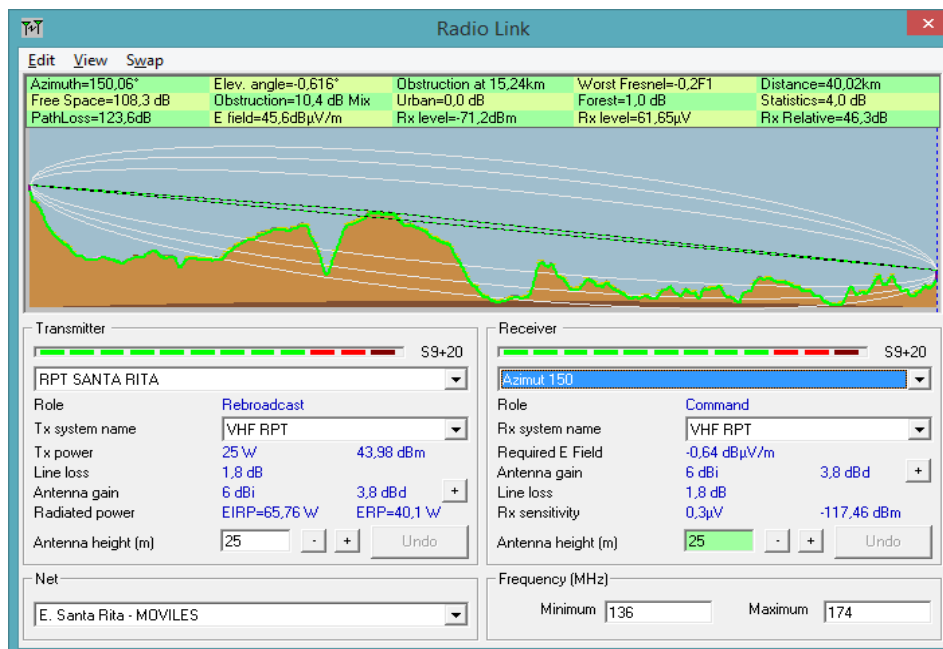


Figura 19.- Perfil Topográfico con Azimut de 150° a partir de RPT Santa Rita

Fuente: Software Radio Mobile

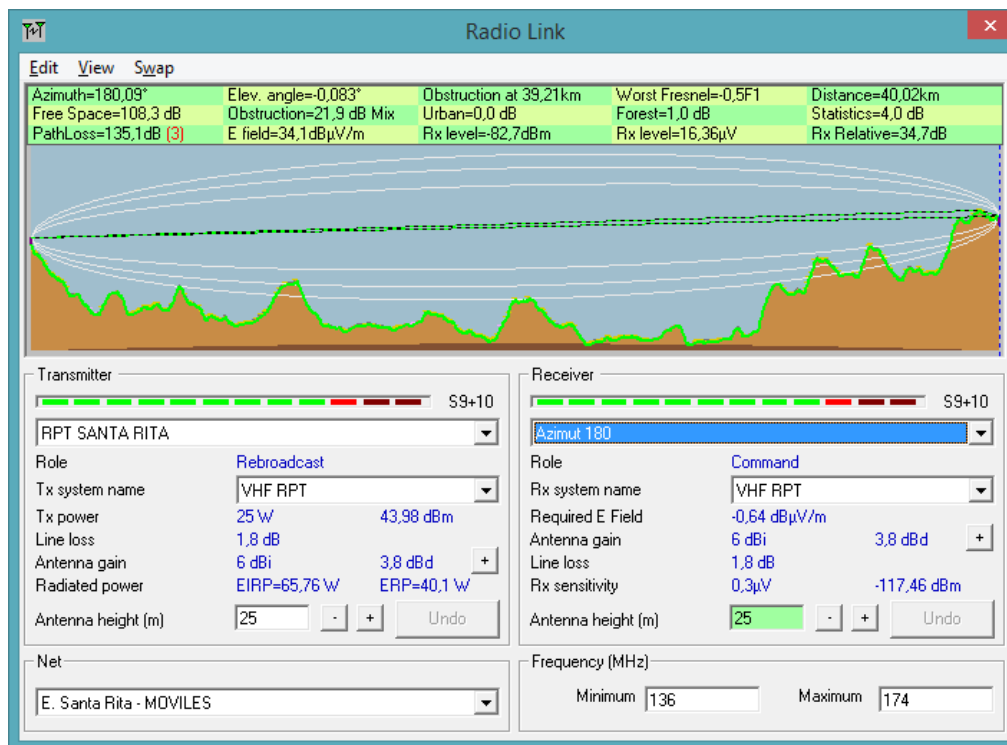


Figura 20.- Perfil Topográfico con Azimut de 180° a partir de RPT Santa Rita

Fuente: Software Radio Mobile

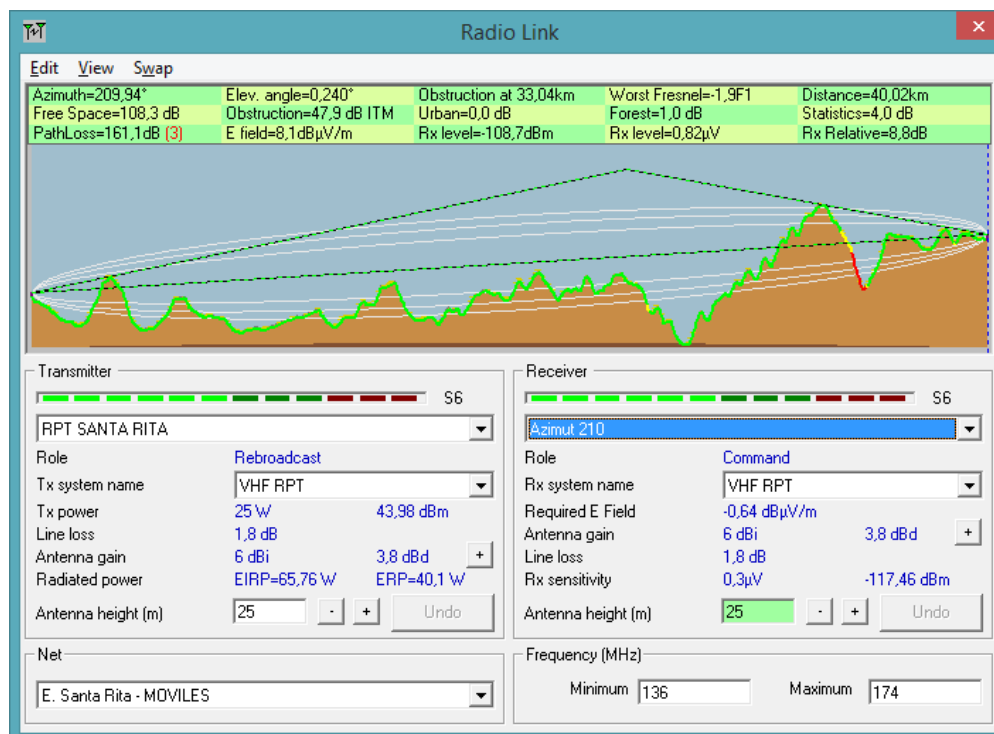


Figura 21.- Perfil Topográfico con Azimut de 210° a partir de RPT Santa Rita

Fuente: Software Radio Mobile

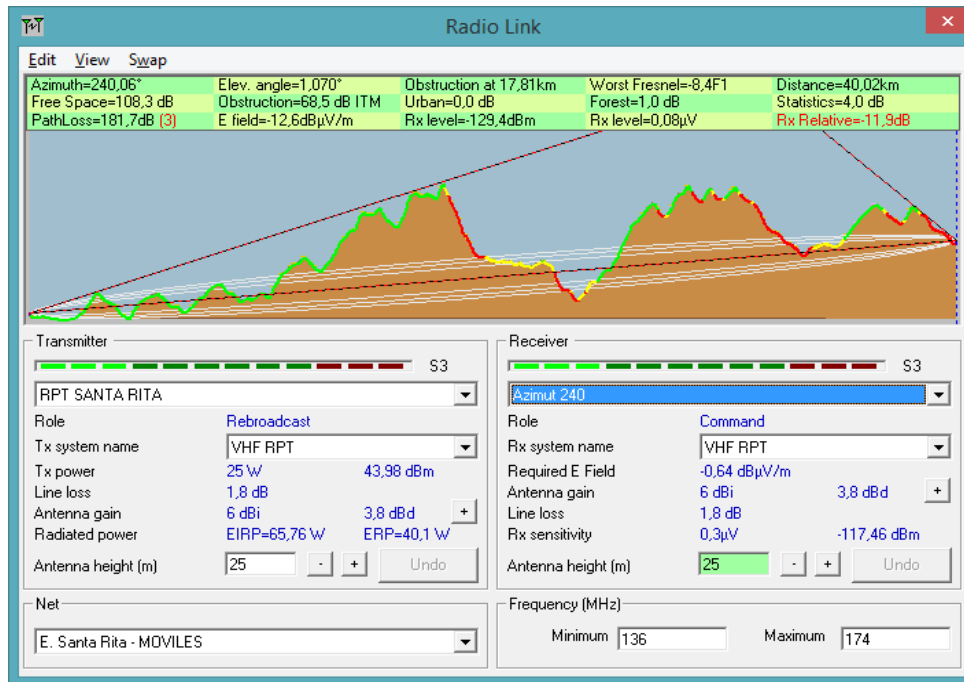


Figura 22.- Perfil Topográfico con Azimut de 240° a partir de RPT Santa Rita

Fuente: Software Radio Mobile

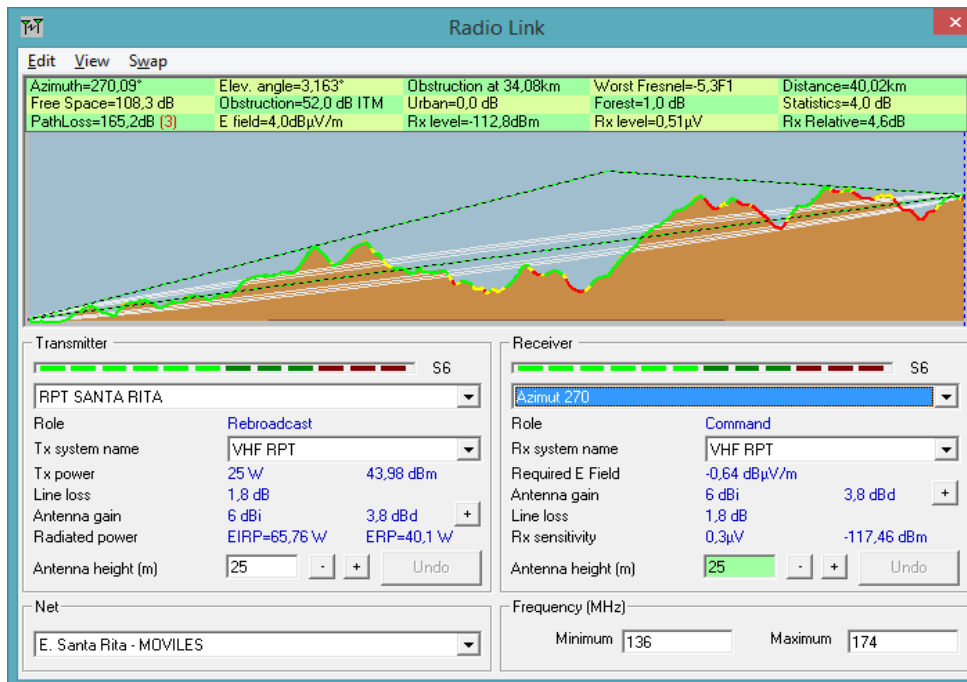


Figura 23.- Perfil Topográfico con Azimut de 270° a partir de RPT Santa Rita

Fuente: Software Radio Mobile

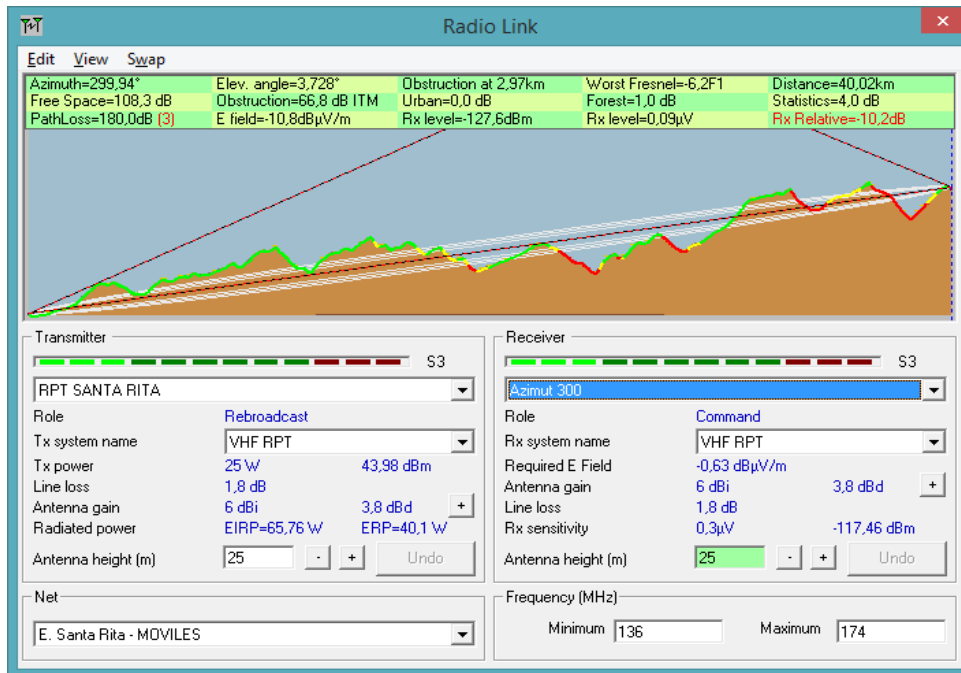


Figura 24.- Perfil Topográfico con Azimut de 300° a partir de RPT Santa Rita

Fuente: Software Radio Mobile

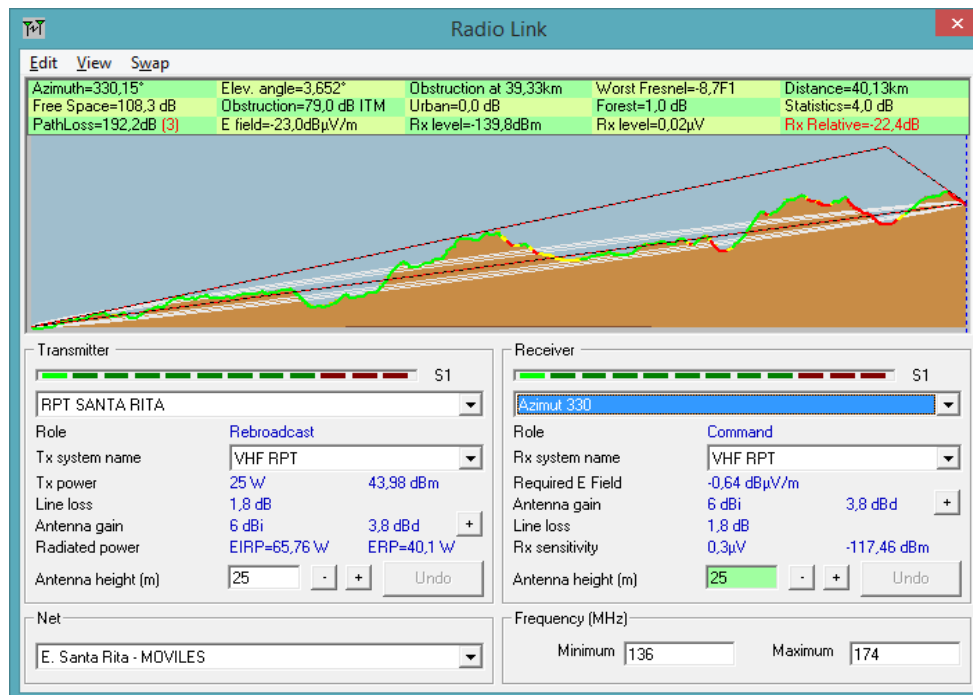


Figura 25.- Perfil Topográfico con Azimut de 330° a partir de RPT Santa Rita

Fuente: Software Radio Mobile.