UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ÁREA DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

TÍTULO

"ESTUDIO TÉCNICO Y DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIONES DIGITALES BASADO EN EL ESTÁNDAR TETRA PARA MEJORAR EL SERVICIO DE COMUNICACIONES PRIVADAS AL SIMERT DEL GAD MUNICIPAL DE LOJA"

"Tesis de grado previo a optar por el título de Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones"

Autor:

Wilmer José Poma Gordillo

Director:

Ing. Juan Manuel Galindo Vera, Mg. Sc

LOJA – ECUADOR

2015

CERTIFICACIÓN

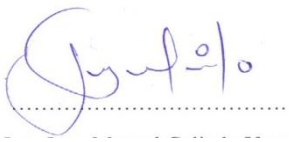
Ing. Juan Manuel Galindo Vera, Mg. Sc.

DIRECTOR DE TESIS

CERTIFICA:

Haber dirigido, asesorado, revisado y corregido el presente trabajo de tesis de grado en su proceso de investigación cuyo tema versa en, **"ESTUDIO TÉCNICO Y DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIONES DIGITALES BASADO EN EL ESTÁNDAR TETRA PARA MEJORAR EL SERVICIO DE COMUNICACIONES PRIVADAS AL SIMERT DEL GAD MUNICIPAL DE LOJA",** previa a la obtención del título de Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones, realizado por el señor: **Wilmer José Poma Gordillo,** la misma que cumple con la reglamentación y políticas de investigación, por lo que autorizo su presentación y posterior sustentación y defensa.

Loja, 8 de Enero del 2015.



Ing. Juan Manuel Galindo Vera, Mg. Sc

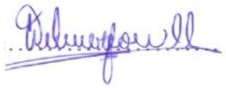
DIRECTOR DE TESIS

AUTORÍA

Yo, **Wilmer José Poma Gordillo**, declaro ser autor del presente trabajo de tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales por el contenido de la misma.

Adicionalmente, acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi tesis en el Repositorio Institucional-Biblioteca Virtual.

Autor: Wilmer José Poma Gordillo

Firma: 

Cédula: 1104690365

Fecha: Loja, 9 de febrero de 2015

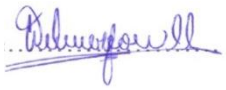
CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR, PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO.

Yo, **WILMER JOSÉ POMA GORDILLO**, declaro ser autor de la tesis titulada: **"ESTUDIO TÉCNICO Y DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIONES DIGITALES BASADO EN EL ESTÁNDAR TETRA PARA MEJORAR EL SERVICIO DE COMUNICACIONES PRIVADAS AL SIMERT DEL GAD MUNICIPAL DE LOJA"**, como requisito para optar al grado de: **INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**; autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional:

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el RDI, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los 9 días del mes de febrero del dos mil quince, firma el autor.

Firma: 

Autor: Wilmer José Poma Gordillo

Cédula: 1104690365

Dirección: Loja, Vía antigua a Zamora Barrio "El Calvario".

Correo Electrónico: bboycala@hotmail.com

Teléfono: 0988959933

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director de tesis: Ing. Juan Manuel Galindo Vera, Mg. Sc

Tribunal de Grado: Ing. Luis Roberto Jácome Galarza, Mg. Sc.

Ing. Yessenia Berenice Llive Barragán, Mg. Sc.

Ing. Jorge Tulio Carrión Gonzales, Mg. Sc.

PENSAMIENTO

“Nunca consideres el estudio como una obligación, sino como una oportunidad para penetrar en el bello y maravilloso mundo del saber.”

Albert Einstein.

DEDICATORIA

El presente trabajo de tesis va dedicado a mi madrecita Gloria María Gordillo Chacho; por creer en cada una de mis metas y ayudarme a cumplirlas. Con mucho cariño para ti madrecita.

AGRADECIMIENTO

A Dios por bendecirme, cuidarme y darme la fuerza e inteligencia para realizar mis sueños.

A mi madre que me ha brindado su apoyo, cariño y confianza, lo que me ha permitido poder superarme y llegar a cumplir mis metas.

A mi padre, hermano, hermana, familiares, compañeros y amigos por la confianza depositada y apoyo en los momentos en que más los necesite.

A la Universidad Nacional de Loja, en especial al Área de la Energía las Industrias y los Recursos Naturales No renovables; y, a los docentes y autoridades de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones, quienes me brindaron la posibilidad de forjar mi formación y desarrollo profesional.

De manera especial, al Ing. Juan Manuel Galindo Vera, director de tesis, quien en base a sus conocimientos y experiencia me orientó y asesoró para culminar el presente trabajo de tesis.

Al Ing. Nelson Salinas, al Sgt. Héctor Suarez y Eco. Yuliza Conza, administradores del SIMERT y a todo el personal que labora en esta dependencia, quienes supieron brindarme su autorización, colaboración y apoyo a la realización de la tesis.

TABLA DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN i

AUTORÍA ii

CARTA DE AUTORIZACIÓN iii

PENSAMIENTO iv

DEDICATORIA v

AGRADECIMIENTO vi

TABLA DE CONTENIDOS vii

NOMENCLATURA xi

ÍNDICE DE FIGURAS. xiii

ÍNDICE DE TABLAS. xv

a.- TÍTULO 1

b.- RESUMEN 2

c.- INTRODUCCIÓN 6

d.- REVISIÓN DE LITERATURA 7

d.1.- CAPÍTULO I: Sistema Municipal de Estacionamiento Rotativo Tarifado (SIMERT). 7

d.1.1.- Descripción del sistema 7

d.1.2.- Comunicaciones de radio del SIMERT. 9

d.1.3.- Infraestructura para radiocomunicaciones. 9

d.1.4.- Situación actual de las radiocomunicaciones. 10

d.2.- CAPÍTULO II: Comunicaciones móviles privadas. 12

d.2.1.- Introducción 12

d.2.2.- Estructura básica de un sistema PMR. 13

d.2.3.- Movilidad. 13

d.2.4.- Cobertura. 14

d.2.5.- Sistema básico de despacho. 14

d.2.6.- Sistemas troncalizados. 15

d.2.6.1.- Privacidad que proporcionan los sistemas troncalizados. 17

d.2.6.2.- Rendimiento del Espectro. 17

d.2.6.3.- Arquitectura de una red troncal. 18
d.2.6.4.- Dimensionamiento. 19
d.2.6.5.- Tipos de llamada. 19
d.2.6.6.- Proceso de llamada en un sistema troncalizado. 20
d.2.6.7.- Servicios de un sistema troncalizado. 22
d.2.6.8.- Mercado de sistemas troncalizados a nivel mundial. 23
d.2.6.9.- Sistemas troncalizados en Ecuador. 23
d.2.6.10.- Reglamento para la explotación de los sistemas troncalizados en Ecuador .25
d.2.6.11.- Interoperabilidad de los sistemas troncalizados. 27
d.3.- CAPÍTULO III: Estándar TETRA. 28
d.3.1.- Funcionamiento. 28
d.3.2.- Arquitectura de red. 28
d.3.3.- Interfaces. 29
d.3.3.1.- Interfaz Aire (AI). 29
d.3.3.2.- Interfaz inter sistema (ISI). 29
d.3.3.3.- Interfaz DMO. 30
d.3.3.4.- Interfaz de equipos terminales. 30
d.3.3.5.- Otras interfaces. 30
d.3.4.- Modos de operación de TETRA. 30
d.3.4.1.- Modo operación troncalizado (TMO). 30
d.3.4.2.- Modo operación directo (DMO). 31
d.3.4.3.- Modo doble escucha 32
d.3.4.4.- Modo directo (DMO) vía repetidor DMO 32
d.3.5.- Estructura de red TETRA. 33
d.3.5.1.- Estación base. 33
d.3.5.2.- Nodo de Conmutación y control (SCN). 33
d.3.5.3.- Sistema de administración de red (NMS). 34
d.3.5.4.- Terminales de comunicación. 34
d.3.5.5.- Terminales de despacho. 34
d.3.5.6.- Interfaces de conexión. 34
d.3.6.- Capas del protocolo TETRA. 34
d.3.6.1.- Capa 1. 35

d.3.6.2.- Capa 2. 35
d.3.6.3.- Capa 3. 35
d.3.7.- Descripción de la tecnología. 36
d.3.7.1.- Frecuencias de operación. 36
d.3.7.2.- Eficiencia espectral. 36
d.3.7.3.- Método de acceso TDMA. 37
d.3.7.4.- Modulación. 39
d.3.7.5.- Canales en TETRA. 41
d.3.7.5.1.- Canales físicos. 41
d.3.7.5.2.- Canales lógicos. 41
d.3.7.6.- Potencia de emisión. 42
d.3.7.7.- Control de potencia 43
d.4.- CAPÍTULO IV: Diseño y simulación. 44
d.4.1.- Análisis del terreno. 44
d.4.1.1.- Altura sobre el nivel medio del terreno. 45
d.4.1.2.- Perfiles de terreno. 47
d.4.2.- Determinación del área de cobertura. 49
d.4.2.1.- Parámetros utilizados para la determinación del área de cobertura. 50
d.4.2.2.- Fórmulas para determinar el área de cobertura. 51
d.4.2.3.- Cálculo de cobertura. 54
d.4.3.- Simulación. 61
d.4.4.- Dimensionamiento (Estudio de Tráfico). 70
d.4.4.1.- Concepto relacionado con el dimensionamiento de sistemas troncalizados. 70
d.4.4.2.- Análisis de tráfico de voz. 71
d.4.4.2.1.- Estimación de la hora pico. 72
d.4.4.2.2.- Duración media de llamadas y promedio de llamadas. 72
d.4.4.2.3.- Numero de terminales. 73
d.4.4.2.4.- Cálculo de canales de tráfico. 73
d.4.5.- Infraestructura de red. 74
d.4.5.1.- Estación Base. 74
d.4.5.1.1.- Infraestructura de telecomunicaciones. 74
d.4.5.1.2.- Sistema radiante y red troncalizado. 75
d.4.5.1.3.- Sistema de respaldo de energía. 77

d.4.5.2.- Equipos terminales. 77
d.5.- CAPÍTULO V: Análisis referencial de costos. 82
d.5.1.- Costos de infraestructura de telecomunicaciones. 82
d.5.2.- Costo de terminales. 82
d.5.3.- Costos de sistema red troncalizado y radiofrecuencia. 83
d.5.4.- Costos de sistema de respaldo de energía. 84
d.5.5.- Costos de instalación. 84
d.5.6.- Costos de concesión para operar sistemas troncalizados. 85
d.5.7.- Costo total del sistema TETRA. 85
d.5.8.- Plan económico-financiero. 87
d.5.8.1.- Ingresos. 88
d.5.8.2.- Egresos. 88
d.5.8.3.- Flujo de Caja. 89
d.5.9.- Análisis costo/beneficio. 92
e.- MATERIALES Y MÉTODOS. 93
e.1.- Materiales. 93
e.2.- Métodos. 96
e.3.- Técnicas. 97
f.- RESULTADOS. 98
f.1.- Análisis de resultados de cálculos realizados. 98
f.2.- Análisis de resultados de simulaciones realizadas. 99
f.3.- Análisis de resultados del estudio de tráfico. 102
f.4.- Análisis de resultados de costos del sistema. 103
g.- DISCUSIÓN 104
h.- CONCLUCIONES 106
i.- RECOMENDACIONES 109
j.- BIBLIOGRAFÍA 111
k.- ANEXOS 115

NOMENCLATURA

SIMERT	Sistema Municipal de Estacionamiento Rotativo Tarifado.
PMR	Radio Móvil Privada.
RF	Radio Frecuencias.
MPT	Ministry of Post and Telecomunications (Ministerio de Correos y Telecomunicaciones).
TETRA	Terrestial Trunked Ratio (Radio Troncalizado Terrestre).
PTT	Push to Talk (Presione para hablar).
PSE	Palabra de Señal de Entrada.
PSS	Palabra de Señal de Salida.
PABX	Private Automatic Branch Exchange (Ramal privado de conmutación automática).
SUPERTEL	Superintendencia de Telecomunicaciones.
CONATEL	Consejo Nacional de Telecomunicaciones.
SNT	Secretaria Nacional de Telecomunicaciones.
GAD	Gobierno Autónomo Descentralizado.
UMAPAL	Unidad Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Loja.
ETSI	European Telecomunications Estándar Institute (Instituto Europeo de Estándares de Telecomunicaciones).
AI	Interfaz Aire
ISI	Interfaz Inter Sistema.
DMO	Modo de Operación Directa.
TEI	Interfaz de Equipos Terminales.
TMO	Modo de Operación Troncalizado.
SBS	Suscriptor Base Station (Estación Base Suscriptor)
SCN	Nodo de Conmutación y Switching.
RTPC	Red de Telefonía Pública Conmutada.

RDSI	Red Digital de Servicios Integrados.
OSI	Open System Interconnection (Interconexión de Sistemas Abiertos).
MAC	Control de Acceso al Medio.
LLC	Logical Link Control (Control de Enlace Lógico)
TDMA	Acceso al Medio por División de Tiempo.
BS	Base Station (Estación Base).
MS	Móvil Station (Estación Móvil).
PAMR	Acceso Público de Radio Móvil.
GSM	Global System for Mobile Communications (Sistema Global para las Comunicaciones Móviles).
QPSK	Quadrature Phase-Shift Keying (Modulación por Desplazamiento de Fase Cuaternaria).
$\pi/4 - \mathrm{DQPSK}$	Differential Quadrature Phase-Shift Keying (Modulación por Desplazamiento de Fase Diferencial Cuaternaria con variación de $\pi/4$)
HAAT	Height Above Average Terrain (Altura Sobre el Nivel Medio del Terreno)
BSC	Base Station Controller (Controlador de Estación Base)
UPS	Uninterruptible Power Supply (Sistema de Alimentación Ininterrumpida)

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1. Personal del SIMERT. 7
Figura 2. Automóviles y motocicletas del SIMERT. 8
Figura 3. (a)Terminal portátil, (b) Terminal móvil. 9
Figura 4. (a) Caseta de telecomunicaciones, (b) torre de telecomunicaciones. 10
Figura 5. Estructura básica de un sistema básico de PMR. 13
Figura 6. Sistema básico de despacho. 14
Figura 7. Arquitectura monoemplazamiento. 18
Figura 8. Arquitectura multiemplazamiento. 19
Figura 9. Participación de empresas del mercado de sistemas troncalizados. 24
Figura 10. Interfaces en TETRA. 29
Figura 11. Modo de operación troncalizado. 31
Figura 12. Modo de operación directa. 31
Figura 13. Modo de operación doble escucha. 32
Figura 14. Modo de operación DMO con repetidor. 32
Figura 15. Estructura de una red TETRA. 33
Figura 16. Eficiencia espectral TETRA vs GSM y PMR tradicional. 37
Figura 17. Acceso Múltiple TDMA. 38
Figura 18. Estructura de tramas en TDMA. 39
Figura 19. Constelaciones QPSK desfasadas π/4 39
Figura 20. Constelación π/4 –DQPSK. 40
Figura 21. Cartas topográficas para análisis de terreno de la ciudad de Loja. 45
Figura 22. Parámetros para obtener el HAAT. 46
Figura 23. Azimut cada 30° para obtener los perfiles de terreno. 48
Figura 24. Perfil de terreno azimut 0°. 49
Figura 25. Monograma para atenuación por elevaciones de terreno. 53
Figura 26. Trayectoria de enlace a 3,5 Km. 55
Figura 27. Atenuación a 3,5 Km para azimut 0°. 56
Figura 28. Parámetros para cargar el mapa de Loja en Radio Mobile. 61
Figura 29. Relieve de la ciudad de Loja. 61
Figura 30. Configuración de propiedades de unidad. 62
Figura 31. Ubicación de unidades de red. 62

Figura 32. Configuración de parámetros de propagación. 63
Figura 33. Configuración de topología de red. 63
Figura 34. Configuración del sistema transmisor en la red. 64
Figura 35. Configuración del sistema receptor en la red. 64
Figura 36. Asociación de las unidades con la red. 65
Figura 37. Intervalos de medición para el campo eléctrico. 66
Figura 38. Configuración de parámetros para simulación de cobertura en coordenadas polares. 66
Figura 39. Simulación de campo eléctrico en coordenadas polares. 67
Figura 40. Torre de telecomunicación. 74
Figura 41. Caseta de telecomunicaciones. 75
Figura 42. Antenas omnidireccionales Kathrein. 75
Figura 43. Diagramas de Radiación antenas omnidireccionales Kathrein. 76
Figura 44. BTS TetraFlex. 76
Figura 45. UPS de 3KVA de capacidad. 77
Figura 46. Terminal portátil SPT8000TETRA de SEPURA. 77
Figura 47. Terminal móvil SRG 3500 de SEPURA.. 78
Figura 48. Despachador TETRA. 78
Figura 49. Infraestructura de nueva red TETRA propuesta. 79
Figura 50. Gateway VoIP E1 PRI ISDN. 80
Figura 51. Log Server DAMM. 81
Figura 52. Gateway RoIP IRP100+. 81
Figura 53. Simulación de Cobertura en Radio Mobile. 94
Figura 54. Mediciones de azimuts en Google Earth. 94
Figura 55. Cálculos de propagación electromagnética en Matlab. 95
Figura 56. Elaboración de perfiles de terreno en Microsoft Excel. 96
Figura 57. Límites de cobertura del sistema TETRA. 102

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1. Zona de operación del SIMERT. 8
Tabla 2. Zona de operación temporal del SIMERT. 8
Tabla 3. Terminales de radio del SIMERT. 9
Tabla 4. Principales operadores de servicio troncalizado en América Latina. 23
Tabla 5. Operadores de sistemas troncalizado en Ecuador. 24
Tabla 6. Cobertura de las empresas de sistemas troncalizados. 25
Tabla 7. Bandas de frecuencia para sistemas troncalizados en Ecuador. 26
Tabla 8. Canalización de las bandas. 27
Tabla 9. Capas OSI vs TETRA 35
Tabla 10. Frecuencias de operación de TETRA 36
Tabla 11. Transiciones de fase para la modulación π/4 -DQPSK. 40
Tabla 12. Potencias para BS. 42
Tabla 13. Potencia para MS. 42
Tabla 14. Coordenadas geográficas de la cuidad de Loja. 44
Tabla 15. Coordenadas geográficas BS TETRA. 46
Tabla 16. HAAT. 46
Tabla 17. Parámetros para determinación de cobertura. 51
Tabla 18. Valores característicos de factor de rigurosidad de terreno. 57
Tabla 19. Valores característicos de factor de probabilidad. 57
Tabla 20. Campo eléctrico calculado para todos los azimut. 59
Tabla 21. Campo eléctrico simulado para todos los azimut. 68
Tabla 22. Promedio y duración de llamadas en la hora pico. 72
Tabla 23. Parámetros para el cálculo de canales. 73
Tabla 24. Costos terminales 83
Tabla 25. Costos de equipos red troncalizado y radiofrecuencia. 83
Tabla 26. Costos respaldo de energía. 84
Tabla 27. Costos de instalación. 84
Tabla 28. Costo por concesión. 85
Tabla 29. Costo total del sistema. 85
Tabla 30. Ingresos del SIMERT. 88

Tabla 31. Egresos del SIMERT. 88
Tabla 32. Flujo de caja del SIMERT. 91
Tabla 33. Límite de cobertura calculado. 99
Tabla 34. Límite de cobertura simulado. 101

a.- TÍTULO

"ESTUDIO TÉCNICO Y DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIONES DIGITALES BASADO EN EL ESTÁNDAR TETRA PARA MEJORAR EL SERVICIO DE COMUNICACIONES PRIVADAS AL SIMERT DEL GAD MUNICIPAL DE LOJA".

b.- RESUMEN

El presente trabajo de tesis se basa en la elaboración de un estudio técnico y de factibilidad con el objetivo de proponer una alternativa de solución a las comunicaciones privadas del SIMERT, basada en un sistema troncalizado con tecnología digital.

Analizar la situación actual de las comunicaciones en el SIMERT es una tarea de gran importancia para determinar las causas de las falencias que se presenta en su sistema de comunicaciones, realizar un análisis permite tener una visión general de lo que será necesario para mejorar sus comunicaciones. Este tema se lo analiza en el capítulo uno.

A lo largo del capítulo dos se analizará las comunicaciones móviles privadas y sistemas troncalizados en Ecuador, recalcando aspectos relacionados con su estructura, funcionamiento, y reglamentación necesaria para la operación de este tipo de sistemas. Elegir un sistema troncalizado para resolver los inconveniente en sus comunicaciones le brinda grandes beneficios a las comunicaciones móviles privadas, entre ellos tenemos la mejora notable de la calidad de la señal de voz, realizar llamadas sin necesidad de esperar un canal desocupado y la posibilidad de interconectarse a otras redes de telefonía.

Un estándar abierto que garantice interoperabilidad entre distintos fabricantes es lo que presenta TETRA y es analizado en el capítulo tres. Es un estándar de tecnología digital que posee un sinnúmero de funcionalidades y beneficios y los ámbitos en los que se los puede aplicar son muy variados.

Realizar cálculos y simulaciones de los sistemas que se quieren implementar es muy beneficioso, ya que nos da una idea general del alcance del mismo, y nos brinda una

aproximación a la realidad del área a la que se quiere dar cobertura. Además de realizar lo descrito se efectúa un dimensionamiento apropiado de los canales de tráfico de voz para no tener que realizar gastos innecesarios en su implementación, esto es lo que se realiza a lo largo del capítulo cuatro.

En el capítulo cinco se elabora un análisis de costos que se requiere para la implementación del sistema, se realiza análisis en cuanto a infraestructura, terminales, sistema de red troncalizado y radiante, instalación, concesiones y uso de frecuencias, adicionalmente se realiza un plan económico-financiero con el objetivo de analizar la posibilidad de inversión y se analiza el costo-beneficio para determinar qué tan factible es para la empresa invertir en este sistema de comunicaciones.

Finalmente se realiza un análisis y discusión de resultados obtenidos para posteriormente elaborar y presentar las conclusiones y recomendaciones que se tienen del trabajo de tesis realizado.

SUMMARY

The current thesis is based on the elaboration of a feasibility and technical study with the target of proposing an alternative of solution to the private communications of SIMERT, based on a trunked system with digital technology.

To analyze the current situation of the communications on the SIMERT is a task with a big importance to determinate the causes of the shortcomings presented on their communication system, perform an analysis allows us to have a general vision of what will be necessary to improve their communications. This topic is discussed in chapter one.

Throughout the chapter two will be discussed the private mobile communications and trunked systems in Ecuador, emphasizing aspects related with their structure, performance, and regulation required to operate this kind of systems. Choosing a trunked system in order to work out the drawbacks on their communications gives private mobile communications great benefits, among them are the notable improvement on the quality of the voice signal, realizing calls without the necessity to wait for a clear channel, and the possibility to interconnect with other telephone networks.

An open standard that guarantee interoperability between different manufacturers is presented by TETRA and is discussed in chapter three. This is a standard of digital technology that has uncountable functionalities and benefits, and the areas where it could be applied are varied.

Realizing calculations and simulations of the systems that we want to implement is very beneficial as it gives us a general idea of its range, and it offers an approach to the

reality of the areas that we want to cover. Besides accomplishing this, an appropriate dimensioning of the voice traffic channels is done in order not to have to do unnecessary expenses on its implementation, this is what is done among the chapter four.

In chapter five is elaborated an analysis of the costs required for the implementation of these systems, an analysis is performed in terms of infrastructure, terminals, radiant and trunked web system, setting-up, concessions, and use of frequencies, additionally is performed an economic and financial plan with the objective of analyzing the investment possibilities and an analysis cost-benefit is done to determinate how feasible is for the company to invest in this communication system.

Finally an analysis and discussion of the results obtained is done, and later an elaboration and presentation of the conclusions and recommendations that we have in the thesis.

c.- INTRODUCCIÓN

En los últimos años el avance de la tecnología ha tenido un gran impacto, y por supuesto en el campo de las telecomunicaciones, específicamente en las comunicaciones inalámbricas este desarrollo también está presente, y de una manera muy significativa a contribuido al desarrollo en la forma de comunicarse. En la actualidad existen diversos sistemas de comunicación inalámbricos que realizan funciones especializadas dependiendo de la tecnología que estos utilizan, aunque todos ellos están diseñados para cumplir el mismo objetivo "*la comunicación*".

Dentro de los sistemas de comunicaciones inalámbricos se encuentran los sistemas de radiocomunicaciones troncalizados que están orientados a las comunicaciones móviles privadas, estos sistemas son requeridos por organismos orientados a la seguridad, ya que presentan múltiples ventajas y beneficios para las comunicaciones privadas.

TETRA es un estándar desarrollado por el Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones (ETSI), diseñado con el objetivo de unificar interfaces de radio digitales y ser utilizado para satisfacer las necesidades de comunicación entre grupos de trabajo como: sistemas de emergencia, policía, policía municipal, bomberos, compañías o empresas que requieran de un sistema de comunicaciones privadas que este a la vanguardia de la tecnología, y, donde las características como seguridad, compatibilidad, disponibilidad, calidad de voz y a privacidad de las comunicaciones, sean lo primordial a la hora de invertir en un sistema que respalde sus comunicaciones móviles privadas.

d.- REVISIÓN DE LITERATURA

d.1.- CAPÍTULO I: Sistema Municipal de Estacionamiento Rotativo Tarifado (SIMERT).

El SIMERT se creó el 15 de Marzo de 2002 con el objetivo de devolver a todos los usuarios el derecho a utilizar la vía pública en forma organizada y ordenada, a través de la generación de una oferta permanente y continua de espacios libres para el estacionamiento, además de reducir la contaminación ambiental provocada por el flujo continuo de vehículos. [11]

d.1.1.- Descripción del sistema

El personal que labora en la institución además de controlar el sistema de estacionamiento, colabora con la seguridad de los automóviles que hacen uso del sistema, ya que cuenta con un sistema de comunicaciones para coordinar actividades en caso de una emergencia.

Figura 1. Personal del SIMERT.

El sistema opera principalmente en la parte céntrica de la cuidad de Loja, los límites de las zonas de estacionamiento se detallan en la tabla 1.

Tabla 1. Zona de operación del SIMERT.

Límite Zona A	Límite Zona B
Al Norte: Calle Imbabura	Al Norte: Calle Imbabura hasta la Puerta de la Ciudad
Al Sur: Calle Lourdes	Al Sur: Calle Lourdes hasta la Calle Catacocha
Al Este: Calle Juan José Peña	Al Este: Calles Juan José Peña, 24 de Mayo, Emiliano Ortega y Macará
Al Oeste: Av. Universitaria	Al Oeste: Calles Lauro Guerrero y Ramón Pinto desde la Calle Mercadillo hasta la Calle Colón

En el mes de Septiembre se establece una zona de operación adicional que se encuentra ubicada alrededor del complejo ferial Simón Bolívar, los límites de esta zona se detallan en la tabla 2.

Tabla 2. Zona de operación temporal del SIMERT.

Zona de operación temporal del SIMERT
Norte: Calle Miguel Cano Madrid
Sur : Av. Isidro Ayora
Este : Av. Salvador Bustamante Celí.
Oeste : Calle Velasco Ibarra

Los equipos de control que dispone el SIMERT son: fichas de control, radios, motos y vehículos, que son necesarios para tener un buen funcionamiento.

Figura 2. Automóviles y motocicletas del SIMERT.

d.1.2.- Comunicaciones de radio del SIMERT.

El personal dedicado al control del estacionamiento dispone de un radio portátil, el cual le permite la comunicación en grupo con todos los miembros del sistema para coordinar sus actividades. La institución cuenta con motocicletas y automóviles para llevar los candados en caso de alguna sanción al usuario, cabe recalcar que en cada uno de los automóviles existe un terminal móvil.

Los terminales portátiles y móviles que poseen en la actualidad se detallan en la tabla 3.

Tabla 3. Terminales de radio del SIMERT

Terminal	Marca	Cantidad
Portátil	Motorola pro 5150	60
Móvil	Motorola 5100	2

(a) (b)

Figura 3. (a)Terminal portátil, (b) Terminal móvil.

d.1.3.- Infraestructura para radiocomunicaciones.

En conversaciones realizadas con el administrador e ingeniero encargado del mantenimiento de los equipos de comunicaciones del SIMERT respectivamente, se obtuvo información relacionada con la infraestructura de radiocomunicaciones.

La infraestructura se encuentra ubicada en las inmediaciones de la UMAPAL en el Parque Pucara, en los inicios el sistema estaba compuesto por:

- 1 torre de telecomunicaciones
- 1 sistema radiante.
- 1 caseta de telecomunicaciones
- 1 sistema repetidor

La infraestructura le proporcionaba una cobertura amplia para sus comunicaciones, pero por razones que aún se desconocen según se manifestaron el sistema repetidor dejo de funcionar.

(a) (b)

Figura 4. (a) Caseta de telecomunicaciones, (b) torre de telecomunicaciones.

d.1.4.- Situación actual de las radiocomunicaciones.

Las comunicaciones de radio del SIMERT no se realizan de la mejor manera ya que presentan varios inconvenientes, entre los más relevantes tenemos:

- *La cobertura:* A pesar de que opera en la parte céntrica de la ciudad, con el sistema actual que posee no se cubre la demanda de cobertura necesaria, tanto es así que dos controladores que se encuentren ubicados en los límites de las zonas de funcionamiento no se pueden comunicar, para establecer la comunicación se necesita de un tercer controlador que se encuentre ubicado en el centro de ellos para que pueda hacer de puente y poder comunicarse a través él.
    - *Mala calidad de voz:* Este inconveniente se presenta debido a que los terminales que poseen son de tipo analógicos y uno de los factores que más afecta a este tipo de sistemas es la presencia de ruido lo que ocasiona mala calidad de voz en sus comunicaciones.
    - *Estado de los terminales:* Sumado a que los terminales son analógicos está el estado de los mismos, algunos ya no funcionan al 100% y presentan inconvenientes en su funcionamiento, uno de ellos es tiempo de duración de las baterías.

Otro punto a considerar tenemos que las comunicaciones son en modo simple, es decir funcionan en modo de operación directa entre los terminales, no se registran a un sistema de control o no pasan por un sistema repetidor, lo que repercute en el alcance de las comunicaciones.

Tomando en cuenta lo expuesto se ha propuesto diseñar un nuevo sistema para sus comunicaciones.

d.2.- CAPÍTULO II: Comunicaciones móviles privadas.

d.2.1.- Introducción.

La necesidad del hombre de poder comunicarse en cualquier lugar y en cualquier momento, y sobre todo cuando se encuentra en movimiento ha sido un factor determinante en la evolución de las comunicaciones, el avance de la tecnología ha permitido llevar a cabo los nuevos requerimientos de comunicación. Entre estos avances las comunicaciones móviles son el más claro ejemplo de lo que el hombre ansia en lo que se refiere a las comunicaciones.

Las comunicaciones móviles son llevadas a cabo gracias a ondas de radio por lo que de alguna manera se las llama comunicaciones vía radio, este tipo de comunicaciones permiten superar limitaciones que se tiene con los sistemas de comunicaciones tradicionales como lo es el servicio de telefonía pública convencional.

El crecimiento de la tecnología de radio durante la Segunda Guerra Mundial permitió la aparición de los primeros sistemas de comunicaciones móviles de tipo privado o cerrado, que fueron empleados principalmente en servicios de Seguridad. [1]

Se puede decir que las comunicaciones móviles privadas se tratan de un servicio de comunicaciones que se prestan a cierto grupo de personas en una determinada área de cobertura o zona geográfica, como por ejemplo una ciudad, y estas no están conectadas a la red de telefonía pública.

El principio en el que se fundó este tipo de comunicaciones se basa en establecer una comunicación entre dos usuarios de forma directa, prestando especial atención en que por lo menos uno de los usuarios se encuentre en movimiento, así mismo considerando que estos usuarios se encuentran dentro de un grupo selectivo de comunicaciones, por lo

cual no solamente estos dos usuarios tendría que comunicarse, sino a su vez lo podrá realizar con cualquiera de los usuarios de su grupo.

Este tipo de comunicaciones se llevaba a cabo si todos los equipos utilizan la misma frecuencia de radio, por lo cual solo era posible establecer una comunicación simple, sin embargo este tipo de comunicación que represento una limitación para las conversaciones, trajo consigo aspectos positivos para las comunicaciones de radio como lo es el mejor aprovechamiento del espectro radioeléctrico, lo que aporto significativamente a la expansión de los servicios de comunicaciones de tipo privadas.

d.2.2.- Estructura básica de un sistema PMR.

La composición general de un sistema PMR por lo general comprende de terminales fijos los cuales se conectan a un centro de control, una estación base y terminales móviles.

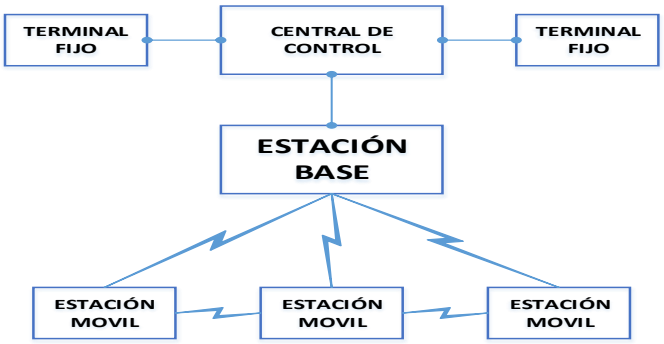


Figura 5. Estructura básica de un sistema básico de PMR.

d.2.3.- Movilidad.

Para las PMR la característica de movilidad de un terminal móvil está en función del grado de cobertura de la red. Generalmente como la estación base es única, se la puede dotar de las características necesarias para que el alcance de cobertura en el sentido estación base-terminal sea grande.

d.2.4.- Cobertura.

La cobertura en radiocomunicaciones móviles es sumamente importante. Debido a la variabilidad del trayecto radioeléctrico, únicamente puede hablarse de cobertura en sentido estadístico. Se utilizan dos grados de calidad estadística de cobertura:

- Porcentaje de emplazamiento.- Indica el tanto por ciento de lugares dentro de la zona de cobertura teórica en que cabe esperar que exista el enlace radioeléctrico.
- Porcentaje de tiempo.- Expresa el tanto por ciento del tiempo en que se espera que existirá el enlace.

d.2.5.- Sistema básico de despacho.

Los sistemas básicos de despacho son aquellos que consisten en el establecimiento de llamadas para intercambio de órdenes o peticiones, se las realiza entre un respectivo controlador y un conjunto específico de terminales móviles. Son a partir de estos sistemas que se desarrollan otros sistemas más robustos y complejos.

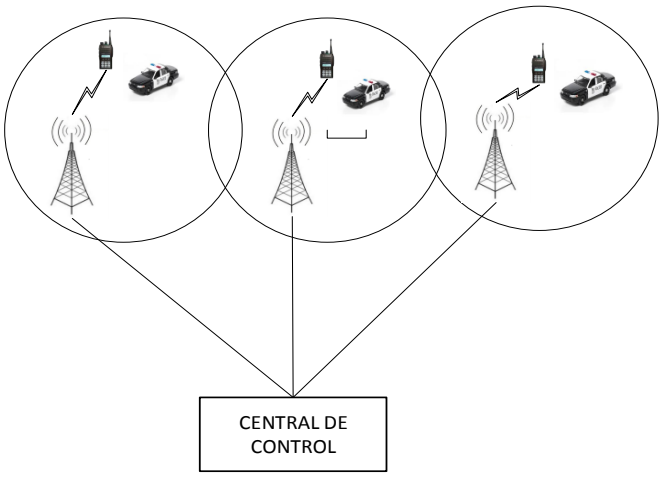


Figura 6. Sistema básico de despacho.

d.2.6.- Sistemas troncalizados.

Los sistemas troncalizados[1] son un sistema dinámico de asignación de canales de radiofrecuencia, se asigna un canal cuando hay demanda solamente, lo cual minimiza el tiempo de desocupación, puesto que cada usuario solo utiliza el canal durante el tiempo de la conversación y cuando concluye esta, el canal se libera para que pueda ser utilizado por otro usuario.

Las decisiones sobre la asignación de canales son realizadas automáticamente por un centro de control computarizado, este sistema computarizado le permite al usuario realizar una llamada sin necesidad de averiguar si el canal RF está libre.

En los sistemas troncalizados las llamadas entran en una cola de espera de donde van saliendo para su curso en el orden de llegada o según las prioridades, a medida que se liberan los canales. Por lo tanto estos son sistemas de espera y deben dimensionarse con la fórmula de Erlang C. [2]

Utilizan técnicas de transmisiones múltiples, control y señalización digital para ofrecer la máxima eficiencia en el uso de canales de voz y datos en sistemas modernos. La principal desventaja es la calidad de la voz comparada con un sistema de telefonía pública, aunque en la actualidad esto ya no presenta un inconveniente gracias a los modernos sistemas troncalizados digitales.

Por su complejidad y características los sistemas troncalizados, representan la solución ideal para sistemas de comunicaciones en áreas geográficas restringidas o extensas, para empresas o instituciones como policías, bomberos, militares, empresas distribuidoras de agua, gas, electricidad, compañías aéreas entre otros, que tienen necesidades de comunicación que deben ser cubiertas.

[1] Troncalizado: describe el proceso de selección de una vía de comunicación libre desde varias posibilidades, un método en donde se utilizan relativamente pocas vías de comunicación para un gran número de usuarios.

En sus inicios el estándar MPT1327 marcó la pauta para la introducción de los sistemas troncalizados. Actualmente el estándar TETRA es el que define los sistemas troncalizados digitales.

En la actualidad estos sistemas están plenamente operativos, existen tres modalidades de explotación de los mismos:

- *Sistemas de autoprestación.*- La red es dimensionada y diseñada por la propia empresa que utiliza el servicio.
- *Sistema de abono.*- Una empresa alquila los servicios excedentes de su propia red.
- *En régimen de operador*. Una empresa legalmente constituida como operador instala una red y ofrece sus servicios a grupos de usuarios.

Los sistemas troncalizados han sido especialmente diseñados para funcionalidades específicas de comunicaciones de grupos cerrados de usuarios, no obstante parte del público está migrando a otros sistemas de comunicaciones (telefonía celular), pero aun así los sistemas troncalizados se mantienen en el mercado debido a los servicios, características y facilidades que prestan.

Las características que sobresalen de este tipo de sistemas son:

- *Seguridad*.- Los cuerpos de seguridad y emergencia como lo son policías, militares, bomberos, cruz roja, entre otros, requieren que sus comunicaciones posean una disponibilidad total y al mismo tiempo que sean privadas y exclusivas.
- *Coste*.- debido al tipo de comunicaciones en las que se emplean los sistemas troncalizados, están generan menor coste por sus comunicaciones comparadas

con las de la telefonía celular, las cuales ya empiezan a tarifar por el simple hecho del establecimiento de la comunicación.

d.2.6.1.- Privacidad que proporcionan los sistemas troncalizados.

Las conversaciones realizadas en un sistema troncalizado dentro de un mismo grupo de usuarios, no necesariamente se mantienen en el mismo canal, ya que el sistema está diseñado para realizar una asignación dinámica de canales, la frecuencia de transmisión no necesariamente es la misma que la de recepción. La protección que proporciona privacidad a la comunicación se basa en el hecho de que la conversación no se encuentra fija en una frecuencia, si alguien quisiese escuchar una conversación este debería conseguir la frecuencia asignada para cada parte de la conversación, esta es una característica que añade valor a las redes troncalizadas para poder ofrecer mayor privacidad, mientras que en una red PMR cualquiera que esté en la misma frecuencia puede escuchar la conversación, en los sistemas troncalizados esto no se da.

d.2.6.2.- Rendimiento del Espectro.

En la actualidad el espectro radioeléctrico es un recurso limitado, y teniendo en cuenta este aspecto fundamental los sistemas troncalizados aprovechan al máximo las frecuencias disponibles. Cuando se realiza una comunicación, en el proceso de transmisión, las pausas en la conversación pueden generar disponibilidad de los canales para otros usuarios si son requeridos. Como funciona cada vez que un usuario presiona el PTT, el computador elige una frecuencia libre. Como todas las radios están escuchando en una frecuencia de control, el computador les informa a todas las radios del grupo que sintonicen en esa frecuencia, para escuchar el mensaje de la radio que presionó el PTT. Todo el proceso toma décimas de segundos, luego de presionar el PTT, se escucha una señal, indicándole al usuario que ya está listo para transmitir, es

decir, todas las radios del grupo se sintonizaron en la frecuencia necesaria. Si la radio no emite ese sonido, el usuario no puede transmitir.

d.2.6.3.- Arquitectura de una red troncal.

Teniendo en cuenta el área de cobertura a servir podemos distinguir dos tipos de arquitectura:

- *Monoemplazamiento*.- Este tipo de sistemas se los emplea para la prestación de servicios troncales en zonas de cobertura que pueden alcanzarse con una sola estación base. Este tipo de redes está constituida por un nodo central que es el gestor del sistema con su respectiva estación base asociada y estaciones fijas y móviles dependientes de la misma, con sus correspondientes terminales. [3]

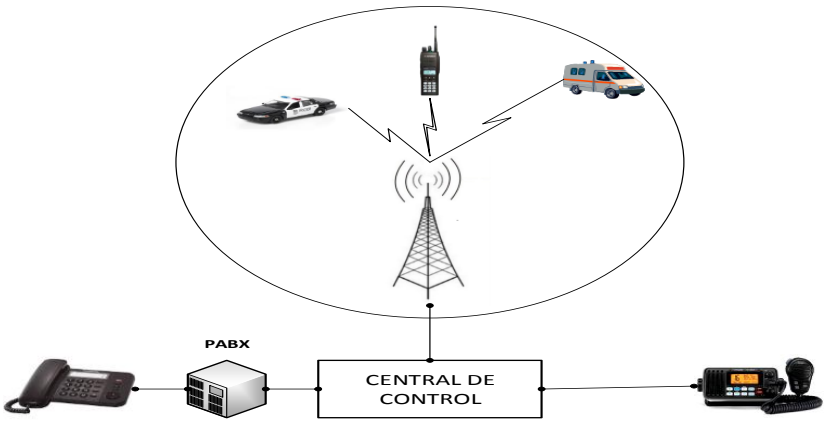


Figura 7. Arquitectura monoemplazamiento.

- *Multiemplazamiento*.- este tipo de estructura se lo utiliza para proveer cobertura en áreas de gran extensión. Por lo general este tipo de estructura está constituido por varios nodos, cada uno de los cuales gestionara y pondrá a disposición de los terminales móviles de su zona de cobertura una selección de frecuencias disponibles. Los nodos deben poder interconectarse

entre sí y con el control central de la red, de manera que se asegure la comunicación de toda la red troncal.

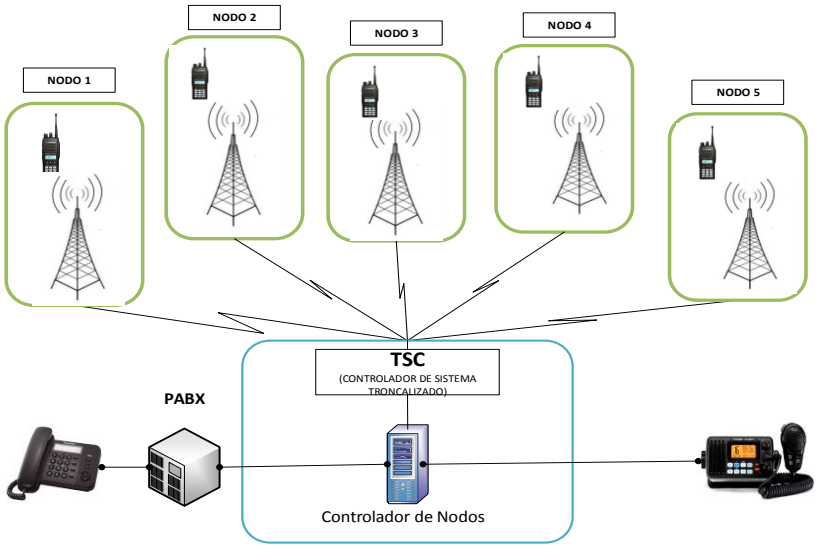


Figura 8. Arquitectura multiemplazamiento.

d.2.6.4.- Dimensionamiento.

El dimensionamiento de un sistema de radiocomunicaciones troncalizado se lo realiza con el objetivo de calcular el número de canales necesarios para dar servicio a un grupo de terminales. Este dimensionamiento también debe estar orientado a cumplir criterios de calidad que estén especificados en el sistema. El dimensionamiento está en función del número de terminales a los que se quiere dar servicio, el tiempo medio de ocupación del canal, el número medio de llamadas que se realizan en la hora pico y la probabilidad de congestión del canal o grado de servicio.

El dimensionamiento se hará para los canales de tráfico, a los cuales habrá que agregarles un canal de control. Como se trata de un sistema que funciona en régimen de espera se utilizara la fórmula de Erlang C. [3]

d.2.6.5.- Tipos de llamada.

En un sistema troncalizado se pueden distinguir los siguientes tipos de llamadas:

- *Llamadas en grupo***.-** Un usuario puede realizar una llamada en la cual todos los miembros de su grupo pueden escuchar la llamada, por lo tanto este se estará comunicando con todos los miembros del grupo y con el operador de la consola de despacho. Aquí la comunicación debe ser posible con todos los miembros del grupo sin importar la localización en su área de cobertura. Este tipo de llamadas se puede realizar ya que los grupos de usuarios tienen asignado un código a los terminales.
- *Llamadas de subgrupo***.-** Aquí la comunicación no se realiza a todos los miembros del grupo sino que se realiza hacia un numero selectivo de usuarios dentro del grupo
- *Llamadas individuales***.-** Son un tipo de llamadas privadas entre dos usuarios selectivo.
- *Llamada de emergencia***.-** En caso de una emergencia se realiza este tipo de llamada mediante un mensaje de alerta hacia el canal de control el cual le asigna a ese usuario la prioridad más alta para establecer la llamada.
- *Llamada simple***.-** Aquí todos los terminales pueden operar sin la necesidad de utilizar la troncalización.

d.2.6.6.- Proceso de llamada en un sistema troncalizado. [5]

En los sistemas troncalizados el establecimiento de una llamada de manera general se da de la siguiente manera:

1. Al presionar el botón PTT, el terminal envía una señal en forma de una Palabra de Señal de Entrada (PSE) hacia el canal de control. La PSE contiene la identificación de la señal de radio (ID) y una indicación del tipo de llamada

que se desea realizar. La PSE es una petición para la localización de un canal de voz cuando se requiere una llamada.

2. El canal de control envía la PSE recibida hacia el controlador central. El controlador central busca dentro de su base de datos una ID de radio correspondiente a la recibida, la PSE contiene la información del grupo de conversación seleccionado. El controlador central actualiza la base de datos para realizar la llamada requerida para el grupo de conversación.
3. El controlador central procesa la PSE y asigna uno de los repetidores libres para el grupo de conversación al que pertenece el usuario que realizó la petición. El controlador central envía una Palabra de Señal de Salida (PSS) sobre el canal de control. La PSS contiene el ID del grupo de conversación y el ID de la unidad de radio que solicito la llamada, así como la información del canal de voz asignado.
4. Todos los radios que están monitoreando el canal de control, reciben la PSS transmitida y examinan el contenido del ID del grupo de conversación en la PSS
5. Todos estos radios asignados al grupo de conversación asociado con el ID del grupo de conversación dentro de la PSS conmutan su frecuencia hacia el canal de voz asignado.
6. El controlador central envía un handshake[2] de baja velocidad (LSHS) sobre el canal de voz. Todos los radios que han conmutado hacia el canal de voz reciben el LSHS. El LSHS causa que todos los radios que lo han recibido activen sus receptores e ingresen al proceso de transmisión.

[2] Handshake: Intercambio de señales estandarizadas entre los dispositivos cuando comienzan las comunicaciones con el objetivo de garantizar la sincronización.

7. En esta inicialización los radios transmiten voz y un tono de conexión sub audible. El tono de conexión es utilizado para informar al controlador de la actividad del canal de voz.
8. El controlador continúa enviando el LSHS dentro del Canal de Voz asignado durante toda la transmisión. Éste es usado para mantener a los radios receptores trabajando dentro del Canal de Voz.
9. Cuando el usuario del radio libera el botón PTT el radio transmite un tono de desconectado hacia el Controlador, indicando que la transmisión ha sido finalizada.
10. Cuando la llamada es completada, los radios de éste grupo de conversación conmutan hacia la frecuencia de canal de control nuevamente. El Canal de Voz asignado anteriormente ahora regresa a estar disponible para otras llamadas.

d.2.6.7.- Servicios de un sistema troncalizado.

Los sistemas troncalizados ofrecen un gran número de servicios a sus usuarios, entre ellos destacan los siguientes:

- Diferentes modalidades de despacho
- Localización automática de un terminal móvil.
- Amplia variedad de equipos terminales.
- Posibilita el establecimiento de las llamadas dependiendo de su prioridad (llamadas de emergencia).
- Posibilidad de efectuar llamadas desde un terminal fijo convencional a una estación móvil (uso de PABX).

d.2.6.8.- Mercado de sistemas troncalizados a nivel mundial.

Los sistemas troncalizados han presentado un notable desarrollo a nivel mundial, la creciente demanda del servicio de comunicaciones móviles privadas ha sido un factor importante para que se requiera de una evolución y desarrollo de este tipo de sistemas. Países como: Estados Unidos, Canadá, Australia, Alemania, Francia, Japón, entre otros son los pioneros en la utilización de este tipo de comunicaciones, en estos países la participación de operadores de sistemas troncalizados han contribuido de manera significativa en el desarrollo y disminución de costos, lo que ha posibilitado la proliferación de los mismos.

En América Latina este tipo de comunicaciones aun no experimenta un desarrollo tan notable como en los países antes mencionados, pero países como México, Argentina y Brasil han tomado la pauta en la implementación de este tipo de sistemas, siendo la empresa Nextel la que lidera el campo de las comunicaciones troncalizadas. [4]

Tabla 4. Principales operadores de servicio troncalizado en América Latina. [6]

PAÍS	OPERADORA
Argentina	Nextel
Brasil	Nextel
Colombia	Avantel
Ecuador	Marconi
México	Nextel
Perú	Nextel
Venezuela	Americatel
Chile	Nextel

d.2.6.9.- Sistemas troncalizados en Ecuador.

En Ecuador los principales usuarios de sistemas troncalizados son: Las Fuerzas Armadas y Policía Nacional. Existen empresas de seguridad y Policía Municipal que también hacen uso de los sistemas troncalizados. En Ecuador las empresas que brindan servicios troncalizados y que han sido registradas en la SUPERTEL son:

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

Las cifras que relacionan la cantidad de usuarios que han sido registrados por las empresas portadores del servicio se detallan en la tabla 5.

Tabla 5. Operadores de sistemas troncalizados en Ecuador.

EMPRESA	NÚMERO DE ABONADOS	PARTICIPACIÓN DEL MERCADO TRONCALIZADO
BRUNACCI	3.015	12,32%
COMOVEC	2.541	10,36%
MARCONI	2.700	11,71%
MONTTCASHIRE	4.755	19,34%
MULTICOM	9.155	34,88%
RACOMDES	2.423	11,56%
Total:	24.589	100%

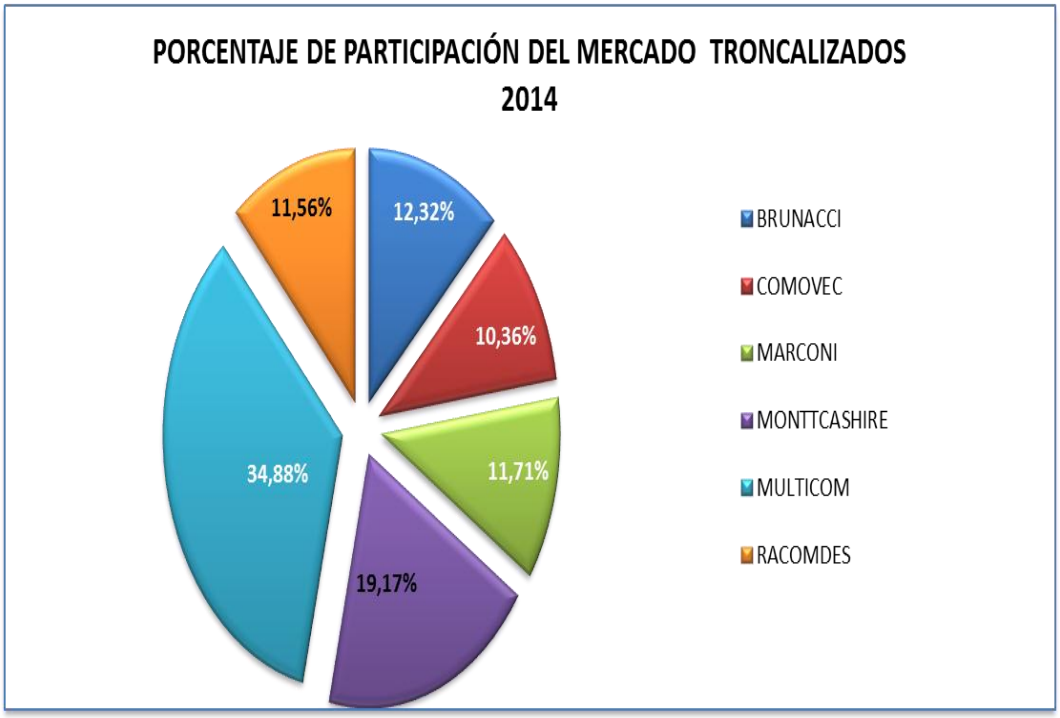


Figura 9. Participación de empresas del mercado de sistemas troncalizados. Fuente: 17

El área de cobertura que cubren cada una de las empresas que brindan el servicio de radiocomunicaciones troncalizados se detalla en la tabla 6.

Tabla 6. Cobertura de las empresas que brindan sistemas troncalizados.

OPERADORA	COBERTURA
BRUNACCI CIA. LTDA	Quito, Santo Domingo de los Tsáchilas, Guayaquil, Machala, Quevedo, Manta, Ambato, Tulcán.
COMOVEC S.A	Quito, Guayaquil, Cuenca, Quevedo, Manta
MONTCASHIRE S.A.	Quito, Guayaquil.
MULTICOM - TELEMÓVIL	Quito, Guayaquil, Babahoyo, Machala, Manta, Portoviejo, Ambato, Riobamba, Cuenca, Santo Domingo de los Tsáchilas, Cotacachi
MARCONI	Guayaquil, Quevedo, Portoviejo, Santo Domingo, Ambato, Quito, Cuenca, Machala, Imbabura.
RACOMDES	Quito, Guayaquil.

d.2.6.10.- Reglamento para la explotación de los sistemas troncalizados en Ecuador [14].

Para la implementación de un sistema troncalizado se debe cumplir con los requerimientos y normas técnicas que se encuentran en el *Reglamento para la Explotación de Sistemas Troncalizados* que dicta el CONATEL. En el reglamento constan aspectos generales y aspectos técnicos como:

- La autorización para operar sistemas troncalizados será fundamentalmente para transmisión y recepción de tráfico de despacho.
- El área de cobertura de un sistema troncalizado se halla definida por el contorno donde la intensidad de campo eléctrico nominal utilizable sea de 38,5 dBµV/m.
- Las estaciones fijas deben emplear antenas direccionales orientadas hacia la estación repetidora. La antena que se utilice deberá producir una radiación

que permita la cobertura mínima necesaria para establecer un enlace satisfactorio. limitando la radiación en otras direcciones.

- La SNT autorizará otras características de altura efectiva de antena transmisora y potencia radiada aparente, siempre que en el estudio de ingeniería se demuestre no sobrepasar los bordes de la zona de asignación con valores de intensidad de campo mayores a 38,5 dB µV/m.
- La relación de protección en RF en el contorno de protección del área de cobertura será de 24 dB para sistemas analógicos y de 17 dB para sistemas digitales.
- Si la instalación de un nuevo sistema troncalizado o una nueva estación fija de un sistema existente, causa interferencia a otras estaciones autorizadas, este nuevo sistema o estación no podrá continuar en funcionamiento mientras no se solucionen las incompatibilidades técnicas detectadas.
- La instalación de las antenas deberá cumplir además con las regulaciones de la Dirección General de Aviación Civil en materia de ubicación y señalización para protección de la aeronavegación.
- Para la instalación y operación de los sistemas troncalizados, las bandas de frecuencias atribuidas se muestran en la tabla 7.

Tabla 7. Bandas de frecuencia para sistemas troncalizados en Ecuador.

BANDAS(MHz)	TECNOLOGÍA
806-811 / 851-855	Digital 25
811-824 / 856-869	Analógica
896-898 / 935-937	Digital 25
902-904 / 932-934	Digital 25

Además de las bandas mencionadas se pueden utilizar bandas adicionales siempre y cuando el CONATEL las apruebe.

La canalización respectiva para cada una de las bandas se muestra en la tabla 8.

Tabla 8. Canalización de las bandas.

Bandas (MHz)	Tx	Rx	Canales	Separación Tx y Rx (MHz)
806-811 / 851-855	806-811	851-855	200	45
811-824 / 856-869	811-824	856-869	500	45
896-898 / 935-937	896-898	935-937	80	39
902-904 / 932-934	902-904	932-934	80	30

d.2.6.11.- Interoperabilidad de los sistemas troncalizados. [15]

Con el objetivo de realizar actividades conjuntas cuando se presenten situaciones especiales o extremas, tal es el caso de catástrofes, los sistemas troncalizados están en la obligación de permitir y participar en la interoperabilidad con otros sistemas troncalizados. Para el efecto los concesionarios deberán compartir infraestructura y hardware de sus sistemas con los demás concesionarios, es decir cada uno de los concesionarios tendrá accesos a toda el área de cobertura de los demás sistemas para mantener la interoperabilidad y poder formar una área de cobertura total que comprenda la suma de todas las áreas individuales de los sistemas, caso de no hacerlo y cumplir con lo dispuesto están sujetos a sanciones por parte del CONATEL.

d.3.- CAPÍTULO III: Estándar TETRA.

El estándar TETRA, fue desarrollado por el Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones (ETSI), se trata de un estándar para comunicaciones móviles privadas troncalizadas de tipo digital, en él, se definen normas y especificaciones de radio que se deben considerar al momento de diseñar una red de comunicaciones PMR. Es un estándar abierto que garantiza la interoperabilidad entre fabricantes.

d.3.1.- Funcionamiento.

La red de comunicaciones móviles privadas basadas en el estándar TETRA tiene un funcionamiento muy similar a las comunicaciones móviles celulares, es decir poseen una disposición celular, donde cada usuario de la red puede registrarse en cualquier celda y transitar por la mismas sin perder la comunicación cuando este realizando una llamada, este proceso se realiza mediante un restablecimiento rápido de llamada, que le permite continuar la comunicación al transitar de una célula a otra. En redes TETRA los usuarios comparten automáticamente los recursos del sistema de manera organizada. Se caracterizan por tener un alto grado de seguridad y confiabilidad y una excelente calidad de voz, que le ha permitido tener una alta funcionalidad en servicios de emergencia y en servicios de coordinación de actividades.

d.3.2.- Arquitectura de red.

En las redes TETRA no se especifica un tipo de arquitectura en particular (anillo, malla, etc.), puede presentarse como cualquiera de ellas, en cada una de las arquitecturas posibles, uno de los aspectos de relevancia son las interfaces que se presentan en la red, ya que son las interfaces las que aseguran el desempeño y funcionalidad.

d.3.3.- Interfaces.

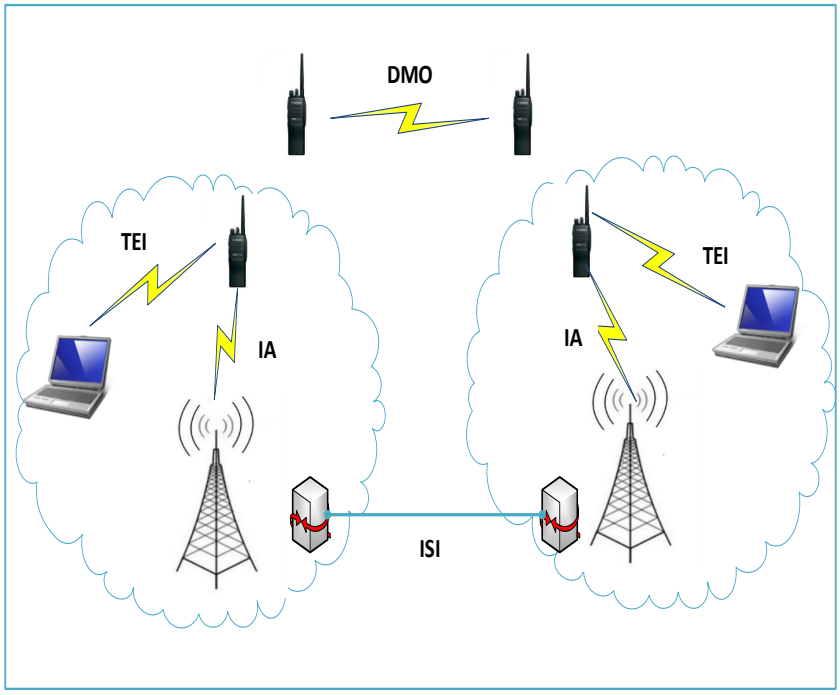


Figura 10. Interfaces en TETRA.

d.3.3.1.- Interfaz Aire (AI).

La interfaz aire es considerada como más importante dentro del estándar, en ella se define el funcionamiento entre las estaciones base y las estaciones móviles, aquí se reglamenta la manera en que se realizarán las comunicaciones entre estación móvil y la estación base. Esta interfaz garantiza interoperabilidad entre los equipos de distintos fabricantes.

d.3.3.2.- Interfaz inter sistema (ISI).

La ISI tiene como objetivo estandarizar la conexión entre dos redes TETRA independientes, que inclusive pueden ser de distintos fabricantes para garantizar la compatibilidad e interoperabilidad.

d.3.3.3.- Interfaz DMO.

En la interfaz DMO se trata aspectos relacionados con la operación en modo directo, es decir la comunicación entre dos terminales móviles si necesidad de utilizar la red troncalizada, mediante este tipo de operación se puede realizar una comunicación directa entre terminales móviles cuando estos ya no se encuentren dentro del área de cobertura de la red.

d.3.3.4.- Interfaz de equipos terminales.

La interfaz de equipos terminales permite la conexión de los terminales móviles con equipos como computadoras o unidades de monitoreo especializados, para permitir utilizar aplicaciones extras.

d.3.3.5.- Otras interfaces.

Además de las interfaces mencionadas existen otras interfaces relacionadas con las comunicaciones en una red TETRA, por ejemplo: la conexión entre unidades de despacho y unidades locales, los sistemas de control, o las conexiones entre estaciones base y los nodos de conmutación y control. Estas interfaces aún no se encuentran estandarizadas por lo que el diseñador de la red puede escoger la manera en la que va a realizar las conexiones.

d.3.4.- Modos de operación de TETRA.

d.3.4.1.- Modo operación troncalizado (TMO).

El TMO es el modo de operación normal en TETRA, aquí los terminales sean fijos o móviles se registran en la estación base, están controlados por la misma y pueden usar todos los servicios permitidos por la red.

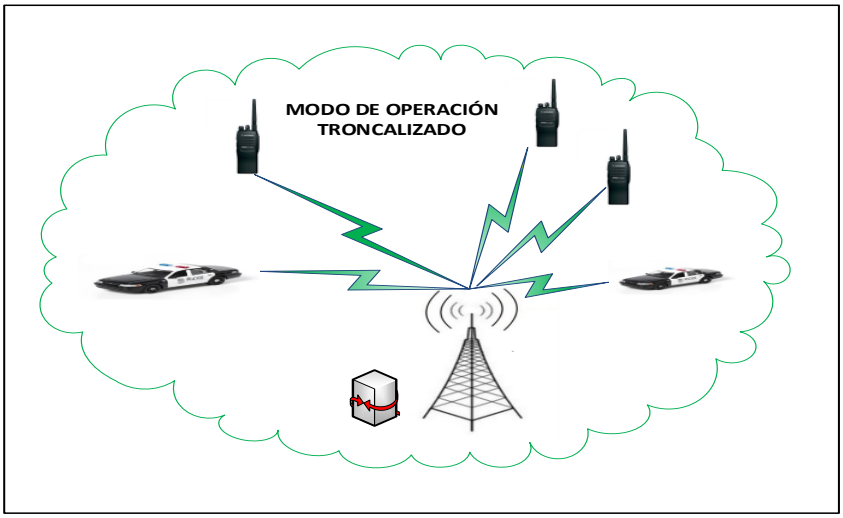


Figura 11. Modo de operación troncalizado.

d.3.4.2.- Modo operación directo (DMO).

El DMO es un requisito en los sistemas PMR, mediante este tipo de operación se permite realizar la comunicación entre terminales que se encuentren fuera del área de cobertura de la red, es decir no utilizan la infraestructura y no consume recursos de la red. Además este tipo de operación se presenta como una solución temporal cuando existe algún fallo en la red.

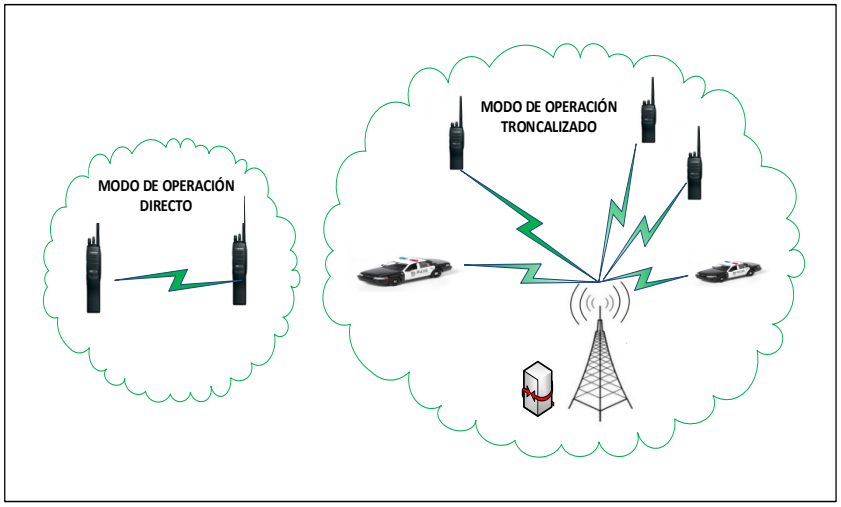


Figura 12. Modo de operación directa.

d.3.4.3.- Modo doble escucha.

En este modo de operación el terminal puede comunicarse con un grupo de terminales que no se encuentren dentro de la red a través del modo de operación DMO y a su vez también puede comunicarse con terminales que se encuentren dentro de la red y estén operando en modo TMO.

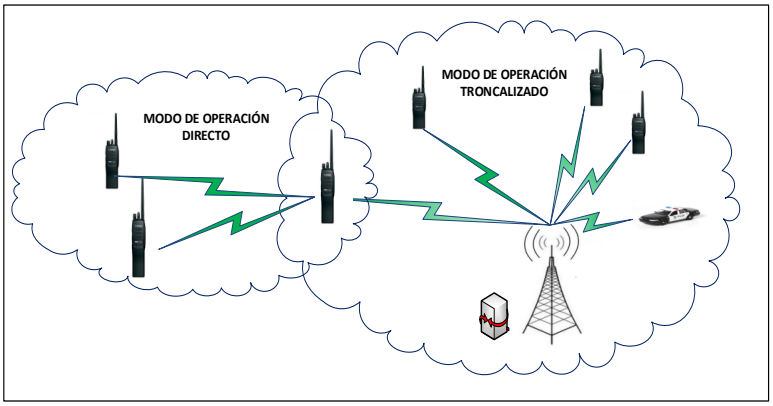


Figura 13. Modo de operación doble escucha.

d.3.4.4.- Modo directo (DMO) vía repetidor DMO

Mediante este modo de operación se puede extender el área de cobertura de los terminales móviles cuando estén funcionando en modo DMO, o también para mejorar la cobertura en zonas muy localizadas.

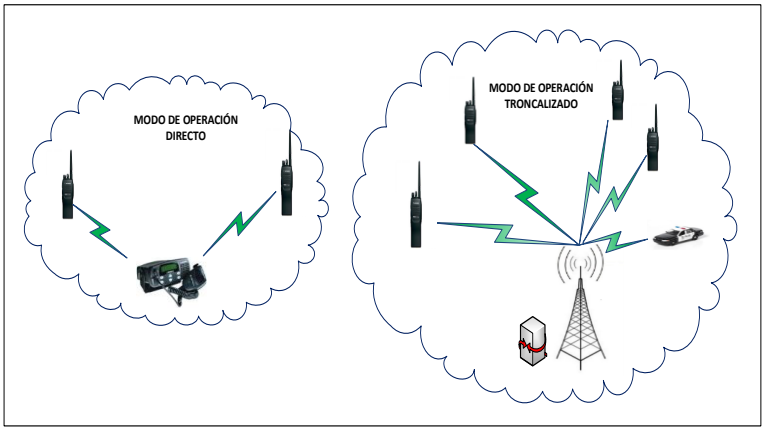


Figura 14. Modo de operación DMO con repetidor.

d.3.5.- Estructura de red TETRA.

La estructura general de una red TETRA está basada en celdas con su respectiva radio bases asociadas que cubren una determinada área geográfica, cada radio base gestiona las peticiones de llamadas que se den centro de su área de cobertura.

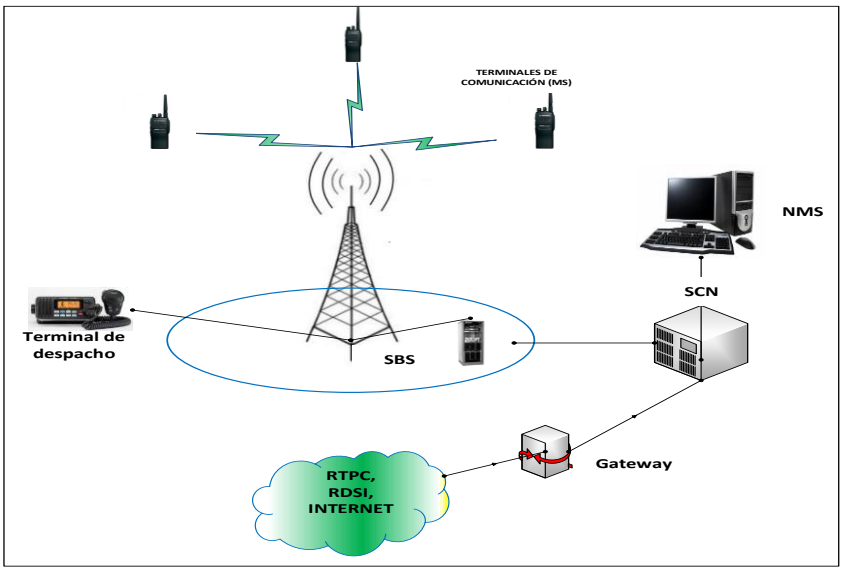


Figura 15. Estructura de una red TETRA.

Los componentes de la estructura de una red TETRA se detallan a continuación:

d.3.5.1.- Estación base.

Las estaciones base se encargan de gestionar la interfaz de aire que permite la comunicación entre las estaciones móviles que se hallan dentro de su radio de cobertura.

d.3.5.2.- Nodo de Conmutación y control (SCN).

En el nodo de conmutación y control se realiza las funciones de troncalización de llamadas mediante la interconexión y administración de las estaciones base, terminales de despacho e interfaces con otras redes. [7]

d.3.5.3.- Sistema de administración de red (NMS).

El NMS es lo más alto en lo que se refiere a la administración de la estructura de una red TETRA. Con el NMS se puede efectuar un administración remota de las SCNs, para así lograr una centralización de la funciones de monitoreo y control de la red.

d.3.5.4.- Terminales de comunicación.

Son los equipos con los cuentan los usuarios para realizar la comunicación. Las funcionalidades de los distintos terminales deberán cumplir con los parámetros que establece el estándar TETRA. Por ejemplo los equipos terminales de TETRA tienen la capacidad de conmutar entre los distintos modos de operación que especifica la norma (*DMO o TMO*).

d.3.5.5.- Terminales de despacho.

Desde los terminales de despacho un operador puede tener acceso al sistema y establecer comunicaciones con un terminal o un grupo de terminales.

d.3.5.6.- Interfaces de conexión.

Una red TETRA puede conectarse con redes externas como son (RDSI, RTPC, internet,), mediante interfaces que sirven como puertas de enlace, un ejemplo puede ser un router que sirve como puerta de enlace para establecer comunicaciones de datos o acceder a internet.

d.3.6.- Capas del protocolo TETRA.

Al tratarse de un sistema digital, el stack de protocolos de TETRA también se encuentra estructurado por capas, tomando como referencia el modelo OSI podemos establecer las siguientes capas y su respectiva analogía con las capas del modelo OSI.

Tabla 9. Capas OSI vs TETRA

OSI	TETRA	
Aplicación	Capa 3	Protocolos de soporte para servicio de voz y datos, señalización y control.
Presentación		
Sesión		
Transporte		
Red		
Enlace de Datos	Capa 2	LLC
		MAC
Física	Capa 1	(Física)

d.3.6.1.- Capa 1.

En esta capa se definen los parámetros relacionados con el interfaz aire, es decir se especifican parámetros de RF como: modulación y demodulación, transmisión y recepción**,** ajustes de frecuencia, canales **y c**ontrol de potencia.

d.3.6.2.- Capa 2.

- *Capa de control de acceso al medio MAC.* En la capa MAC se definen parámetros relacionados con el método de acceso al canal de radio TDMA y la codificación de canal.
- *Capa de control de enlace lógico***.** La capa LLC se encarga de proporcionar un enlace fiable entre BS y MS.

d.3.6.3.- Capa 3.

En la capa 3 se manejan los procedimientos de red: protocolos de soporte para los servicios de voz, datos, para señalización y control

d.3.7.- Descripción de la tecnología.

d.3.7.1.- Frecuencias de operación.

TETRA es un estándar Europeo que ha sido diseñado según las normas de los países que pertenecen a ese continente, aunque por sus altas prestaciones ya se ha consolidado como estándar mundial, por lo tanto permite operar en un amplio rango de frecuencias alrededor del mundo, este rango de frecuencias va desde 380 – 921 MHz. No obstante la asignación de frecuencias para los sistemas troncalizados digitales está determinada por las normas que regulan el espectro en el país que se instale una red troncalizada TETRA. Las bandas de frecuencia en las que opera se muestran en la tabla 10.

Tabla 10. Frecuencias de operación de TETRA

FRECUENCIA	APLICACIÓN
380 - 430	Fuerzas de seguridad.
410 – 430	PAMR.
450 – 470	PAMR.
870/876 – 915/921	PAMR.

Además se define que el enlace ascendente (MS a BS) se usara la banda inferior, mientras que para el enlace descendente (BS a MS) se utilizara la banda superior.

d.3.7.2.- Eficiencia espectral.

TETRA es el estándar que posee una mayor eficiencia espectral comparada con sistemas móviles celulares o sistemas de PMR tradicionales, esto se logra ya que dispone solo de 25 KHz de ancho de banda para colocar 4 canales.

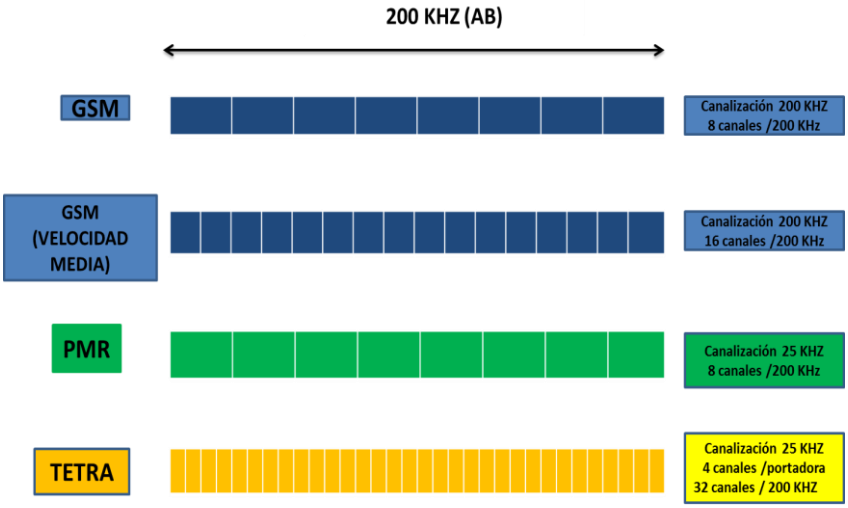


Figura 16. Eficiencia espectral TETRA vs GSM y PMR tradicional.

d.3.7.3.- Método de acceso TDMA.

El estándar TETRA utiliza la técnica de acceso al medio TDMA que permite utilizar hasta 4 time slot por cada portadora lo que da como resultado una alta eficiencia espectral. La separación entre portadoras es de 25 KHz La transmisión de voz utiliza un único time slot, mientras que la transmisión de datos pueden utilizar hasta 4 time slot, inclusive voz y datos se pueden transmitir simultáneamente en time slot diferentes.

El slot de tiempo tiene una duración de 14.167 ms con una velocidad de transmisión de 36 Kbps. La duración de los time slot tienen una duración de 255 símbolos. En los enlaces de bajada los paquetes son transmitidos de forma discontinua mientras que para el enlace de subida se lo hace de forma continua.

Con TDMA la transmisión de voz se puede dar en modo full dúplex con un transceptor que es halfdúplex, esto es posible ya que los enlaces de subida y bajada se encuentran desfasados 2 time slot.

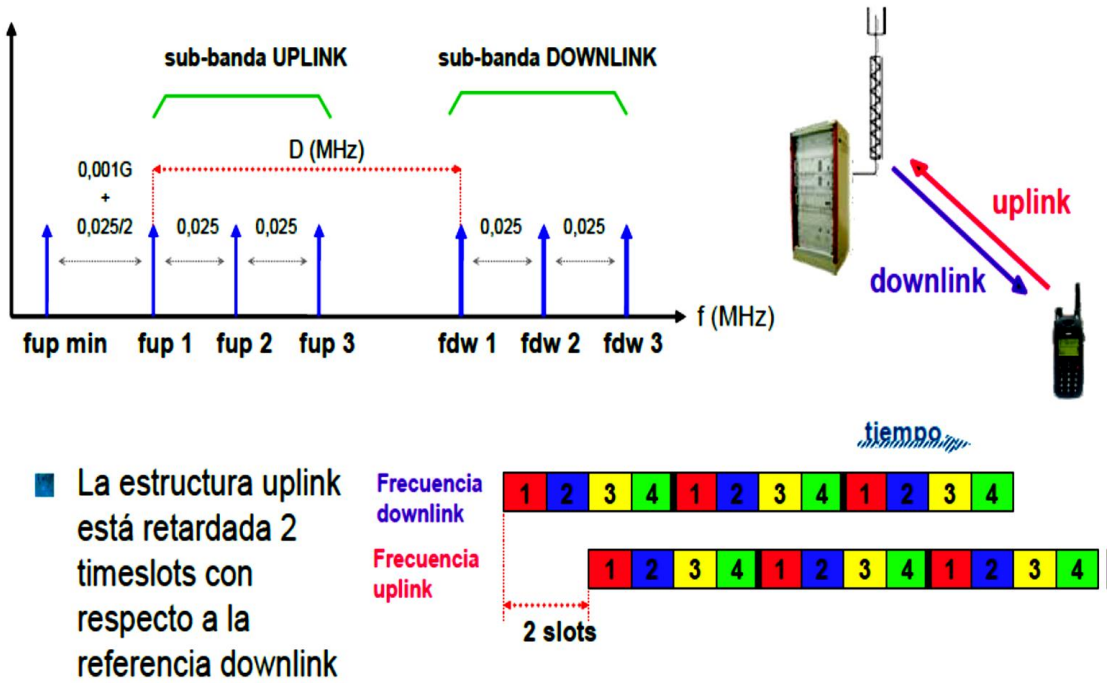


Figura 17. Acceso Múltiple TDMA. Fuente: [22]

Estructura de tramas

La estructura de tramas en TDMA sigue una secuencia jerárquica: time slot, trama, multitrama, hipertrama. Como sabemos que cada portadora posee 4 time slot, estos 4 time slot se los conoce como tramas. Las tramas son transmitidas a aproximadamente 56.67 ms y son identificadas con su respectivo número de trama (FN), las tramas se enumeran del 1-18, la trama FN18 se la utiliza de manera exclusiva para los canales de control, esto se lo realiza ya que las 17 tramas restantes se hacen cargo de la información que pudiera ser transmitida en la FN18. Luego las tramas conforman una estructura multitrama que comprende 18 tramas, esta multitrama tiene una duración de 1.2 ms y se enumeran cíclicamente del 1-60 con su respectivo MN. Las hipertramas finalmente son una estructura de 16 multitramas su duración es de 61.2 s aproximadamente.

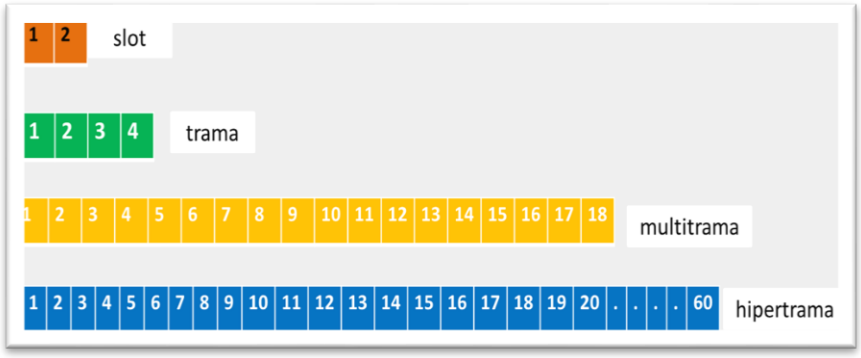


Figura 18. Estructura de tramas en TDMA.

d.3.7.4.- Modulación.

TETRA utiliza la Modulación por Desplazamiento de Fase Diferencial Cuaternaria ($\pi/4 - DQPSK$), con una velocidad de modulación de 36 Kbps. Se trata de una modulación de fase diferencial con 8 símbolos posibles separados cada uno por π/4. La constelación de este tipo de modulación puede verse como dos constelaciones QPSK idénticas desfasadas π/4 una con respecto a la otra, donde los símbolos pares tienen transiciones de 0, π/2, π, - π/2; mientras que los símbolos impares tienen transiciones de π/4, 3π/4, - 3π/4, - π/4 como se muestra en figura 19.

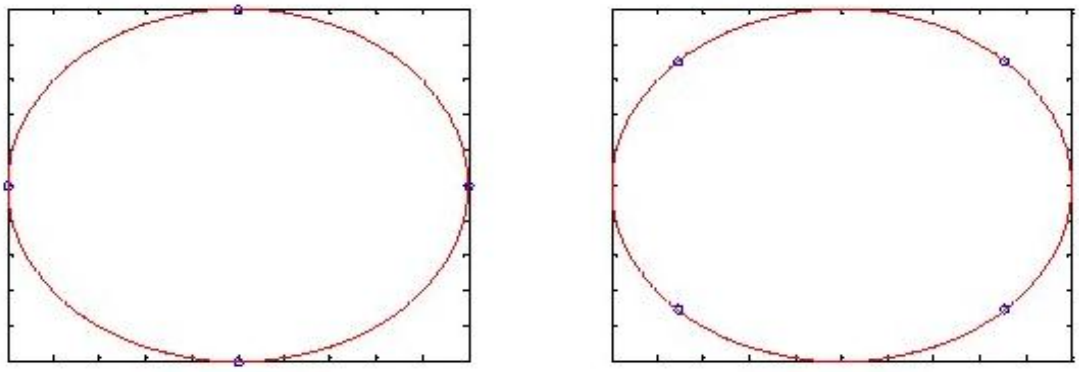


Figura 19. Constelaciones QPSK desfasadas π/4

Las transiciones de fase para la modulación $\pi/4 - DQPSK$ están dadas por los símbolos que se muestran en la tabla 11.

Tabla 11. Transiciones de fase para la modulación π/4 -DQPSK.

B(2k-1)	B(2k)	FASE
1	1	- 3π/4
0	1	3π/4
0	0	π/4
1	0	- π/4

En este tipo de modulación cada símbolo define el cambio entre la fase actual y la fase siguiente a la transición (modulación diferencial), este tipo de modulación permite al receptor analizar solamente el ángulo que vario con el cambio de fase, reduciendo de esta manera el diseño del receptor.

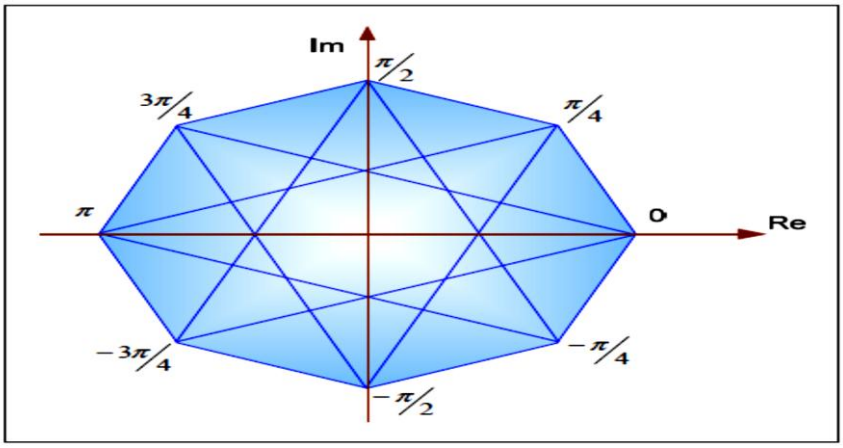


Figura 20. Constelación π/4 –DQPSK. Fuente: [4]

En el caso de un símbolo que se reciba de manera errónea, los dos bit del símbolo pueden ser recibidos erróneamente. Los errores más comunes se presentan entre símbolos vecinos, con la finalidad de resolver este inconveniente se utiliza la codificación de Gray. Las características de este tipo de modulación son: Robusta y fiable, sencilla de implementar, eficiente y de fácil demodulación.

d.3.7.5.- Canales en TETRA.

Se definen 2 tipos de canales en el estándar: canales físicos y canales lógicos.

d.3.7.5.1.- Canales físicos.

Un canal físico es definido por un par de portadoras de radio frecuencias (ascendente y descendente), y un numero de time slot [19]. Existen cuatro canales físicos disponibles por portadora, de entre los cuales se distinguen tres tipos de canales físicos:

- **Canales físicos de control.** Se trata de un canal dedicado de uso exclusivo para el control. Se pueden distinguir 2 tipos de canal de control: El canal de control principal que se establece en el primer time slot de una trama de la portadora; y el canal de control ampliado que es un canal auxiliar para cuando se requiera más capacidad de señalización.
- **Canales físicos de tráfico.** Es de uso exclusivo para el tráfico ya sea de voz o datos. Son portadores de los canales lógicos de tráfico.
- **Canal físico no asignado.** Este canal no es asignado a ningún móvil, se lo suele usar para transmitir información de relleno.

d.3.7.5.2.- Canales lógicos.

Un canal lógico es definido como un camino de comunicación lógico entre dos o más elementos de red. Representan el interfaz entre el protocolo y el sub-sistema de radio. [19]. Los canales lógicos se distinguen por el tipo de información que transmiten entre las BS y los MS, los cuales son:

- **Canales lógicos de control.** En estos canales se transmite exclusivamente los mensajes de señalización o mensajes de información.

- **Canales lógicos de tráfico.** Los canales lógicos de tráfico son los que transportan la información (voz o datos), se tienen dos tipos de canales: los canales de tráfico de voz y los canales de tráfico que transportan datos a distintas velocidades (7.2 Kbps, 4.8 Kbps, 2.4 Kbps.).

d.3.7.6.- Potencia de emisión.

El estándar define parámetros de potencia para los terminales y estaciones base.

Potencia para Estaciones base.- El estándar define niveles de potencia para las estaciones base, las potencias se especifican en la tabla 12.

Tabla 12. Potencias para BS.

ESTACIÓN BASE (BS)		
CLASE	Potencia	
	Watt	dBm
1	40	46
2	25	44
3	15	42
4	10	40
5	6.3	38
6	4	36
7	2.5	34
8	1.6	32
9	1	30
10	0.6	28

Potencia para las terminales móviles.- Al igual que para las BS la norma ha definido niveles de potencia para las MS, las potencias para las MS se especifican en la tabla 13.

Tabla 13. Potencia para MS.

ESTACIÓN BASE (BS)		
CLASE	Potencia	
	Vatios	dBm
1	30	45
1L	17.5	42.5
2	10	40
2L	5.6	37.5
3	3	35
3L	1.8	32.5
4	1	30
4L	O.56	27.5

d.3.7.7.- Control de potencia

El control de potencia en TETRA se enmarca a solventar aspectos relacionados con:

- *Interferencia en el sistema*.- reduciendo la potencia pero garantizando la calidad del enlace.
- *Duración de las baterías de los terminales móviles.*- reduciendo el consumo de las baterías ajustando la potencia de los MS en dependencia de la distancia a la que se encuentren de las BS.

En TETRA se definen 2 métodos de control de potencia:

- **Control de potencia de bucle abierto**.- el mismo que es implementado en el MS. Aquí el MS adapta la potencia en dependencia de la calidad de la señal que recibe de la estación base.
- **Control de potencia de bucle cerrado.-** aquí la BS le indica a la MS la potencia a la que debe transmitir, tomando como datos de referencia la potencia que recibe de la MS.

d.4.- CAPÍTULO IV: Diseño y simulación.

Al realizar el diseño de sistemas de radiocomunicaciones troncalizados se requieren considerar aspectos relacionados con el análisis del terreno donde se implementara el sistema, el estudio de cobertura para comprobar el alcance de la red, un estudio de tráfico para el dimensionamiento de los canales de tráfico que se requieren y el análisis la infraestructura de red que se quiere instalar.

d.4.1.- Análisis del terreno.

El análisis de terreno permite obtener información necesaria para empezar a trabajar en el diseño, por medio de este análisis se puede determinar el relieve del área a cubrir y tener una buena apreciación de las elevaciones que se encuentren en los alrededores y determinar el lugar adecuado para instalar la estación base.

Se realizó el análisis de terreno para la ciudad de Loja, lugar que se quiere dar cobertura con el sistema TETRA. La cuidad de Loja está ubicada en la región sur del país en las coordenadas que se muestran en la tabla 14.

Tabla 14. Coordenadas geográficas de la cuidad de Loja.

COORDENADAS GEOGRÁFICAS	
LATITUD	3°59’26’’ S
LONGITUD	79°12’18’’ O

Loja tiene una superficie total de 57 Km^2. Como se aprecia en la figura 21, la parte céntrica de la ciudad tiene la característica de ser un valle, a sus alrededores se observan una serie de elevaciones que pueden llegar a ser las idóneas para instalar la estación base en el caso de requerir una extensión considerablemente amplia de cobertura.

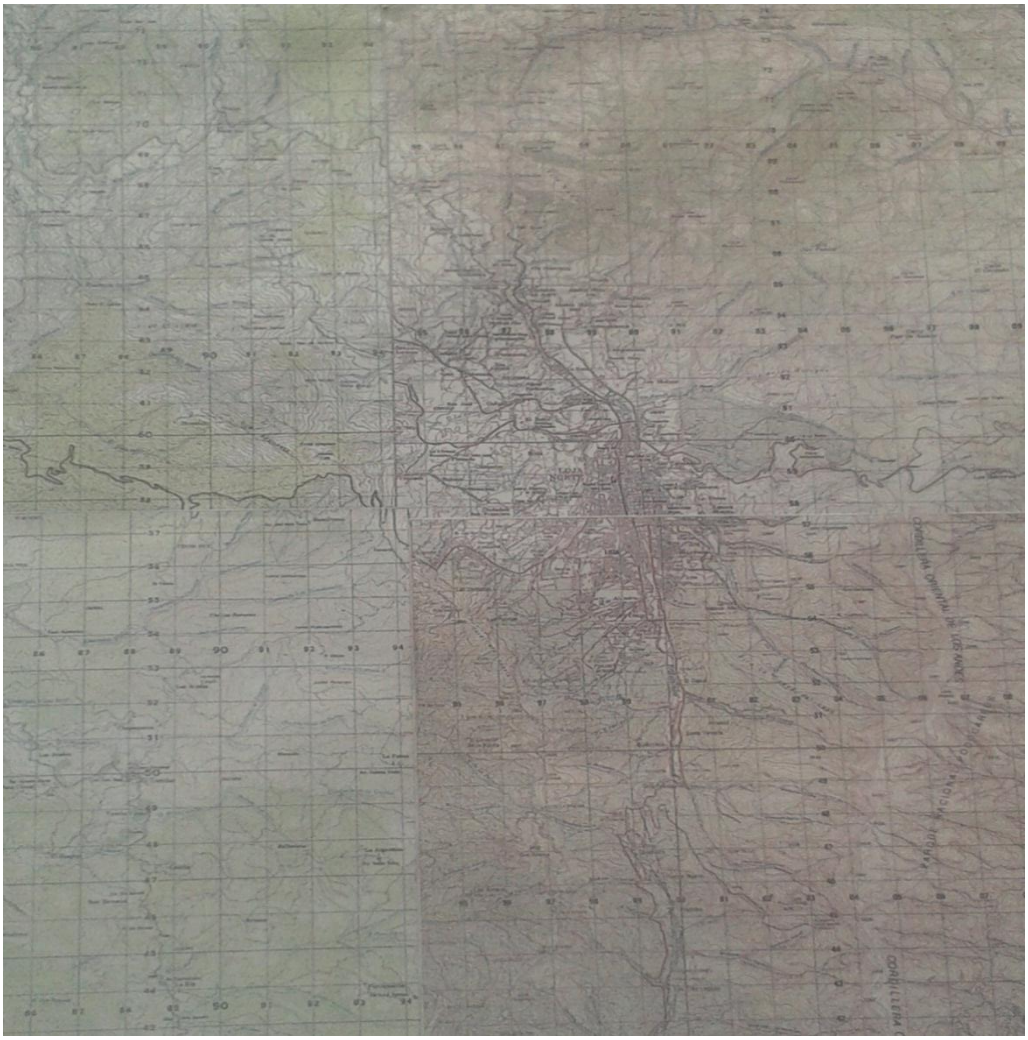


Figura 21. Cartas topográficas para análisis de terreno de la ciudad de Loja.

d.4.1.1.- Altura sobre el nivel medio del terreno.

Para obtener el nivel medio del terreno se hiso uso de la herramienta HAAT del software Radio Mobile, mediante esta herramienta, además del nivel medio del terreno se obtuvo un valor para la altura de la antena medido sobre el nivel medio del terreno, el HAAT se lo utiliza ampliamente en la predicción de coberturas de sistemas de radio. Los datos que se especificaron son los siguientes:

- La torre de telecomunicaciones que se la denomino estación base TETRA, tiene una altura de 30 m y está ubicada en las coordenadas geográficas que se indican en la tabla 15.

Tabla 15. Coordenadas geográficas BS TETRA.

COORDENADAS GEOGRÁFICAS BS TETRA	
Latitud	4°00’24,8’’ S
Longitud	79°11’46,6’’ O

- Los ángulos para las mediciones del terreno fueron de 30°, el número de puntos por radial fue de 200 iniciando la medición a 100 m con un intervalo de medición de 100 m. En la figura 22 se puede observar los parámetros configurados.

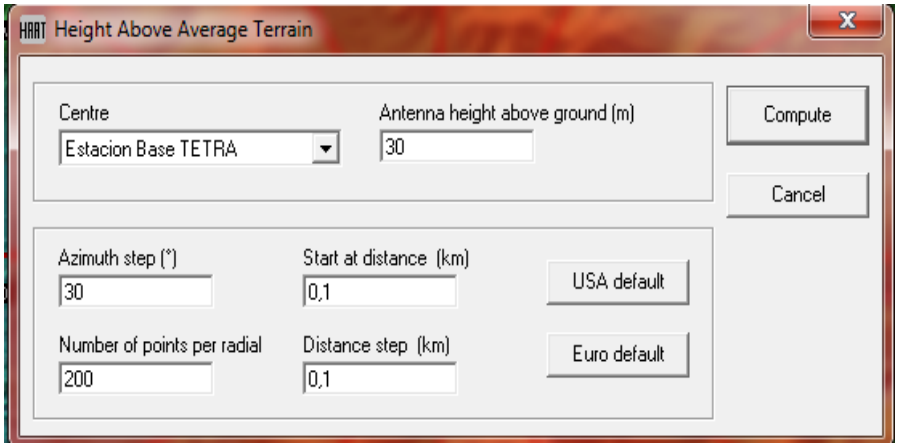


Figura 22. Parámetros para obtener el HAAT.

En la tabla 16 se especifican los resultados que se obtuvieron.

Tabla 16. HAAT.

Coordenadas geográficas de la antena.	**Latitud:**	**04°00'25"S**
	Longitud:	079°11'47"W
Elevación del terreno.		2177 (m)
Elevación de la antena sobre el mar.		2207 (m)
Nivel medio del terreno.		2297,12 (m)
HAAT.		-90,11 (m)

El resultado negativo del HAAT se interpreta como que la altura media del terreno se encuentra por encima de la altura donde se ubicaran las antenas en la torre de la estación base TETRA.

d.4.1.2.- Perfiles de terreno.

Para elaborar los perfiles de terreno se partió de la información relacionada con el área de funcionamiento del SIMERT para tener una aproximación del área a servir por el sistema.

Considerando los requerimientos y normas técnicas de sistemas troncalizados, que dispone que, para el análisis del terreno se debe partir del lugar donde se ubicara la estación base y se deben efectuar mediciones de alturas de terreno hecho a azimuts de 30° partiendo desde el norte y en sentido de las manecillas del reloj hasta llegar al radio de cobertura que desea alcanzar, las distancias entre los puntos de medición hasta alcanzar el radio necesario se los puede elegir en base a los requerimientos del sistema, se especifica que las mediciones se las puede realizar cada 5 Km, pero esta distancia puede ser modificable.

Como se recalcó en la sección anterior la estación base TETRA se ubicará en las inmediaciones de UMAPAL. Se eligió este sitio por algunos criterios:

*Ubicación***:** está ubicada en una de las elevaciones que se encuentra cerca de la parte céntrica de la ciudad a una altura considerable que permitirá una buena cobertura.

*Infraestructura propia***:** Este es el aspecto que influencio mucho en la decisión de la ubicación de la estación base, ya que por ser propia del Municipio se evitarían gastos innecesarios relacionados con arrendamientos de torres e infraestructura que se requieren para los equipos.

Los pasos que se siguieron para la obtención de los perfiles del terreno se describen a continuación:

- Haciendo uso del software Google Earth se procedió a ubicar una marca de posición en las coordenadas de la estación base TETRA, la cual representa la estación base propuesta.
- Una vez ubicada la estación base y con ayuda de la herramienta regla que posee Google Earth se procede a tomar datos referentes a la altura de la cuidad. Los datos de altura se los toma a cada 100 m de distancia desde la estación base hasta llegar a un radio de 20 Km.
- Los azimut de medición para los perfiles son de 30° hasta llegar a los 360° alrededor de la estación base y se los realizo en sentido de las manecillas del reloj. Tal como lo establece el organismo de control. Cabe recalcar que el azimut 0° representa el norte geográfico.

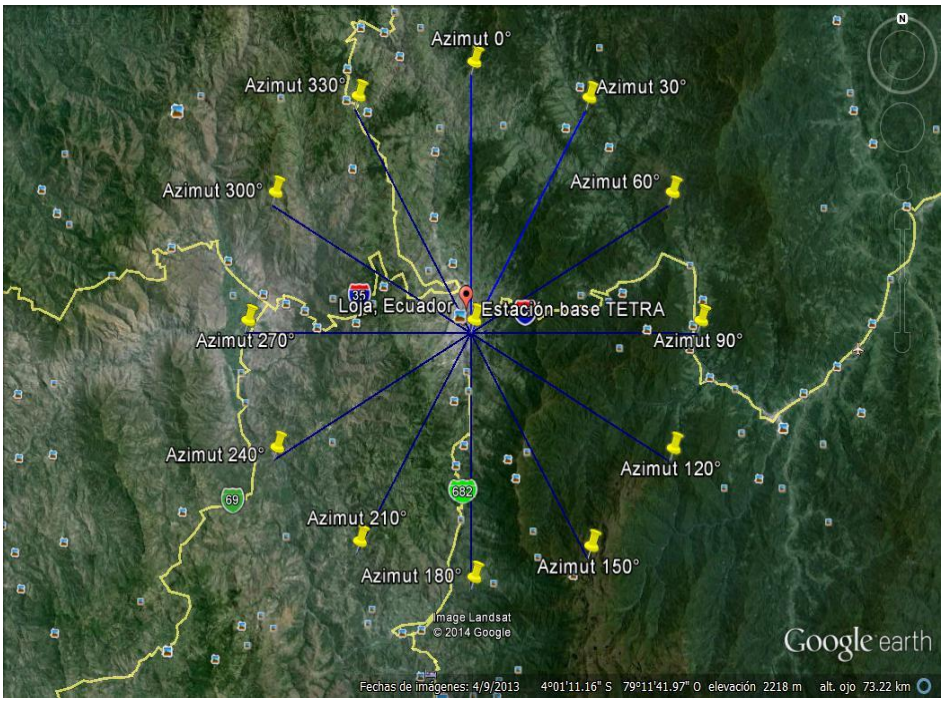


Figura 23. Azimut cada 30° para obtener los perfiles de terreno.

- Una vez recolectado los datos necesarios: altura y distancia para cada uno de los azimut se procedió a graficarlos. La gráfica del perfil de terreno para el azimut 0° se presenta en la figura 24, el resto de perfiles se presenta en el anexo A.

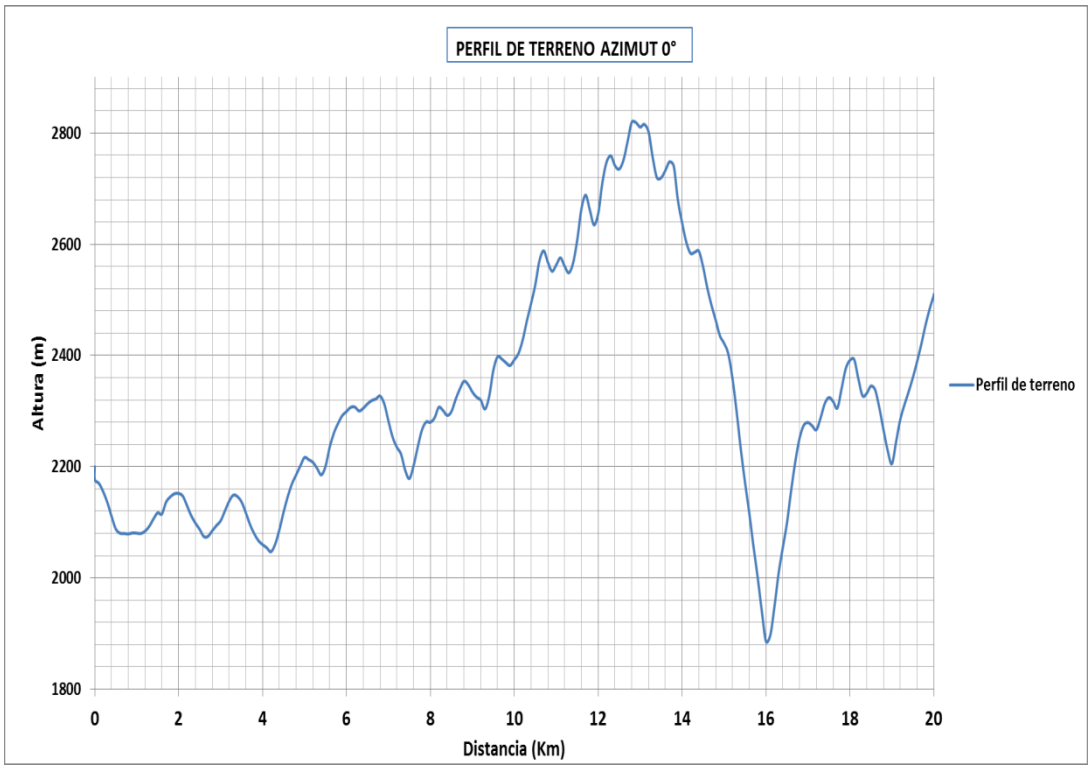


Figura 24. Perfil de terreno azimut 0°.

d.4.2.- Determinación del área de cobertura.

Para determinar el área de cobertura se deben tener en cuenta las consideraciones del CONATEL para sistemas troncalizados, el cual expresa que: El área de cobertura de un sistema troncalizado se halla definido por el contorno donde la intensidad de campo eléctrico nominal utilizable sea de 38,5 dBµV/m, medida que es considerada como límite para garantizar que las comunicaciones se den de forma adecuada y no presenten inconvenientes.

d.4.2.1.- Parámetros utilizados para la determinación del área de cobertura.

Tomando en cuenta lo establecido por el CONATEL y las frecuencias en las que operan los sistemas TETRA, se eligió la banda de frecuencia de 800 MHz.

Las potencias de transmisión que se utilizaron son potencias que se encuentran especificadas en la hoja de datos de las BTS, terminales móviles y terminales portátiles que serán propuestos en el diseño del sistema. Los valores son: 10 W, 10 W y 1,8 W respectivamente.

Las alturas de las antenas tanto para estación base, terminales móviles y terminales portátiles son como sigue: Con el objetivo de lograr la máxima radiación electromagnética posible y obtener una mayor cobertura de la señal y por ende un mayor alcance, la antena será colocada en la cima de la torre de telecomunicaciones de la estación base la cual tiene una altura de 30 m medidos sobre el nivel del suelo, por lo tanto la altura de la antena ubicada en la torre de telecomunicación de la BS para el cálculo, diseño y simulación será de 30 m. La altura promedio a la cual se ubicaran los terminales móviles y portátiles será de 1,5 m, y considerando este aspecto tenemos que la altura de las antenas de los terminales será de 1,5 m.

La ganancia de las antenas son las siguientes: 11 dBi para la antena de la estación base, 5 dBi para los terminales móviles y 0 dBi para los terminales portátiles.

La longitud del cable de alimentación es de 10 m el cual posee una atenuación de 25,2 dB/100m.

En lo que se refiere a atenuación, además de la atenuación ocasionada por el cable de alimentación, en los cálculos se tiene en cuenta la perdida en el trayecto de la señal producida por los edificios, ya que estos producen reflexiones en el trayecto de la señal

hasta que la misma llegue al receptor. Datos experimentales señalan que es necesario adicionar una pérdida de 10 dB.

La sensibilidad de recepción tanto para estación base, terminales móviles y portátiles es de -121 dBm y -103 dBm respectivamente.

Todos los datos fueron tomados de las hojas de especificaciones de los equipos que serán propuestos en el diseño del sistema. En la tabla 17 se resumen los parámetros mencionados.

Tabla 17. Parámetros para determinación de cobertura.

PARÁMETRO	VALOR
Frecuencia.	800 MHz.
Potencia de transmisión.	BTS. = 10 W Terminal móvil. = 10 W Terminal portátil. = 1,8W
Altura de antenas.	Antena ubicada en la torre de la BS =30 m. Antena para terminales móviles. = 1,5 m Antena para terminales portátiles = 1,5 m
Ganancia de antenas.	Antena ubicada en la torre de la BS =11dBi. Antena de terminales móviles. = 5 dBi Antena de terminales portátiles. = 0 dBi
Longitud del alimentador.	10 m.
Atenuación del alimentador.	25,2 dB/100m.
Atenuación por Edificios.	10 dB.
Sensibilidad de recepción.	BTS. = -121 dBm. Terminales móviles. = -103 dBm Terminales portátiles. = -103 dBm.

d.4.2.2.- Fórmulas para determinar el área de cobertura.

Para el cálculo del campo eléctrico en unidades dBμV/m en el espacio libre tenemos:

$$E_0\left(dB\frac{uV}{m}\right) = 74{,}8 + PRA\ (dB) - 20\log(D) \qquad \textbf{Ec. 1}$$

Dónde:

$PRA\ (dB)$= Potencia radiada aparente.

D = Distancia del enlace (Km).

E_0=Campo eléctrico en el espacio libre.

Para la potencia radiada aparente tenemos:

$$PRA\ (dB) = P_t(dB) - l_a * a_a - Lp_t + G_t$$

$$\boldsymbol{Ec.2}$$

Dónde:

$PRA\ (dB)$= Potencia radiada Parente.

$P_t(dB)$= Potencia del transmisor (dB).

l_a= Longitud el alimentador (m).

a_a= Atenuación del alimentador (dB/100m).

Lp_t= Pérdidas pasivas del transmisor.

G_t= Ganancia antena de transmisión en dBd.

Para la intensidad de campo eléctrico también se considera tanto las atenuaciones presentes como así como el margen de desvanecimiento de la señal.

$$E = E_0 - atenuaciones - FM$$

$$\boldsymbol{Ec.3}$$

En el caso que el trayecto de propagación se presente una elevación de terreno tenemos el monograma para calcular las atenuaciones que se muestra en la figura 25.

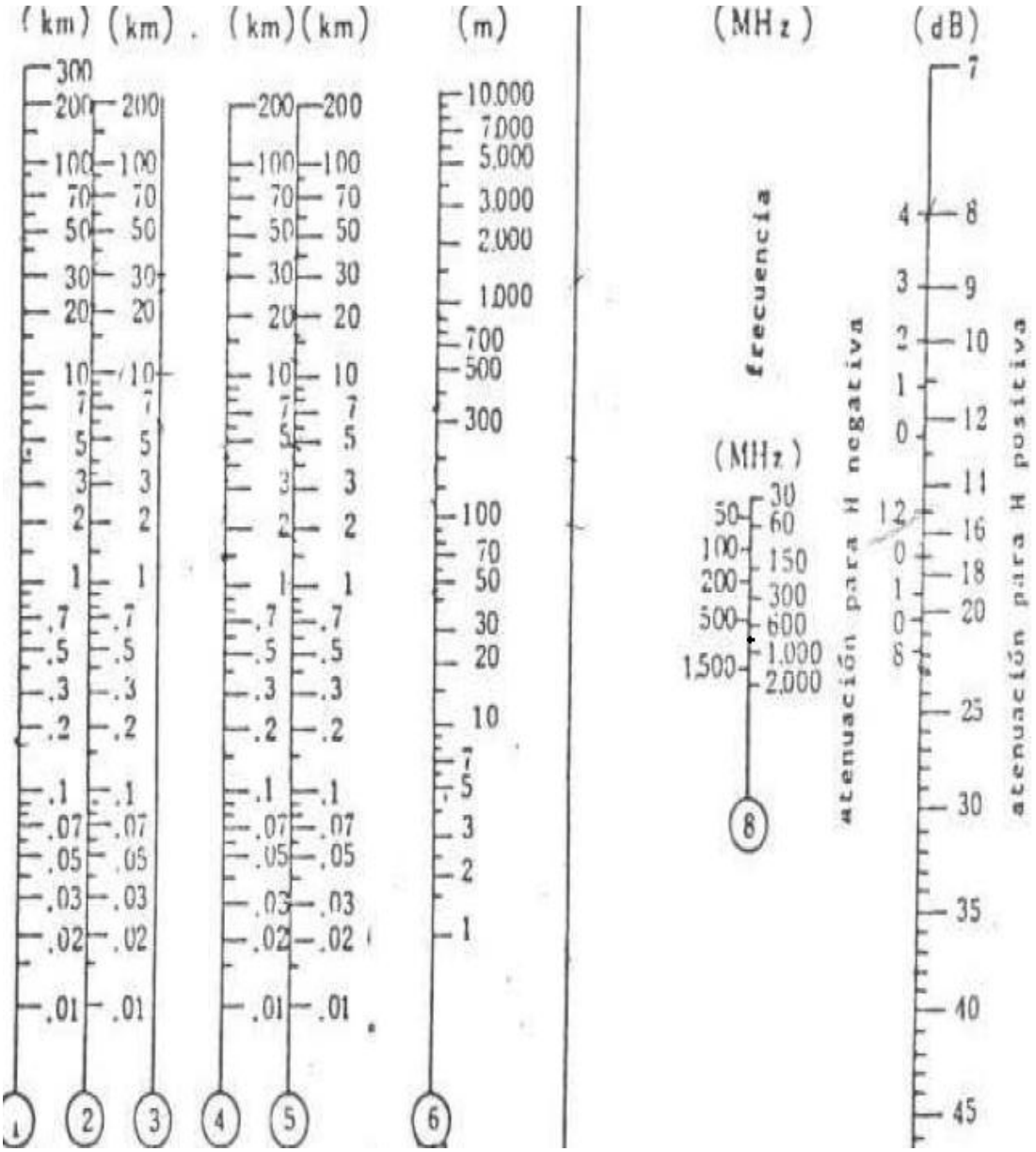


Figura 25. Monograma para atenuación por elevaciones de terreno. Fuente: [5]

Para el margen de desvanecimiento:

$$FM(dB) = 30\log(D) + 10\log(6ABf) - 10\log(1-R) - 70 \qquad \boldsymbol{Ec.4}$$

Dónde:

$FM(dB)$ = Margen de desvanecimiento.

D= Distancia del enlace (Km).

A= Factor de rigurosidad del terreno.

B= Factor de probabilidad.

f= frecuencia (GHz).

R= Factor de Conversión de Probabilidad.

d.4.2.3.- Cálculo de cobertura.

Para el cálculo de cobertura se hace uso de las fórmulas expuestas en el apartado anterior. Para las perdidas debido a obstáculos se usó los perfiles de terreno y el monograma de obstáculos.

Como demostración de aplicación de fórmulas y monograma se realiza el cálculo para el azimut 0° a una distancia de 3,5 Km. Al final se expone un cuadro con los resultados obtenidos para todos los azimut.

- **Potencia radiada aparente.**

$$PRA\ (dB) = P_t(dB) - l_a * a_a - Lp_t + G_t$$

$$P_t(dB) = 10\log(10W) = 10\ dB$$

$$PRA\ (dB) = 10\ dB - 10m * \frac{25{,}2\ dB}{100\ m} - 0dB + 8{,}84\ dBd = 16{,}32\ dB$$

- **Atenuación debida a obstáculos.**

En la figura 26 se observa el perfil de terreno para el azimut 0°, se observa que a una distancia de 3,5 Km el trayecto del rayo se ve obstaculizado por una elevación, utilizando el monograma nos da una atenuación de 16 dB.

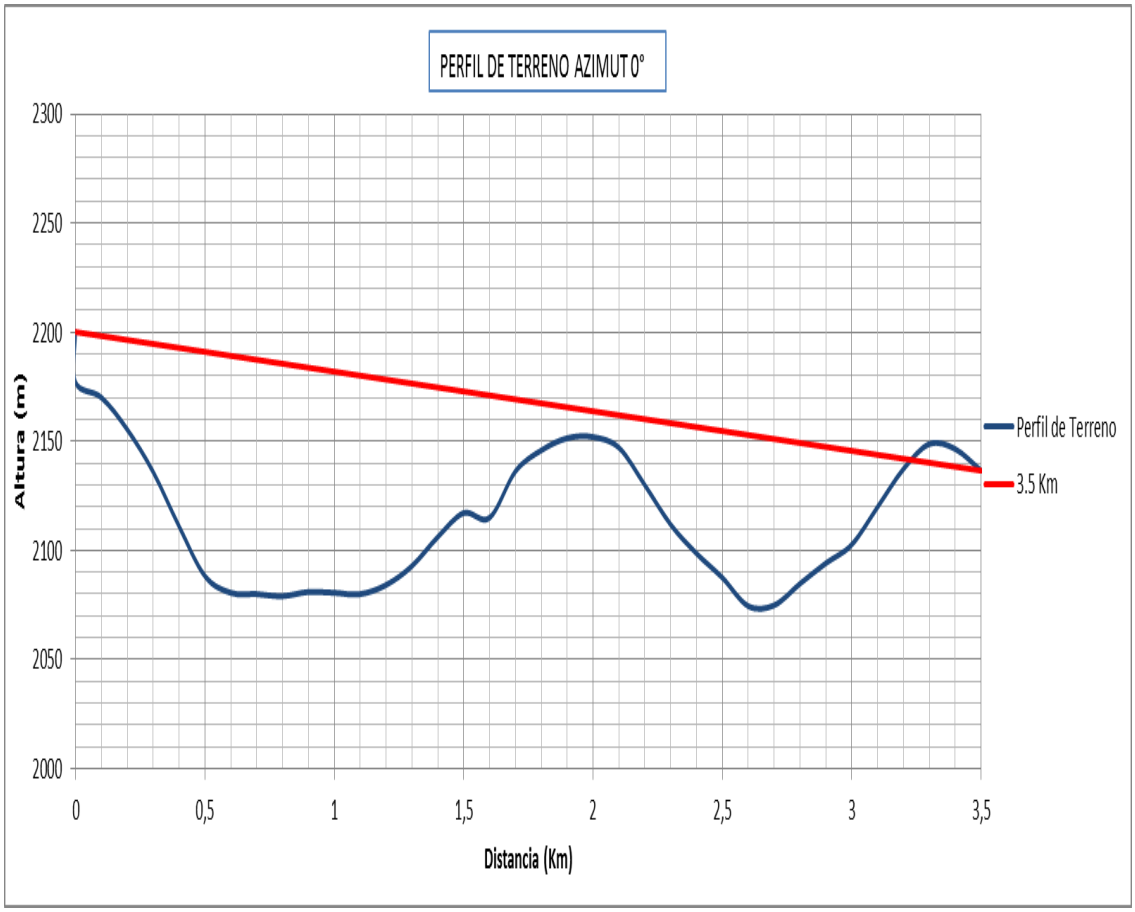


Figura 26. Trayectoria de enlace a 3,5 Km.

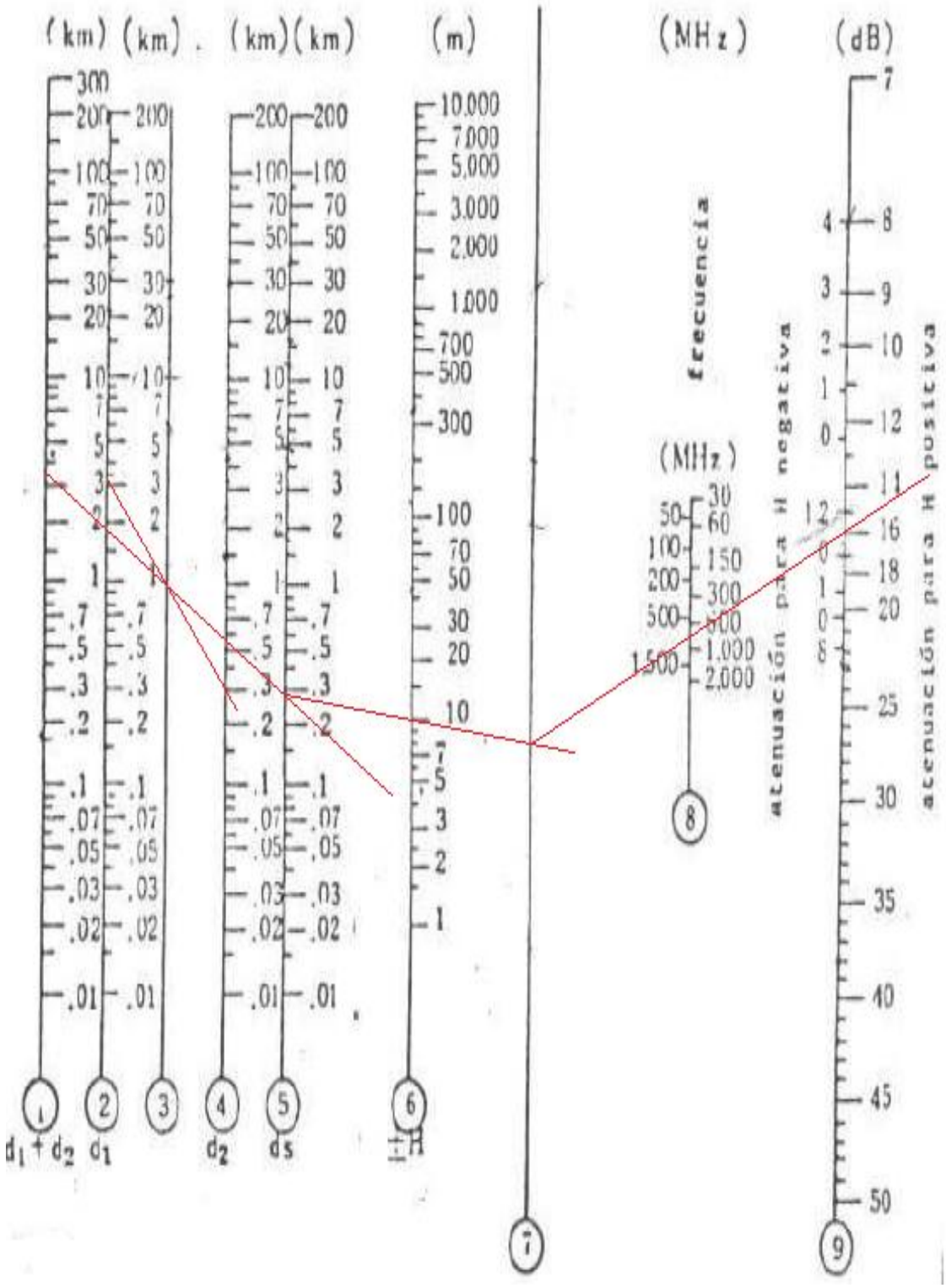


Figura 27. Atenuación a 3,5 Km para azimut 0°.

- **Margen de desvanecimiento.**

Los valores característicos del Factor de Rugosidad de Terreno se presentan en la tabla 18.

Tabla 18. Valores característicos de factor de rigurosidad de terreno.

Valor	Terreno
4,00	Espejos de agua, ríos muy anchos, etc.
3,00	Sembrados densos; pastizales; arenales.
2,00	Bosques (la propagación va por encima).
1,00	Terreno normal.
0,25	Terreno rocoso (muy) disparejo.

Para la ciudad de Loja se consideró el terreno como un terreno normal, por lo que el valor del factor de rigurosidad fue de 1,00.

Los valores característicos de Factor de Probabilidad se especifican en la tabla 19.

Tabla 19. Valores característicos de Factor de Probabilidad.

Valor	Descripción
1,00	Áreas marina o condiciones de peor mes.
0,50	Prevalecen áreas calientes y húmedas.
0,25	Áreas mediterráneas de clima normal.
0,125	Áreas montañosas de clima seco y fresco.

Para la ciudad de Loja consideramos un factor de probabilidad de 0,125.

$$FM(dB) = 30\log(D) + 10\log(6ABf) - 10\log(1-R) - 70$$

$$FM(dB) = 30\log(3{,}5Km) + 10\log(6 * 1 * 0.125 * 0{,}805) - 10\log(1-0.9999) - 70$$

$$FM(dB) = -15{,}86\ dB$$

El margen de desvanecimiento en caso de ser un valor negativo no se considerara como atenuación y se considerará un valor igual a 0.

- **Atenuaciones.**

$$atenuaciones = atenuacion\ por\ obstaculos + FM = 16\ dB\ + 10\ dB + 0$$

$$atenuaciones = 26\ dB$$

- **Campo eléctrico.**

$$E_0\left(dB\,\frac{uV}{m}\right) = 74{,}8 + PRA\ (dB) - 20\log(D)$$

$$E_0\left(dB\,\frac{uV}{m}\right) = 74{,}8 + 16{,}32 - 20\log(3{,}5) = \ 80{,}64\ \left(dB\,\frac{uV}{m}\right)$$

$$\boldsymbol{E = E_0 - atenuaciones}$$

$$E = \ 80{,}64\ \left(dB\,\frac{uV}{m}\right) - 26\ dB\ = 54{,}24\ \left(dB\,\frac{uV}{m}\right)$$

En la tabla 20 se presenta los resultados de las mediciones de campo eléctrico para cada uno de los azimut.

Tabla 20. Campo eléctrico calculado para todos los azimut.

CAMPO ELÉCTRICO (dBµV/m)												
Distancia (Km)	**Azimut 0°**	**Azimut 30°**	**Azimut 60°**	**Azimut 90°**	**Azimut 120°**	**Azimut 150°**	**Azimut 180°**	**Azimut 210°**	**Azimut 240°**	**Azimut 270°**	**Azimut 300°**	**Azimut 330°**
0,1	101,13	101,13	101,13	101,13	101,13	101,13	101,13	101,13	101,13	101,13	101,13	101,13
0,2	95,1	95,1	95,1	95,1	95,1	95,1	95,1	95,1	95,1	95,1	95,1	95,1
0,3	91,58	91,58	91,58	91,58	91,58	91,58	91,58	91,58	91,58	91,58	91,58	91,58
0,4	80,58	89,08	89,08	89,08	89,08	89,08	89,08	89,08	89,08	89,08	89,08	89,08
0,5	78,65	87,15	87,15	87,15	66,15	87,15	87,15	87,15	87,15	87,15	87,15	87,15
0,6	85,56	85,56	85,56	85,56	63,56	51,56	85,56	85,56	85,56	85,56	85,56	85,56
0,7	84,22	84,22	84,22	71,22	60,22	58,22	84,22	84,22	84,22	84,22	84,22	84,22
0,8	83,06	83,06	83,06	83,06	55,06	49,06	83,06	83,06	83,06	83,06	83,06	83,06
0,9	82,04	82,04	82,04	82,04	52,04	37,04	82,04	82,04	82,04	82,04	82,04	82,04
1	81,13	81,13	81,13	81,13	52,13	22,13	81,13	81,13	81,13	81,13	81,13	81,13
1,1	80,3	80,3	80,3	80,3	50,13	20,3	80,3	80,3	80,3	80,3	80,3	80,3
1,2	79,54	79,54	79,54	79,54	49,54	21,54	79,54	69,54	79,54	79,54	79,54	79,54
1,3	78,85	78,85	78,85	78,85	50,85	33,85	65,85	66,85	78,85	78,85	78,85	78,85
1,4	78,2	78,2	78,2	78,2	53,2	33,2	65,2	68,2	78,2	78,2	78,2	78,2
1,5	77,6	77,6	55,6	52,6	55,6	27,6	62,6	77,6	77,6	77,6	77,6	77,6
1,6	77,04	58,04	55,04	54,04	66,04	35,4	53,04	77,04	77,04	77,04	77,04	77,04
1,7	76,52	53,52	59,52	59,52	76,52	35,52	50,52	76,52	76,52	76,52	76,52	76,52
1,8	76,02	56,02	66,02	76,02	76,02	36,02	63,02	76,02	76,02	76,02	76,02	76,02
1,9	75,55	63,55	75,55	75,55	75,55	33,55	75,55	75,55	75,55	75,55	75,55	75,55
2	75,1	63,1	75,1	75,1	75,1	32,1	75,1	75,1	75,1	75,1	75,1	75,1
2,1	65,68	56,68	74,68	74,68	74,68	30,68	74,68	74,68	74,68	74,68	74,68	74,68
2,2	52,28	19,28	74,28	44,28	53,28	31,28	60,28	74,28	74,28	74,28	60,28	74,28
2,3	52,89	14,89	73,89	38,89	64,89	26,89	48,89	73,89	73,89	73,89	42,89	73,89

2,4	51,52	11,52	73,52	37,52	73,52	22,52	45,52	73,52	73,52	52,52	42,52	73,52
2,5	51,17	10,17	73,17	38,17	61,17	20,17	48,17	73,17	73,17	44,17	50,17	73,17
2,6	50,83	8,83	72,83	43,83	31,83	21,83	72,83	72,83	72,83	41,83	72,83	72,83
2,7	51,5	7,5	72,5	48,5	58,5	20,5	72,5	72,5	72,5	43,5	72,5	72,5
2,8	55,18	11,18	72,18	52,18	72,18	22,18	18,28	72,18	72,18	45,18	72,18	72,18
2,9	56,88	12,88	71,88	52,88	71,88	22,88	15,88	71,88	71,88	46,88	71,1	71,88
3	58,58	13,58	71,58	57,58	71,58	27,58	31,58	71,58	71,58	48,58	56,58	71,58
3,1	63,3	17,3	71,3	63,3	71,3	47,3	58,3	71,3	71,3	52,3	56,3	56,3
3,2	71,02	21,02	71,02	71,02	71,02	32,02	22,02	56,02	71,02	54,02	54,02	46,02
3,3	70,75	23,75	70,75	70,75	70,75	20,75	12,75	62,75	70,75	52,75	48,75	45,75
3,4	70,5	21,5	70,5	70,5	70,5	18,5	13,5	70,5	70,5	52,5	54,5	57,5
3,5	54,24	14,25	70,24	70,24	37,24	15,24	15,24	70,24	70,24	51,24	50,24	70,24
3,6	52	15	70	70	35	23	17	70	70	52	45	70
3,7	48,76	15,76	60,76	40,76	34,76	24,76	14,76	69,76	69,76	60,7	44,76	69,76
3,8	36,53	14,53	50,53	37,53	35,53	30,53	12,53	69,53	69,53	63,53	45,53	55,53
3,9	35,3	13,3	49,3	35,3	37,3	30,3	12,3	69,3	69,3	69,3	44,3	41,3
4	34,08	12,08	50,08	35,08	37,08	29,08	12,08	69,08	69,08	69,08	46,08	40,08
8	45,16	19,8	-5,5	-9,3	2,7	31,06	48,6	-0,5	25,16	25,16	45,16	57,16
12	34,36	-15,4	-3,8	-9,2	-15,2	-20,9	-5,6	-16,2	-14,4	-14,4	18,36	59,54
16	9,11	-13,1	-21,8	-18,1	-13,7	-13,9	-18,3	-24,9	-9,6	-9,6	11,11	22,11
20	12,26	-16,1	-17	-35,8	-26,8	-10	-27,1	-23,1	-14,4	-14,4	-21,73	19,26

d.4.3.- Simulación.

Para tener una apreciación del área a cubrir, se realizó la simulación con la ayuda del software Radio Mobile. El procedimiento que se efectuó se detalla a continuación.

Se cargó en el simulador el mapa de la cuidad de Loja. El parámetro más importante dentro de esta configuración son las coordenadas de la ciudad de Loja, luego se especificaron parámetros como el tamaño del mapa en Km, los pixeles, se eligió una escala de grises porque permite una mejor apreciación de los colores que determinan la intensidad de campo eléctrico que se simulara.

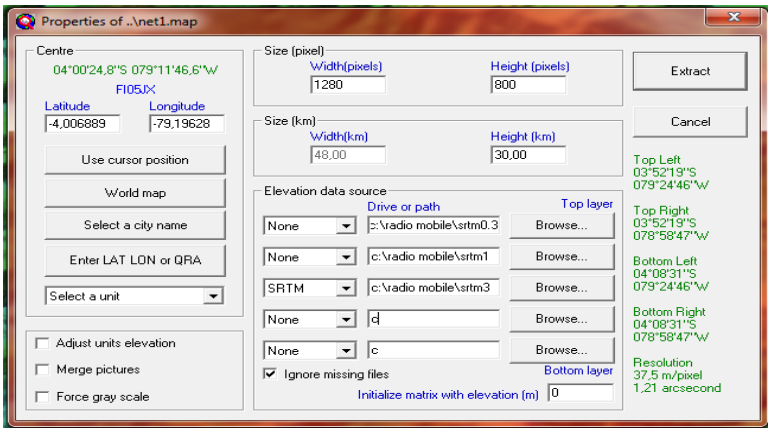


Figura 28. Parámetros para cargar el mapa de Loja en Radio Mobile.

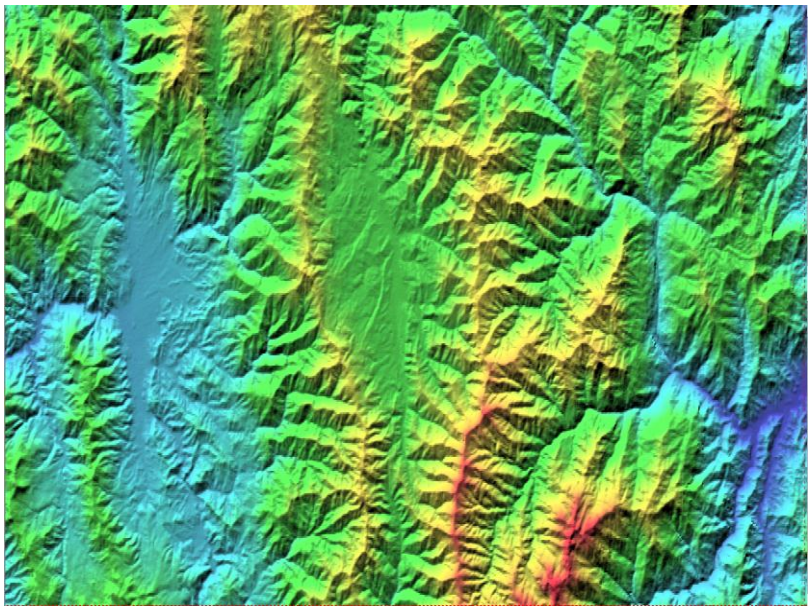


Figura 29. Relieve de la ciudad de Loja.

Luego se configuró las propiedades de unidad, aquí se especificaron los elementos que intervienen en la simulación como son: Estación Base con su respectiva coordenada geográfica y terminales portátiles que van a estar ubicados en azimut de 30° a un radio de 20 Km.

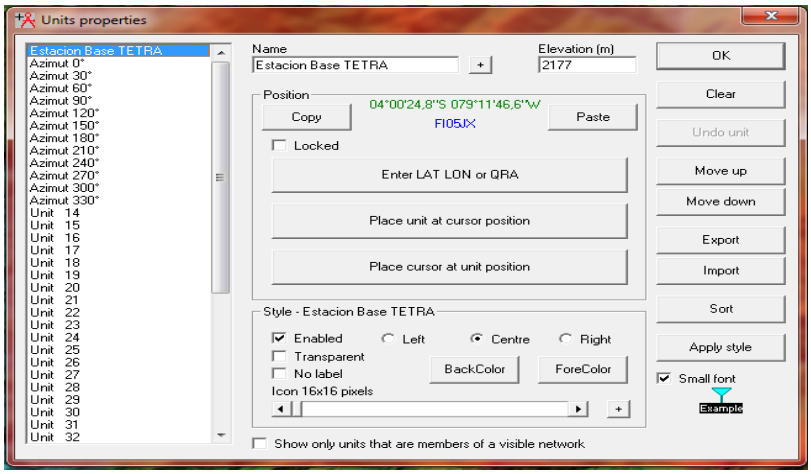


Figura 30. Configuración de las propiedades de unidad.

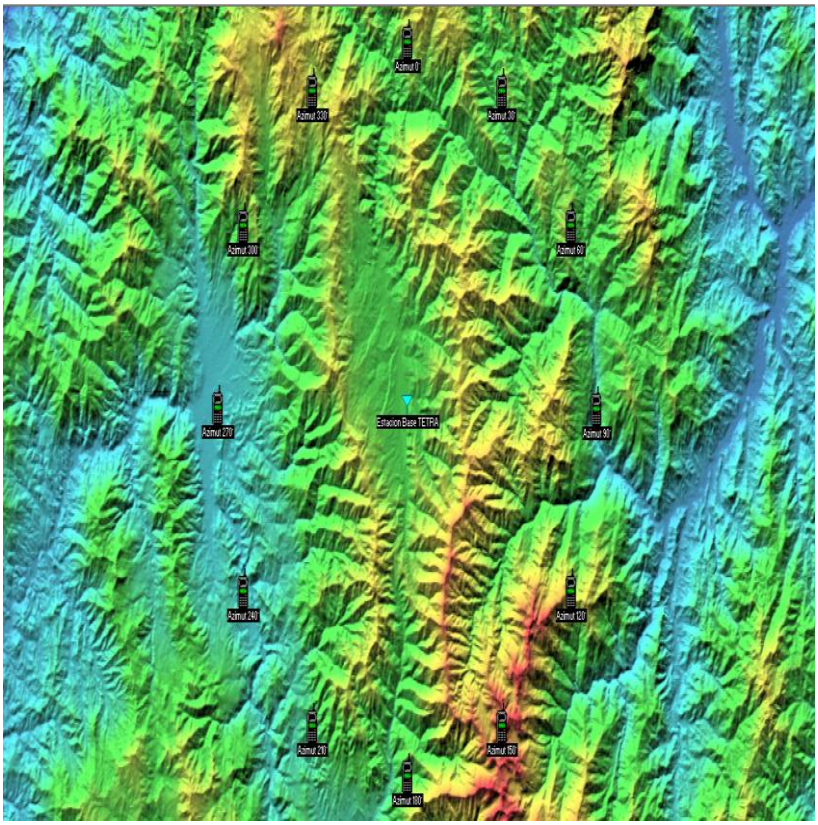


Figura 31. Ubicación de unidades de red.

En propiedades de red se procedió a configurar la red: En el ítem de parámetros de propagación se especificó la frecuencia máxima y mínima, la polarización de tipo vertical y que va en dependencia con la especificación de los equipos que se recomienda para el diseño, el modo de variabilidad que depende del sistema que se quiere simular, en este caso se trata de un sistema de comunicaciones móviles, el clima de la ciudad que se configuró como un clima ecuatorial, los parámetros como la refractividad y conductividad del suelo se los configuró por defecto.

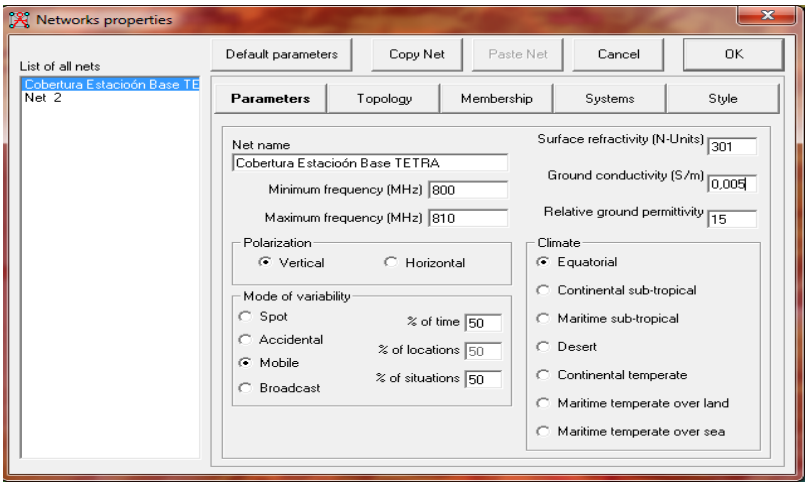


Figura 32. Configuración de parámetros de propagación.

En topología de red se especificó la topología Voice net, ya que se requiere establecer una comunicación de voz entre la estación base y los terminales dentro de la red.

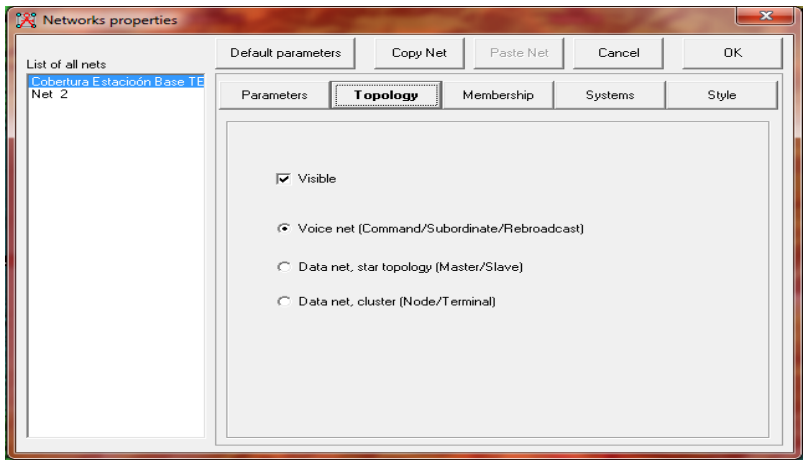


Figura 33. Configuración de topología de red.

En el ítem de definición de sistemas se configuró el sistema transmisor para la BS TETRA y el sistema receptor para los terminales portátiles y móviles, Los parámetros fueron llenados con los datos de las hojas de especificaciones de los equipos que se proponen para el sistema y fueron utilizados para el cálculo de cobertura, en la figura 34 y 35 se observa la configuración de estos parámetros.

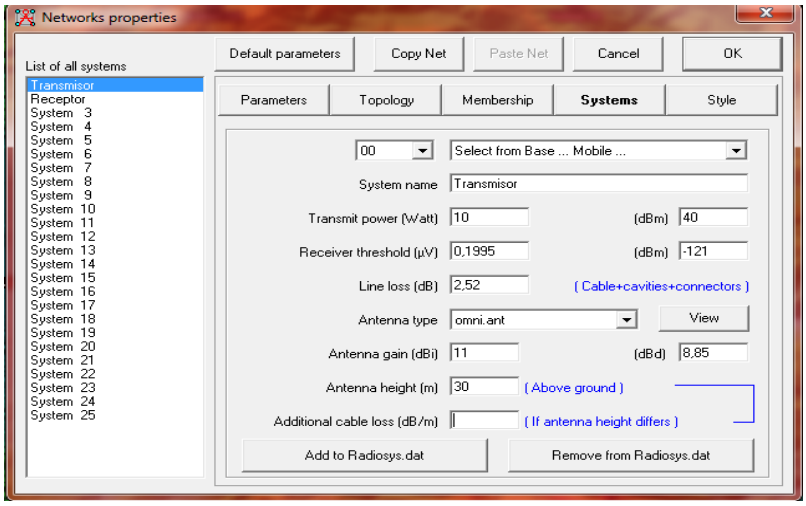


Figura 34. Configuración del sistema transmisor en la red.

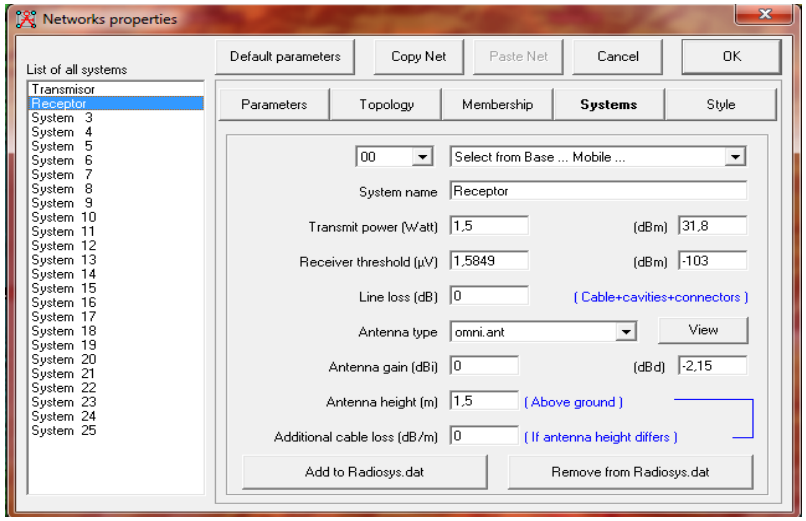


Figura 35. Configuración del sistema receptor en la red.

En asociación de unidades de red se activó y asoció cada una de las unidades que pertenecen a la red, especificando el papel que desempeña cada uno de ellos.

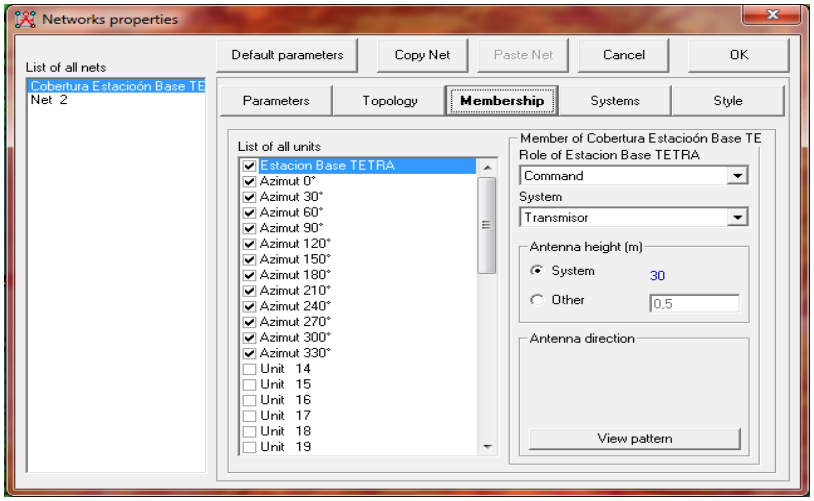


Figura 36. Asociación de las unidades con la red.

Una vez configurado todos los parámetros de la red se realizó la simulación para obtener la intensidad de campo eléctrico para un radio de cobertura de 20 Km, poniendo especial atención al campo eléctrico en un radio de 4 Km que es el radio necesario para satisfacer la demanda de cobertura que solicita el SIMERT.

Para llevar a cabo la simulación se usó la herramienta de Cobertura de Radio en Coordenadas Polares, herramienta utilizada para simular el área de cobertura de una sola estación base para uno o varios terminales portátiles y móviles. La configuración que se realizó se detalla a continuación.

Como unidad central tenemos la estación base TETRA que es el sistema radiante y como unidades móviles podemos elegir cualquiera de los terminales que se encuentran en la red.

Otro parámetro importante aquí es el intervalo del campo eléctrico a simular, para nuestro caso se especificó un intervalo de 38 a 100 en unidades dBµV/m. Los colores representan los intervalos de medición de campo eléctrico desde un nivel muy bueno hasta el nivel aceptable.

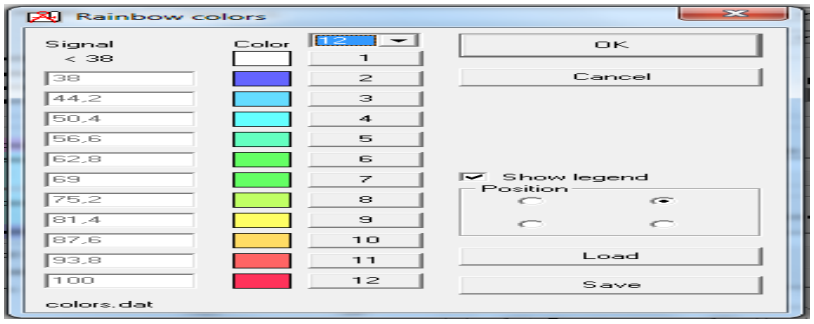


Figura 37. Intervalos de medición para el campo eléctrico.

En la definición de intervalos, el color rojo representa un nivel de campo eléctrico muy bueno, mientras que el color azul determinará el límite de campo eléctrico que se definió como aceptable para una buena comunicación.

Luego de especificar los intervalos de medición del campo eléctrico, se configuraron parámetros relacionados con la dirección del enlace que va desde el transmisor hacia el receptor, el rango del radio en Km y el rango de los ángulos de medición. Todos estos parámetros se especifican en la figura 38.

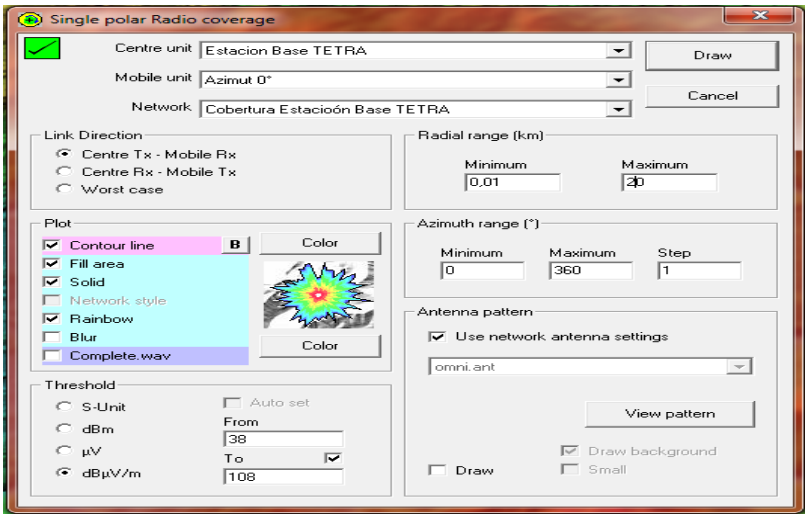


Figura 38. Configuración de parámetros para simulación de cobertura en coordenadas polares.

Los resultados que se obtuvieron tras efectuar la simulación se muestran en la figura 39.

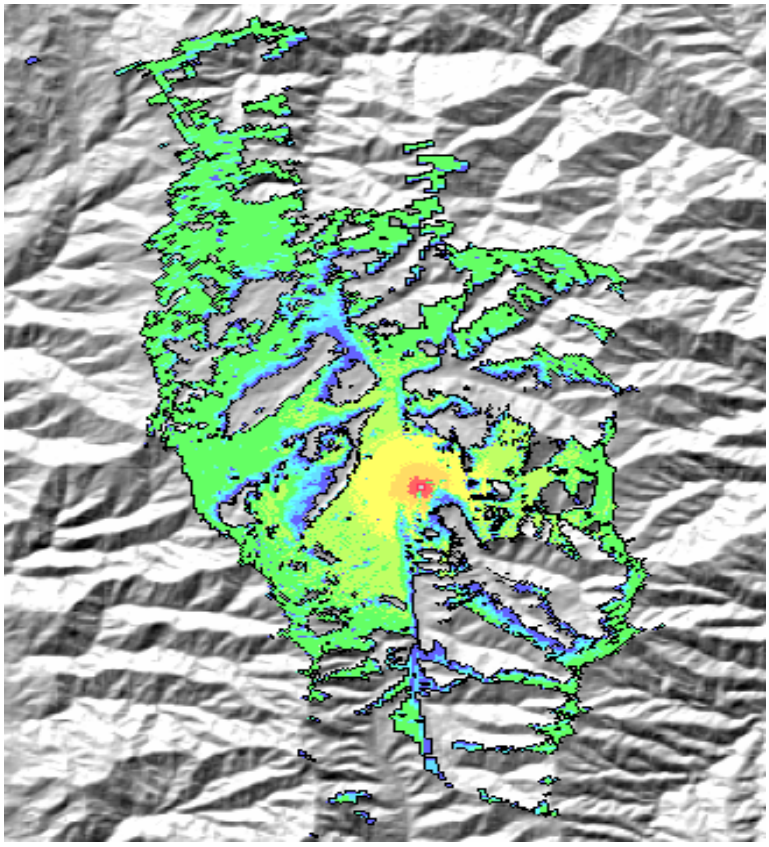


Figura 39. Simulación de campo eléctrico en coordenadas polares.

Al igual que en los cálculos a los valores obtenidos para una distancia de 4 Km, se consideró una atenuación adicional de 10 dB que se producen por la reflexión debido a los edificios que se encuentran en la parte céntrica de la cuidad ya que estos representan una perdida en el trayecto de la señal. La simulación realizada permitió recolectar datos de mediciones de campo eléctrico para cada uno de los azimut. Los resultados que se obtuvieron se detallan en la tabla 21.

Tabla 21. Campo eléctrico simulado para todos los azimut.

CAMPO ELÉCTRICO (dBµV/m)												
Distancia (Km)	**Azimut 0°**	**Azimut 30°**	**Azimut 60°**	**Azimut 90°**	**Azimut 120°**	**Azimut 150°**	**Azimut 180°**	**Azimut 210°**	**Azimut 240°**	**Azimut 270°**	**Azimut 300°**	**Azimut 330°**
0,1	99,2	99,3	99,5	100,6	100,4	101,1	101	99,6	99,7	100,2	100,4	100,5
0,2	97,3	97,3	96,6	95,9	96,1	96,1	97,6	96,2	96,9	97,2	96,4	95,7
0,3	91,4	92,9	94,7	94,7	94,9	93,6	93,6	95	94,6	94,9	94,2	93,4
0,4	85,9	82,8	89,9	91,2	89,7	91	91,6	91,5	90	91,2	90,8	89,7
0,5	85,8	89,9	89,3	80,9	67,9	90,3	88,9	88,9	88,7	88,7	90,1	89,8
0,6	86,5	86,4	87,2	50,8	48,1	55,2	88,1	86,8	86,9	86,7	86,4	86,7
0,7	86,4	87,1	85,9	59,4	42,8	51	86,7	87,2	85,5	85,5	86,8	86,2
0,8	85,4	85,3	85,4	81,7	36,9	44,8	85,5	85,6	83,9	84,5	84,6	85,2
0,9	84,5	83,8	84,8	84,5	36,3	33,9	84,9	83,3	84,6	83,3	84,7	84,5
1	83,4	82,8	83,2	82,5	34,1	27,9	83,6	79,5	82,6	82,1	82,1	83,6
1,1	81,9	81,8	81,7	82,8	35,9	27,2	83	76,4	82,8	83	82,7	81,6
1,2	82	82,5	82,3	81,3	32,2	28,7	82,3	69,2	82,3	81,2	81,2	82,2
1,3	80,7	81,5	81,1	81,5	30,1	29,9	71,9	70,3	81,3	81,5	80,3	80
1,4	80,9	79,6	79,6	80,9	29,4	27,7	69,9	76,3	80,7	80,2	80,4	79,8
1,5	78,9	79,5	28,7	34	36,1	25,3	69,3	80,2	80,2	80	80,3	80,1
1,6	79,6	66,4	24,6	37,1	42,6	26,5	47,6	79,3	79,9	78,8	78,7	79,7
1,7	77,8	25,5	27,5	46,9	68,6	31,5	42,2	78,3	77,8	79,1	79,1	79,2
1,8	78,1	31	37,1	71,5	73,5	35,3	69,2	78,7	77,5	77,3	78	78,5
1,9	77,5	55,9	70,1	77,6	77,8	37,1	78	77	77	77,6	77,5	76,7
2	77,9	58,9	72,9	77,9	77,8	27,4	76,5	77,2	76,4	76,7	78	76,5
2,1	61	45,5	74,2	77,4	75,5	23,9	76,7	71	77,2	77,3	74,5	76,8
2,2	31,9	19,1	76,5	24,4	38,6	29,6	62,2	76,6	75,6	76,1	15,2	76
2,3	26	15	76,8	9,8	52,2	34,3	35,5	76,3	75,3	75	11,8	75,4
2,4	23	11,1	75,2	4,5	72	17,8	18,1	75,3	76,3	15,7	20,1	73,3

2,5	22,4	10	75,9	7,9	75,4	17,6	38,8	74,8	75,8	12,8	48	61,4
2,6	21,4	11,1	75,2	19,1	25,5	24,4	71,5	73,2	75,3	16,8	69	75,3
2,7	23,1	11,9	75,2	37,8	43,8	25,3	73,1	75,3	75,3	22,1	75,3	75,3
2,8	30,9	15,3	73,7	42,8	74,9	23,9	14,4	74,9	74,3	29,8	74,9	74,7
2,9	35,1	16,8	74,7	42,2	74,7	25	15,5	74,5	74,6	32,6	51,8	73,5
3	45,6	20,9	73,5	48,3	75,1	28,2	43,8	72,77	74,1	38,1	32,3	72
3,1	57,2	25,1	73,7	62,7	68	31,2	59,4	65,9	73,6	40,8	32,1	25,9
3,2	68	33,5	71,4	71,1	70	31,7	34	41,2	72,3	43,5	31,6	14
3,3	73,5	35,7	72,8	73	75,2	14,5	9,2	56,2	73,2	42,3	34,6	23,3
3,4	68,3	26	72,1	72,2	72,6	12,6	16,6	71,3	71,1	38,1	35,3	37
3,5	60,6	13,7	69,2	71,8	3,2	18,5	20,1	72,6	73,1	41,2	25,9	72
3,6	31,3	13,7	72,1	70,4	1	20,8	18,1	72,9	72,7	47,1	24,6	72,5
3,7	14,8	14,9	65,6	14,8	2,1	21,8	22,1	72,5	71	60,8	15,3	71,2
3,8	13,3	15	26,5	9,2	3,5	25,7	19,6	72,4	70,2	64,8	16	24,2
3,9	13,1	15,1	21,3	4,5	6,9	29,5	16,4	71,9	70,1	69,3	23,2	8,3
4	14	14	22,1	4,4	7,6	28,6	17,2	71,8	70,3	71,7	28,8	12,3
8	42,4	19,8	-5,5	-9,3	2,7	8	48,6	-0,5	-4,2	-5,9	27,3	59,6
12	65,7	-15,4	-3,8	-9,2	-15,2	-20,9	-5,6	-16,2	-9,3	-14,4	-6,1	69,4
16	-24,2	-13,1	-21,8	-18,1	-13,7	-13,9	-18,3	-24,9	-17,1	-9,6	-14,4	32,2
20	2	-16,1	-17	-35,8	-26,8	-10	-27,1	-23,1	-17,9	-14,4	-13,9	5,4

d.4.4.- Dimensionamiento (Estudio de Tráfico).

El dimensionamiento del sistema troncalizado se lo realizó para calcular el número de canales necesarios para satisfacer la demanda del tráfico que existe en el sistema y elaborar un diseño que preste las condiciones suficientes para un buen desempeño y poder ofrecer una comunicación continua y sin interrupciones.

d.4.4.1.- Conceptos relacionados con el dimensionamiento de sistemas troncalizados.

Hora pico.- La hora cargada u hora pico es el intervalo de tiempo en que los usuarios hacen uso de la mayor parte de los recursos del sistema, lo que genera la mayor cantidad de tráfico. La hora pico es de suma importancia en el dimensionamiento, ya que en esta hora se realizan las estimaciones del cálculo de tráfico para que puedan ser efectivas y válidas.

Tiempo de ocupación del canal.- Este tiempo se lo evalúa como el valor medio de duración de la llamada, debe ser considerado desde el momento en que se presiona el PTT hasta cuando el mismo se deja de presionar.

Número medio de llamadas.- Este parámetro queda determinado por el número promedio de llamadas que se realizan por lo general durante la hora pico.

Intensidad de Tráfico.- Para el dimensionamiento de sistemas por lo general se utiliza la intensidad de tráfico media, parámetro que hace referencia a la ocupación media del canal. La unidad para la intensidad de tráfico es el Erlang (E) y se calcula con la siguiente fórmula:

$$A = \frac{M*L*H}{3600} \qquad \textbf{Ec. 5}$$

Dónde:

A= Intensidad de tráfico.

M= Número de terminales.

L=Número medio de llamadas.

H= Duración media de llamadas.

Grado de servicio.- El grado de servicio hace referencia a dos aspectos: la probabilidad de bloqueo de una llamada, o la probabilidad de que una llamada entre en un sistema de cola de espera para ser atendida después de un determinado tiempo. Los sistemas troncalizados son sistemas que basan su funcionamiento en cola de espera por tal razón para el dimensionamiento se aplica la distribución de Erlang C.

$$C(N,A) = \frac{A^N}{A^N + N!(1 - A/N)\sum_{k=0}^{N=1}(A^K/K!)}$$

$\boldsymbol{Ec.6}$

En la actualidad se cuenta con tablas que ayudan a reducir la complejidad de los cálculos que involucran fórmulas complejas como la de distribución de Erlang C. La tabla de Erlang C muestra la intensidad de tráfico ofrecido en Erlang para el correspondiente número de canales de tráfico y la probabilidad de cola de espera de la llamada en porcentaje. La tabla de Erlang C se muestra en el anexo E.

d.4.4.2.- Análisis de tráfico de voz.

Para realizar el análisis del tráfico de voz se tomó como referencia el actual sistema de radiocomunicaciones que utiliza el personal del SIMERT. Los datos se obtuvieron mediante conversaciones y entrevistas realizadas al personal en el campo donde desempeñan sus actividades.

d.4.4.2.1.- Estimación de la hora pico.

La naturaleza del tráfico de voz en el SIMERT es aleatoria, es decir no se puede decir con precisión y exactitud que en una hora específica se realizaran la mayor cantidad de llamadas durante un determinado día, es así como lo recalco el administrador del SIMERT. Pero si hay una hora para recalcar en la que se dan la mayor demanda de comunicaciones es de 11 a 12 de la mañana.

d.4.4.2.2.- Duración media de llamadas y promedio de llamadas.

Una vez realizada la estimación de la hora pico se procedió a determinar la duración media de las llamadas y el promedio de llamadas por usuario que se realizan en la hora pico. Los datos que se obtuvieron se muestran en la tabla 22.

Tabla 22. Promedio y duración de llamadas en la hora pico.

Usuario	Promedio de llamadas (u)	Duración media de llamadas (seg.)
1	3	9
2	4	10
3	2	8
4	5	7
5	3	10
6	1	8
7	6	7
8	3	9
9	5	7
10	4	7
11	3	8
12	4	8
13	1	6
14	3	9
15	2	8
16	4	8
17	1	7
18	2	10
19	2	8
20	4	7
Total	3,1	8,05

d.4.4.2.3.- Numero de terminales.

El SIMERT cuenta con personal disperso por toda la parte céntrica de la cuidad de Loja, cada uno de ellos posee un terminal portátil, además cuentan con dos unidades móviles, con su respectivo terminal móvil sumando un total de 62 terminales que se encuentran en operación. Con la nueva administración se tiene ya planeado implementar una nueva área de funcionamiento para lo cual se prevé disponer de 15 nuevos personales, con lo que el número de terminales llegaría a los 77, además para un buen dimensionamiento se considerara un 10% de crecimiento, por lo tanto para fines de dimensionamiento el total de terminales será de 84,5 = 85.

Los parámetros requeridos para el cálculo de canales de detallan en la tabla 23.

Tabla 23. Parámetros para el cálculo de canales.

Parámetro	Valor
Número de terminales (M)	85
Duración media de llamada (H)	8,05 seg.
Promedio de llamadas (L)	3,1
Grado de servicio (GoS)	2%

d.4.4.2.4.- Cálculo de canales de tráfico.

$$A = \frac{M * L * H}{3600}$$

$$A = \frac{85 * 3{,}1 * 8{,}05}{3600} = 0{,}589$$

Una vez obtenido la intensidad de tráfico y en base al grado de servicio que se especifica en el estándar TETRA que es de 2% Se hace uso de la tabla Erlang C para el cálculo de los canales necesarios, obteniéndose 3 canales para el tráfico de voz. Sumado a este resultado hay que agregar un canal adicional para el canal de control, por lo tanto el total de canales necesarios es de 4.

d.4.5.- Infraestructura de red.

La infraestructura necesaria y los equipos que se proponen para el diseño del sistema se detallan a continuación.

d.4.5.1.- Estación Base.

La estación base se conforma de: Infraestructura de telecomunicaciones, sistema radiante, sistema de red troncalizado y sistema de respaldo de energía.

d.4.5.1.1.- Infraestructura de telecomunicaciones.

Torre.- Aquí se colocaran las antenas tanto de transmisión como de recepción. Como se indicó con anterioridad esta torre se encuentra ubicada en las inmediaciones de la UMAPAL. Es una torre autosuspendida con una altura aproximada de 30 m.

Figura 40. Torre de telecomunicación.

Caseta de telecomunicaciones.- La caseta de telecomunicaciones será el lugar en el cual se podrán instalar los equipos básicos para la operación de la red TETRA. Esta caseta se encuentra ubicada a una distancia de 15 m de la torre, Cuenta con instalaciones eléctricas para poder conectar los equipos. La caseta se la muestra en la figura 41.

Figura 41. Caseta de telecomunicaciones.

d.4.5.1.2.- Sistema radiante y red troncalizado.

Antenas.- Las antenas serán ubicadas en la cima de la torre, el total de antenas serán 2, una para transmisión y la otra para recepción. Como características principales tenemos que son antenas omnidireccionales del fabricante Kathrein, el rango de frecuencias de operación es de 806 -894 MHz, poseen una ganancia de 11 dBi. Son antenas que están acorde a los requerimientos del estándar TETRA. En la figura 42 se observa la antena descrita.

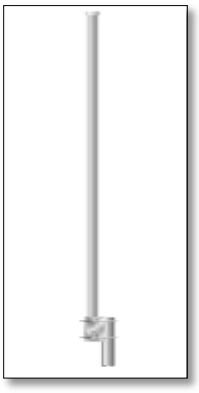


Figura 42. Antenas omnidireccionales Kathrein. Fuente: [35]

El diagrama de radiación de la antena se aprecia en figura 43.

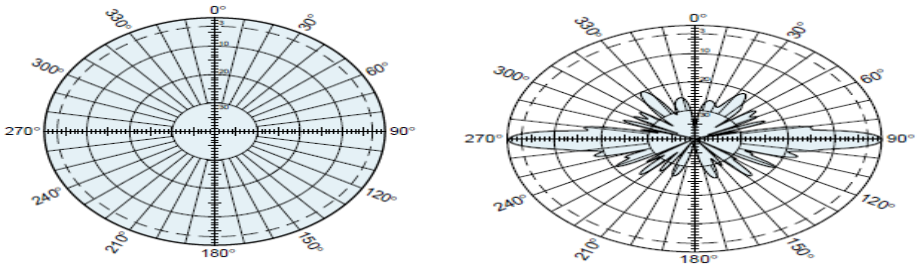


Figura 43. Diagramas de Radiación antenas omnidireccionales Kathrein. Fuente: [35]

Estación Base Transceiver (BTS).- Es la estación base transceptor que se encargará de realizar funciones asociadas a la interfaz de aire, entre las características tenemos: es una estación base TetraFlex outdoor del fabricante DAMM, ideal para coberturas que poseen una sola estación base fija, trabaja a una amplia gama de frecuencias entre ellas la banda de los 800 MHz, la potencia de salida de radiofrecuencia puede variar desde 0,5 a 10 W dependiendo de las necesidades, la sensibilidad de recepción es de -121 dBm. En la figura 44 se muestra la imagen de la BTS Tetra Flex.

Figura 44. BTS TetraFlex. Fuente: [32]

Controlador de estación base BSC.- Este controlador se encargara de la asignación de los canales de radio disponibles, una de las funciones que realiza por ejemplo, es gestionar el cambio del canal ocupado por un terminal cuando éste pasa a la zona de cobertura de otra estación base.

La estación base transceiver junto con el controlador de estación base conforman el sistema outdoor tetraflex.

d.4.5.1.3.- Sistema de respaldo de energía.

UPS.- Con el objetivo de evitar interrupciones inesperadas del suministro de energía eléctrico para los equipos de red troncalizado y radiofrecuencia debido a sobrecargas o caídas de voltaje, se propone disponer de un UPS que garantice el funcionamiento continuo de los equipos. Como características tenemos: Es de la serie Atlas, con una capacidad de 3KVA, voltaje de salida nominal 110/120, numero de tomas 6, frecuencia de salida 50/60 Hz. En la figura 45 se observa el UPS descrito.

Figura 45. UPS de 3KVA de capacidad. Fuente: [36]

d.4.5.2.- Equipos terminales.

Terminales portátiles.- Se proponen terminales con tecnología digital TETRA, como características tenemos: Son terminales SPT8000TETRA de SEPURA que han sido diseñados para soportar los entornos más duros de la seguridad pública, poseen una alta potencia de radio frecuencia, la calidad del sonido es alta y clara, posee una pantalla a color de alta resolución. En la figura 46 se observa el terminal portátil descrito.

Figura 46. Terminal portátil SPT8000TETRA de SEPURA. Fuente: [34]

Terminales móviles.- Los terminales móviles también trabajan bajo las especificaciones del estándar. Como características tenemos: Son terminales SRG3500 de SEPURA,

poseen una potencia de transmisión de radiofrecuencia de 10 W, capacidad para funcionar como una repetidora en modo de operación directa y Gateway en modo directo. En la figura 47 se presenta el terminal descrito.

Figura 47. Terminal móvil SRG 3500 de SEPURA. Fuente: [34].

Despachador.- El despachador dentro de una red proporciona funciones para una mayor eficiencia en las organizaciones que gestionan una flota de suscriptores con las necesidades de mando, control y vigilancia de las comunicaciones de radio. Como características del despachador que se propone tenemos: Es un despachador TetraFlex que tiene la posibilidad de configurar y monitorear cualquier terminal o grupo de terminales que se encuentren dentro de la red y realizar la escucha las llamadas que se efectúen de una manera silenciosa, capacidad de conectarse a la red de telefonía y mucha otras funcionalidades. Para el software de despacho se requiere un computador.

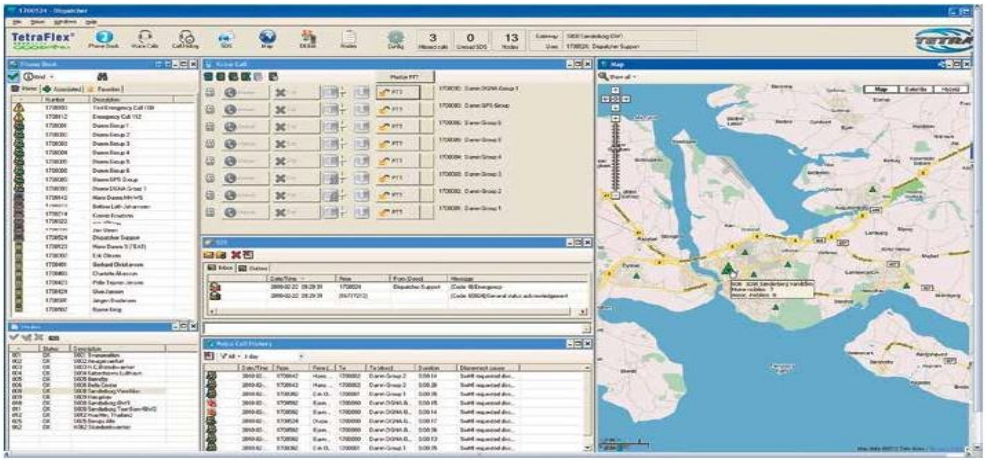


Figura 48. Despachador TETRA. Fuente: [33]

En la figura 49 se presenta el diagrama de la infraestructura para el nuevo sistema de radiocomunicaciones TETRA propuesto.

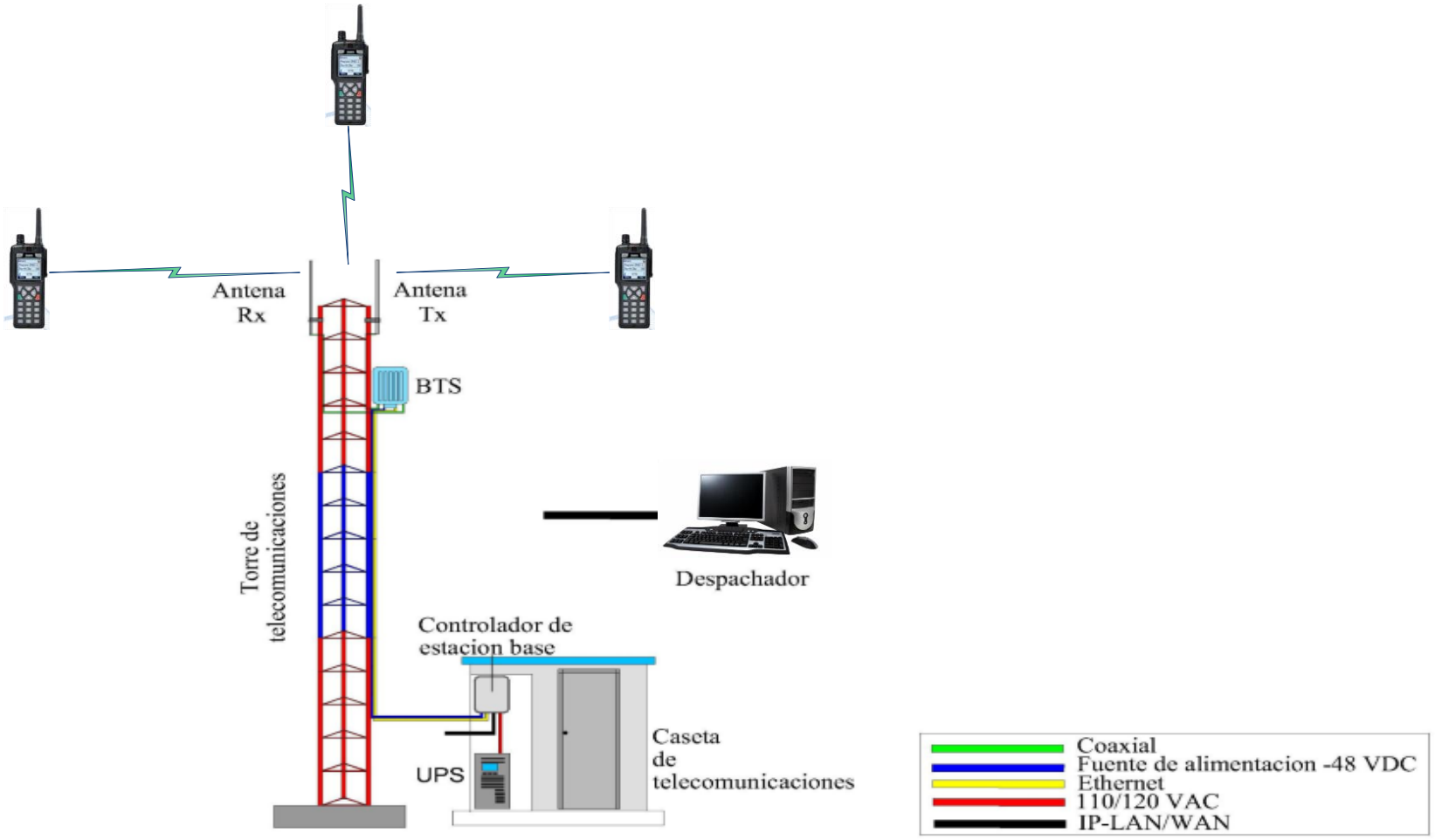


Figura 49. Infraestructura de nueva red TETRA propuesta.

La infraestructura que se propone está de acuerdo a las requerimientos de las comunicaciones que se requieren en el SIMERT, no obstante tratando de aprovechar las ventajas que ofrece la tecnología digital TETRA, como es conectividad a redes externas transmisión de datos, entre otras aplicaciones, se propone además de los equipos mencionados, los equipos de infraestructura necesarios para poder obtener estos beneficios.

Gateway de voz.- Para realizar las comunicaciones de voz a redes externas se propone el gateway de voz que va a permitir la conectividad de las comunicaciones de radio troncalizadas terrestres digitales con las PBX externos utilizando el protocolo SIP. Esto es posible gracias a que la infraestructura Tetraflex que se propone es digital y está basado en tecnología IP. Adicionalmente se requiere de una licencia de software para poder beneficiarse del Gateway de voz.

Figura 50. Gateway VoIP E1 PRI ISDN. Fuente [41]

Servidor de archivos.- Mediante una red TETRA además de la transmisión de voz se puede transmitir datos. Mediante la transmisión de datos se logra beneficiarse de aplicaciones como: Mensajes de texto (SDS), datos de posición de terminales, consulta de base de datos, señalización, entre otras aplicaciones. Para llevar a cabo tal fin se requiere del servidor de archivos que permita la grabación, almacenamiento y exportación de todas las comunicaciones que se realicen tanto de voz como de datos. En

conjunto con el servidor de archivos se requiere de la licencia de software ***Gateway para Paquete de Datos,*** el mismo que permitirá sobrellevar las comunicaciones entre los terminales móviles y fijos, con laptops, servidores de aplicaciones, en cualquier parte de la red.

Figura 51. Log Server DAMM. Fuente [41]

Gateway para RoIP.- La puerta de enlace RoIP (Radio sobre IP) permite que el tráfico de voz del sistema de radio se convierta en datos de IP y se envíen a través de internet para permitir conexiones dinámicas de los radios a dispositivos como iPhone, Smartphone, Tablet, o PC, los cuales deben tener añadido el software de cliente.

Figura 52. Gateway RoIP IRP100+. Fuente [41]

d.5.- CAPÍTULO V: Análisis referencial de costos.

La finalidad del presente capítulo es determinar la inversión total que se requiere para la implementación del nuevo sistema de radiocomunicaciones TETRA. Se realizó un análisis económico de todo el diseño propuesto en el capítulo anterior. Se detallan los costos referenciales de infraestructura, red troncalizado, radiofrecuencia, equipos de respaldo de energía, terminales, instalación y costos por concesión de frecuencias, estos se analizaran por separado para verificar cuál de ellos representa la mayor demanda de la inversión. Finalmente se elaborara un análisis económico-financiero para determinar si resulta conveniente desde el punto de vista económico para el SIMERT realizar la inversión del sistema propuesto y la manera de solventar la inversión.

d.5.1.- Costos de infraestructura de telecomunicaciones.

En la infraestructura necesaria para la estación base se recalca la torre para la instalación del sistema radiante y la caseta de telecomunicaciones que albergara el equipamiento que permitirá el funcionamiento del sistema. Del análisis del capítulo1 tenemos que el SIMERT cuenta con la infraestructura tanto la caseta de telecomunicaciones y la torre para el sistema radiante por lo que se omite el análisis de costos de la infraestructura ya que no representa inversión lo que significara un abaratamiento en la inversión total.

d.5.2.- Costo de terminales.

Los terminales que se requieren son: terminales portátiles, móviles y un terminal de despacho, los terminales portátiles debido a sus características su costo es menor comparado con los otros tipos de terminales de otros fabricantes. Los terminales móviles van a ser instalados dentro de los automóviles, debido a sus características y funcionalidades su costo es más elevado. Para el despachador se requiere de un

computador para instalar el software de despacho. Un aspecto importante a considerar en la elección de los terminales es, que, gracias a la interoperabilidad entre fabricantes que permite del estándar se puede elegir el terminal de cualquier marca que opere dentro de los parámetros del estándar. En la tabla 24 se presentan los costos referenciales de los terminales.

Tabla 24. Costos terminales.

Equipo	Cantidad	Costo unitario ($)	Costo final ($)
Terminal portátil	75	887,53	66564,75
Terminal móvil	2	1768,00	3556,00
Computador	1	1000,00	1000,00
Despachador	1	9351,00	9351,00
			80451,75

Cabe recalcar que los costos de los terminales son más elevados que los terminales para otros sistemas, ya que son diseñados para funcionalidades y actividades específicas y no son terminales que se encuentren en un mercado tan comercial como lo es la telefonía celular.

d.5.3.- Costos de sistema red troncalizado y radiofrecuencia.

En la tabla 25 se presentan los costos referenciales del equipamiento necesario para la implementación de la estación base, tanto el equipo requerido para la red de radio troncalizado como el sistema radiante. Además se presentan los costos de los equipos para la conexión a redes externas y transmisión de datos.

Tabla 25. Costos de equipos red troncalizado y radiofrecuencia.

Equipo	Cantidad	Costo unitario ($)	Costo final ($)
Sistema outdoor tetraflex.	1	49394,00	49394,00
Gateway para voz	1	2923,00	2923,00
Licencia software Gateway para voz	1	2505,00	2505,00
Servidor de archivos	1	8900,00	8900,00
Licencia para software Gateway para paquete de datos	1	5010,00	5010,00

Gateway para RoIP	1	1900,00	1900,00
Antena omnidireccional	2	833,21	1666,42
Cable Heliax	10 (m)	13,10	131,00
Conectores y accesorios		200,00	200,00
			72629,42

d.5.4.- Costos de sistema de respaldo de energía.

El equipamiento para el respaldo de energía se lo realiza con la finalidad de mantener el continuo funcionamiento del sistema en caso de presentarse cualquier fallo en el sistema de energía principal. En la tabla 26 se detallan los equipos necesarios.

Tabla 26. Costos respaldo de energía.

Equipo	Cantidad	Costo unitario ($)	Costo final ($)
UPS 2kVA	1	1200,00	1200,00
Tablero de control	1	350,00	350,00
		1550,00	1550,00

d.5.5.- Costos de instalación.

Para la instalación de los equipos se requiere de personal especializado. El SIMERT al no poseer el personal para realizar estas actividades, y considerando que se trata de una tecnología nueva se requiere contratar los servicios de un profesional que se encargue de la instalación y puesta en funcionamiento del sistema. Los costos por los servicios de un profesional se detallan en la tabla 27.

Tabla 27. Costos de instalación.

Descripción	Costo ($)
Servicio día hábil ingeniero	601,15
Servicio día hábil técnico especialista	177,84
	778,99

En estos servicios no se incluyen servicios adicionales tales como pasajes, transporte, estadía, viáticos u otros.

d.5.6.- Costos de concesión para operar sistemas troncalizados.

En este apartado se da a conocer el valor a pagar por la concesión de sistemas troncalizados. En el Reglamento de Derechos por Concesión y Tarifas por Uso de Frecuencias del Espectro Radioeléctrico, se establece que el valor de concesión por un sistema de hasta 5 pares de frecuencia por área de cobertura es de $ 7500,00 [13].

Tabla 28. Costo por concesión.

Descripción	Costo ($)
Concesión	7500,00

Hay que recalcar que para obtener la concesión de frecuencias para operar sistemas troncalizados, el CONATEL requiere la preparación del estudio técnico del sistema elaborado en formularios que se encuentran disponibles en su página web, el estudio técnico para el sistema TETRA de radiocomunicaciones que se propone para el SIMERT se presenta en el anexo C.

d.5.7.- Costo total del sistema TETRA.

Una vez realizado el análisis de costos para cada uno de los elementos que se requieren en el sistema, se ha podido determinar el costo total, el mismo que se especifica en la tabla 29.

Tabla 29. Costo total del sistema.

Descripción	Costo final ($)
Terminales	80451,75
Red troncalizado y radiofrecuencia	72629,42
Sistema de energía	1550,00
Instalación	778,99
Concesión	7500,00
	162910,16

Además del costo total que se requiere invertir para el sistema troncalizado, se optó por realizar el cálculo del pago mensual por el uso de frecuencias. Utilizando las fórmulas

descritas en el reglamento para la concesión y uso de frecuencias se realizó el respectivo cálculo.

$$Tarifa\ Total\ =\ Tarifa\ A\ +\ Tarifa\ C\ +\ Tarifa\ por\ enlace$$

Tarifa A (Por estación Transmisora).

Este valor a pagar es por el total de estaciones transmisoras que se implementen en un sistema troncalizado. La fórmula es:

$$TA(\$)\ =\ K_a\ *\ \alpha_4\ *\ \beta_4\ *\ A\ *\ (D)^2$$

Dónde:

TA ($) = Tarifa mensual en dólares de los Estados Unidos de América.

K_a = Factor de ajuste por inflación.

α_4 = Coeficiente de valoración del espectro para el Servicio Fijo y Móvil (Multiacceso).

β_4 = Coeficiente de corrección para la tarifa por estación de base o estación central fija.

A = Anchura de banda del bloque de frecuencias en MHz concesionado en transmisión y recepción.

$(D)^2$ = Radio de cobertura de la estación de base o estación central fija en Km

Realizando el cálculo tenemos:

$$T(US\ \$) =\ 1\ *\ 0{,}220380\ *\ 1\ *\ 45\ *\ 7^2 =\ 485{,}93$$

Tarifa C (Por Estaciones Terminales de Abonado).

$$TC(\$)\ =\ K_a\ *\ \alpha_5\ *\ Fd$$

Dónde:

TC ($) = Tarifa mensual en dólares de los Estados Unidos de América por Estaciones de Abonado móviles y fijas activadas en el sistema.

K_a = Factor de ajuste por inflación.

α_5 = Coeficiente de valoración del espectro por estaciones de abonado móvil y fija para el Servicio Fijo y Móvil (Multiacceso).

Fd = Factor de capacidad (de acuerdo al Servicio Fijo y Móvil (Multiacceso).

Realizando el cálculo tenemos:

$$T(US\ \$) = 1 * 1 * 109 = 109$$

No será necesario realizar el cálculo de la tarifa por enlace ya que el sistema constará de una sola estación base y no se requiere enlazar a otra estación.

$$Tarifa\ Total = 485{,}93 + 109 = 594{,}93$$

d.5.8.- Plan económico-financiero.

Una vez analizado el coste de la red se observa que se requiere de una inversión de $ 162910,16 para su implementación.

El Municipio de Loja, es quien designa un presupuesto para solventar las necesidades de las dependencias que tiene a su cargo, siendo el SIMERT una de ellas. En el presupuesto que se ha designado para el año 2015 no se encuentra estipulado el mejoramiento del sistema de radiocomunicaciones. Por lo cual se hace conveniente realizar un plan económico- financiero, contando como base el presupuesto de caja que se maneja en el SIMERT. Mediante este plan se pretende conocer si se contara con la liquidez que se requiere para cubrir esta inversión, y conocer además el tiempo para contar con los fondos y poder realizar la inversión en el sistema de radiocomunicaciones propuesto.

Como punto de partida se realiza el análisis de ingresos y egresos que se dan en la institución.

d.5.8.1.- Ingresos.

Los ingresos mensuales que se tienen en el SIMERT se detallan en la tabla 30.

Tabla 30. Ingresos del SIMERT.

Denominación	Ingreso ($)
Estacionamiento permanente venta de puestos SIMERT $ 30.	240,00
Estacionamiento permanente venta de puestos SIMERT $ 20.	816,00
Tarjetas físicas de estacionamiento.	48966,84
Recargas electrónicas de estacionamiento.	40,00
Estacionamientos exclusivos.	1795,20
Inmovilizaciones SIMERT $ 3.	287,54
Inmovilizaciones SIMERT $ 5.	179,90
Inmovilizaciones SIMERT $ 10.	1889,00
Inmovilizaciones SIMERT $ 20.	2649,96
Multas del 1% SBUV.	5780,00
Multas del 1.5% SBUV.	2891,70
Multas del 3% SBUV.	2917,20
Multas del 6% SBUV.	61,20
Multas del 12% SBUV.	40,80
	68555,34

Como se observa en la tabla 30, los ingresos que se generan de cada una de las denominaciones suman un total de ingresos mensual aproximado de $ 68555,34.

d.5.8.2.- Egresos.

Los egresos mensuales que se realizan para solventar las necesidades y funcionamiento en el SIMERT se detallan en la tabla 31.

Tabla 31. Egresos del SIMERT.

Denominación	Egresos ($)
Sueldos.	57191,78
Uniformes.	1066,66
Mantenimiento y reparaciones.	66,66

Insumos y materiales.	670,00
Combustible y lubricantes.	533,33
Maquinaria y equipos.	400,00
Otros.	66,00
	59994,43

El total de egresos mensuales que suman cada una de las denominaciones en la tabla 31 da un total de $ 59994,43, este valor de egreso corresponde a todos los meses del año a excepción del mes de Septiembre que se registra un egreso adicional de $ 3000,00 para solventar la contratación de controladores temporales del SIMERT que laboraran en los alrededores del complejo ferial.

d.5.8.3.- Flujo de Caja.

El flujo de caja es un informe financiero que toma en cuenta los ingresos y egresos que registra una empresa. La importancia de este flujo de caja radica en que permite conocer si una empresa contara con los fondos para realizar una inversión. El flujo de caja fue calculado como la diferencia entre ingresos y egresos, considerando, los egresos propios de la empresa y el egreso por el pago mensual de uso de frecuencia.

Además de los egresos mencionados se consideró el efecto de la inflación, ya que está repercute de manera directa en el estado del flujo de caja, debido a que los fondos generados en distintos periodos no pueden ser comparados directamente, porque no es lo mismo contar con los mismos fondos en el presente que en el futuro en el cual se solventa la inversión.

Se consideró el impacto de la inflación en el análisis del flujo de caja ya que se trata de un aspecto importante que afecta la toma de decisiones al momento de realizar la inversión de un proyecto, ya que cuando se presenta un ambiente con presencia de inflación, esté incide directamente sobre los flujos de caja repercutiendo notablemente

en el poder de compra causando grandes divergencias entre flujos de efectivo nominales y reales. No considerar el efecto de la inflación tiende a producir decisiones cuyos resultados no van de acuerdo a lo planificado inclusive llegando a proyectar una inversión sin estimar que no se contara con los fondos necesarios para tal fin.

El impuesto adicional generado por la inflación se lo planteo considerando una inflación de 3,9%, inflación estimada para el año 2015 según datos del Banco Central del Ecuador y el Fondo Monetario Internacional, éste porcentaje de inflación se lo tomo en base a los egresos que se dan en el SIMERT, no se considera una inflación para los ingresos debido a que se plantea una inversión para un sistema de radiocomunicaciones que será utilizado por un organismo de control de estacionamiento y seguridad como lo es el SIMERT y este sistema no generara ganancias directas.

Por lo tanto el flujo de caja que se lo presenta en la tabla 32 se lo cálculo de la siguiente manera:

$$Flujo\ de\ caja = ingresos - egresos - inflación - uso\ de\ frecuencia$$

Tabla 32. Flujo de caja del SIMERT.

Flujo de Caja							
Mes	**Inversión ($)**	**Ingresos ($)**	**Amortización ($)**	**Egresos ($)**	**Inflación ($)**	**Uso de frecuencia ($)**	**Flujo de Caja ($)**
	-162910,16						**-162910,16**
Enero		68555,34	6787,92	59994,43	233,98	594,93	7732,00
Febrero		68555,34	6787,92	59994,43	233,98	594,93	15464,00
Marzo		68555,34	6787,92	59994,43	233,98	594,93	23196,01
Abril		68555,34	6787,92	59994,43	233,98	594,93	30928,01
Mayo		68555,34	6787,92	59994,43	233,98	594,93	38660,01
Junio		68555,34	6787,92	59994,43	233,98	594,93	46392,01
Julio		68555,34	6787,92	59994,43	233,98	594,93	54124,01
Agosto		68555,34	6787,92	59994,43	233,98	594,93	61856,01
Septiembre		68555,34	6787,92	62994,43	245,68	594,93	66576,32
Octubre		68555,34	6787,92	59994,43	233,98	594,93	74308,32
Noviembre		68555,34	6787,92	59994,43	233,98	594,93	82040,32
Diciembre		68555,34	6787,92	59994,43	233,98	594,93	89772,32
Enero		68555,34	6787,92	59994,43	233,98	594,93	97504,32
Febrero		68555,34	6787,92	59994,43	233,98	594,93	105236,32
Marzo		68555,34	6787,92	59994,43	233,98	594,93	112968,33
Abril		68555,34	6787,92	59994,43	233,98	594,93	120700,33
Mayo		68555,34	6787,92	59994,43	233,98	594,93	128432,33
Junio		68555,34	6787,92	59994,43	233,98	594,93	136164,33
Julio		68555,34	6787,92	59994,43	233,98	594,93	143896,33
Agosto		68555,34	6787,92	59994,43	233,98	594,93	151628,33
Septiembre		68555,34	6787,92	62994,43	245,68	594,93	156348,64
Octubre		68555,34	6787,92	59994,43	233,98	594,93	164080,64
Noviembre		68555,34	6787,92	59994,43	233,98	594,93	171812,64
Diciembre		68555,34	6787,92	59994,43	233,98	594,93	179544,64

Analizando la tabla 32, se ha podido determinar que realizando una amortización de la inversión para 24 meses, esta se podría solventar, ya que como podemos observar los ingresos que se tienen pueden llegar a cubrir la amortización mensual que se necesitaría para realizar la inversión.

Por lo expuesto se concluye que el SIMERT está económicamente en la posibilidad de realizar la inversión para el nuevo sistema de comunicaciones, logrando financiar tal fin mediante sus propios recursos.

d.5.9.- Análisis costo/beneficio.

El costo del sistema propuesto se encuentra valorado alrededor de los $ 162910,16, valor que es considerablemente elevado si se tiene en cuenta el número inicial de terminales a los que se va a dar servicio. Pese a esto como se analizó el sistema es escalable y está en la capacidad de adaptarse a una futura expansión, lo cual ya representa un beneficio.

Si bien es cierto que el sistema de radiocomunicaciones TETRA propuesto no generara ganancias económicas con los cuales se pueda realizar un análisis de recuperación de la inversión, ya que será utilizado por un organismo de control y seguridad como lo es el SIMERT. La inversión queda desagraviada con la garantía de que el sistema será totalmente confiable y sobretodo seguro y estará a la altura de las comunicaciones que se requiere.

A lo expuesto además hay q tomar en cuenta que una inversión en el sistema propuesto es necesario, ya que como se analizó, la infraestructura de telecomunicaciones y el sistema de radiocomunicaciones como tal que poseen actualmente no satisface las necesidades de comunicación que se requieren.

e.- MATERIALES Y MÉTODOS.

e.1.- Materiales.

De acuerdo con la naturaleza y características del desarrollo del proyecto, se manejaron materiales que facilitaron la elaboración del estudio técnico y de factibilidad planteado. Al tratarse de un estudio técnico en el cual se requirió la determinación de un área de cobertura de propagación de ondas electromagnéticas para una cierta zona, se acudió al uso de recursos informáticos como son: Radio Mobile, que es un software de simulación de radioenlaces y de propagación electromagnética. Google Earth, software para obtener información geográfica. Matlab, software que se utilizó para realizar los respectivos cálculos de cobertura. Microsoft Excel, software que se requirió para para tabulación de datos y elaborar los perfiles de terreno. Otro tipo de material que se utilizó fueron las cartas topográficas para el análisis de terreno de la ciudad de Loja.

- **Radio Mobile.-** La utilización del software de simulación Radio Mobile fue de vital importancia para el desarrollo del proyecto, ya que gracias a él se ha podido obtener una aproximación a la realidad de la cobertura que se alcanza con el sistema. Además de proporcionar una visión grafica de la cobertura, el software permitió obtener datos relacionados con la medición del campo eléctrico a distintas distancias, estos datos obtenidos permitieron hacer una comparación con los datos de campo eléctrico obtenido mediante cálculos y de esta manera corroborar la cobertura obtenida.

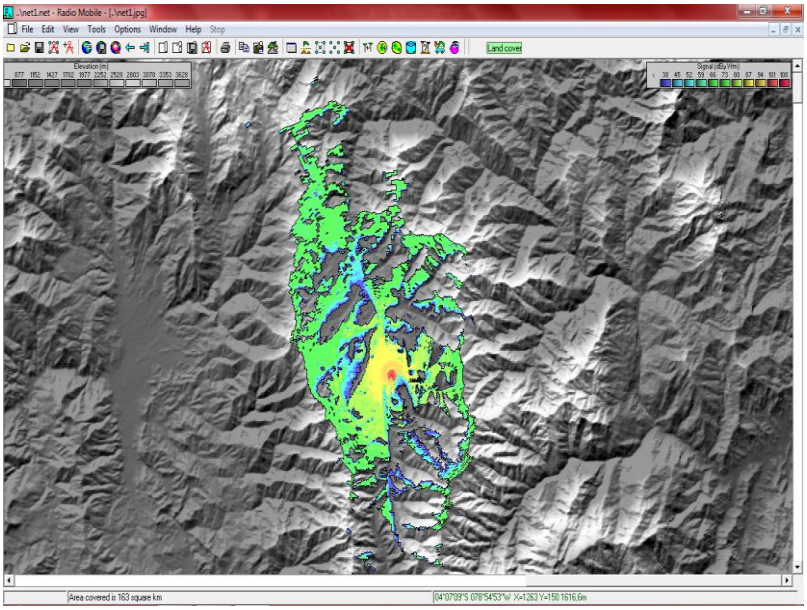


Figura 53. Simulación de Cobertura en Radio Mobile.

- **Google Earth.-** Con la ayuda del software Google Earth se logró recopilar datos correspondientes a alturas de terreno que rodean a la estación base hasta un radio de cobertura de 20 Km medidos en azimut de 30°. Una vez que se determinaron estos radios, se consiguió la posición geográfica de cada una de estas distancias, dato que se utilizó para configurar la posición de los terminales en Radio Mobile para realizar las simulaciones de cobertura.

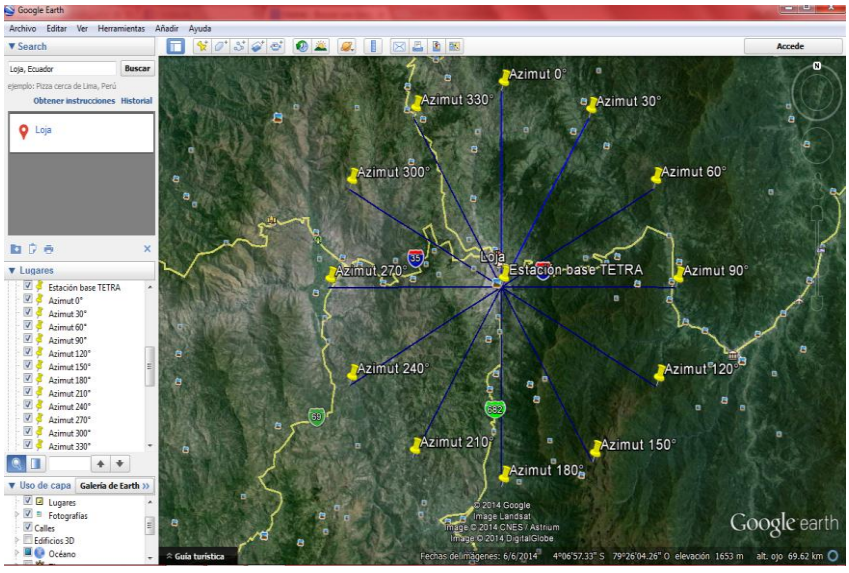


Figura 54. Mediciones de azimuts en Google Earth.

- **Matlab.-** Matlab es un lenguaje de alto nivel y un entorno interactivo para el cálculo numérico, basándonos en esto, se lo utilizo con el fin reducir la complejidad en la solución los cálculos de propagación electromagnética. Se realizaron por medio de Matlab los cálculos de la potencia radiada aparente, campo eléctrico en el espacio libre, posteriormente el cálculo de margen de desvanecimiento de la señal debido al trayecto de la misma, y una vez obtenidos los resultados anteriores y con los datos de atenuaciones obtenido por medio del monograma finalmente se calculó el campo eléctrico para cada uno de los puntos que se presentaron en la tabla 20 (campo eléctrico calculado para todos los azimut).

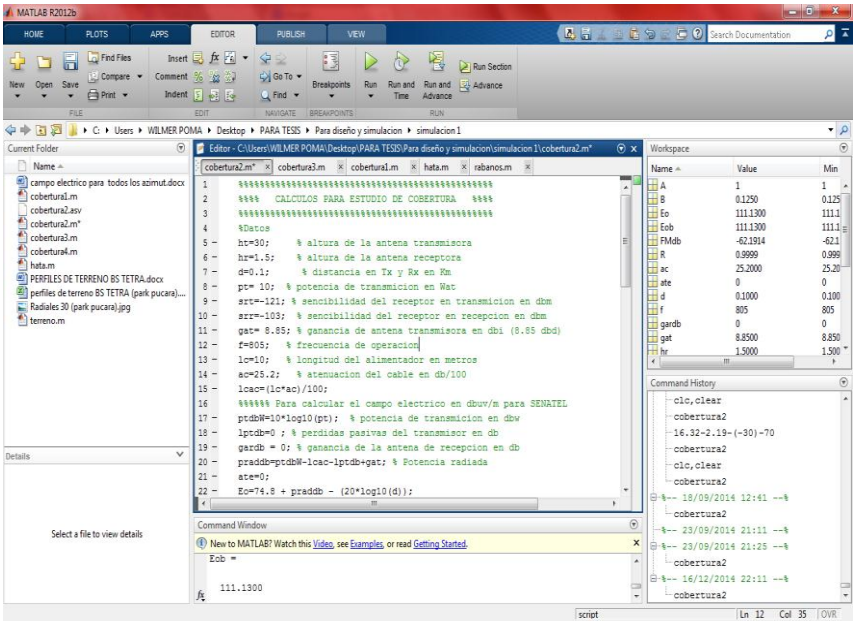


Figura 55. Cálculos de propagación electromagnética en Matlab.

- **Microsoft Excel.-** La utilización de Excel se enfocó en la representación de los datos obtenidos de las mediciones de altura terreno en perfiles de terreno, esto con el objetivo de visualizar las elevaciones que se encuentran alrededor de la estación base, ya que estas elevaciones representaron atenuación en la señal

según los resultados que se obtuvieron luego de aplicar el monograma de atenuaciones debido a elevaciones de terreno.

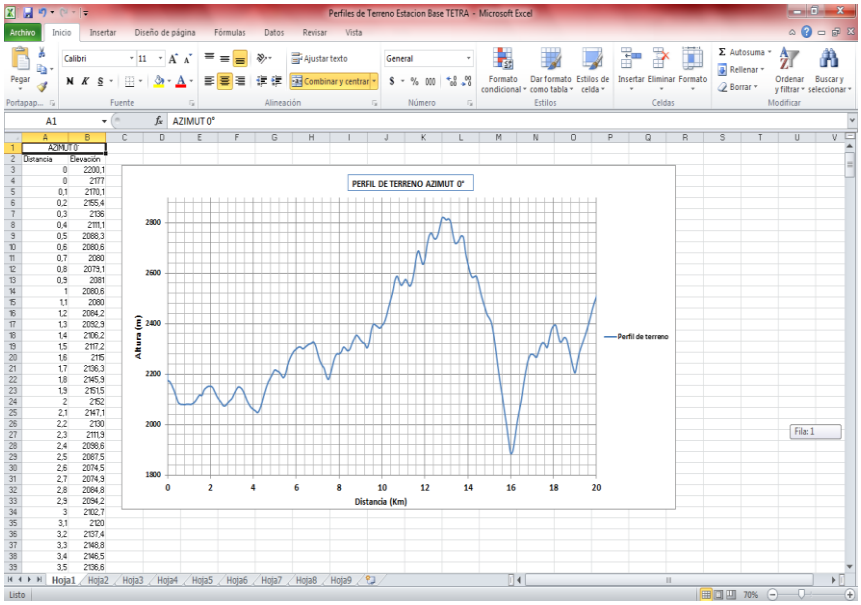


Figura 56. Elaboración de perfiles de terreno en Microsoft Excel.

e.2.- Métodos.

En el desarrollo del estudio técnico y de factibilidad planteado se utilizaron los siguientes métodos: La aplicación del método descriptivo hizo posible detallar la situación actual del sistema de comunicaciones del SIMERT, y por medio de éste, se logró puntualizar cada una de las problemáticas que acusaba su sistema de comunicaciones. En la elaboración del proyecto también intervino el método analítico-sintético, que permitió cumplir con la fase de análisis y síntesis de información teórica e información empírica que se recuperó con las visitas y entrevistas técnicas. El método estadístico se lo utilizó como herramienta básica para la representación gráfica de la información en tablas, cuadros, o figuras que sirven para una mejor comprensión de la información.

e.3.- Técnicas.

En la elaboración del proyecto fue fundamental utilizar la técnica de simulación, que se la manejo con el objetivo de tener una valoración más cercana a la realidad de la cobertura, y verificar mediante los datos obtenidos, el límite de la cobertura del sistema.

Con la ayuda de la técnica de entrevista técnica informativa se recopiló información técnica para la realización del proyecto, esta técnica se la aplico al personal del SIMERT. Primeramente recopilando información técnica que fue proporcionada por los controladores con relación a la situación actual de las comunicaciones, la cantidad, marca, modelo y estado de los terminales. Así mismo se recopilo información técnica relacionada con las falencias y necesidades de comunicaciones. Además esta técnica se la utilizo en la elaboración del estudio de tráfico para el nuevo sistema recopilando información técnica relacionada con la estimación de la hora pico, la duración promedio de llamadas y el número de llamadas que se realizan en la hora pico. A lo expuesto también se sumó la información técnica suministrada por la administración del SIMERT que permitió elaborar el plan económico-financiero para conocer la viabilidad del proyecto.

Otra técnica utilizada fue la visita técnica, mediante esta técnica se ha podido recopilar información técnica relacionada con la infraestructura de telecomunicaciones existente. En lo que se refiere a la torre de telecomunicaciones se ha podido obtener información relacionada con el tipo de estructura y la altura de la torre, este último dato fue de suma importancia tanto para los cálculos como para las simulaciones. Y en lo que se refiere a la caseta de telecomunicaciones se constató y recopilo información relacionada con el espacio y requerimientos para la instalación de los equipos de radio que se proponen en el diseño.

f.- RESULTADOS.

f.1.- Análisis de resultados de cálculos realizados.

Para el azimut 0°, el límite de cobertura se encuentra en los 12 Km aproximadamente, ya que a esta distancia se tiene un valor por encima de los 38,5 dBµV/m. cabe recalcar que en ciertos lugares próximos al radio máximo no se llega a alcanzar el valor nominal de 38,5 dBµV/m debido a pequeñas elevaciones que provocan perdidas en la señal.

Para el azimut 30° tenemos que el radio de cobertura que se alcanza es de 2,1 Km, esto se debe a la presencia de elevaciones que causan perdidas en la intensidad de la señal. Si bien esta distancia no llega a alcanzar el radio de cobertura estipulado, esté no representa inconveniente ya que los sectores que se encuentran ubicados en este azimut corresponden a barrios que se encuentran fuera de la parte céntrica de la ciudad y son zonas en las que no está estipulado el funcionamiento del SIMERT

Para los azimut 60°, 90° y 120° la distancia máxima de cobertura que se alcanza con el sistema es de 8 Km aproximadamente.

Para el azimut 150° el límite de cobertura se encuentra alrededor de los 8 Km, se obtiene este radio ya que a esta distancia se encuentra una gran elevación de terreno que le permite tener una línea de visión directa entre la estación base y el receptor que este ubicado a esta distancia. A pesar que se tiene un gran radio debido a esta gran elevación, en la mayoría del trayecto no se llega a alcanzar los 38,5 dBµV/m debido a zonas que se encuentran obstaculizadas por elevaciones de terreno entre la estación base y el receptor.

Para el azimut 180° se tiene una cobertura de 2,8 Km, esta distancia aunque no es muy considerable comparada con la obtenida para el resto de azimut, llega a cubrir sectores aledaños a la parte céntrica de la cuidad que pueden ser idóneos para la operación del

SIMERT. Superior a este radio alcanzado se observa que en este azimut se encuentra solamente elevaciones de terreno, por lo tanto el límite de cobertura obtenido no representa inconveniente alguno.

Para los azimut 210°, 240° y 270°, el límite de cobertura esta alrededor de los 8 Km, que es un radio mucho más amplio del que se requiere para cubrir la parte céntrica de la cuidad de Loja.

Para los azimut 300° y 330° el radio de cobertura que se alcanza es de 12 Km y 16 aproximadamente. Este gran alcance se debe a que en estos azimuts existe un amplio despejamiento y no se encuentran elevaciones de terreno cercanas como sucede para el resto de los azimut. En la tabla 33 se muestra un cuadro de las distancias de cobertura para cada uno de los azimut, así mismo se presentan las mediciones de campo eléctrico que se tiene a estas distancias.

Tabla 33. Límite de cobertura calculado.

Límite de cobertura calculado												
Azimut	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°
Distancia (Km)	12	2,1	8	8	8	8	2,8	8	8	8	12	16
Campo eléctrico (dBµV/m)	45,16	56,68	60,08	45,08	47,07	39,08	48,6	79.08	79,08	79,08	45,16	59,54

f.2.- Análisis de resultados de simulaciones realizadas.

Al igual que se analizó los resultados para los cálculos, se procedió a efectuar el análisis de resultados de la simulación para esclarecer el límite donde el campo eléctrico sea superior o igual a 38,5 dBµV/m y tener una comunicación confiable y segura.

De la simulación realizada y las mediciones de campo eléctrico obtenidas de la misma, se aprecia que la intensidad de campo eléctrico en los alrededores (Norte, Sur y Oeste) de la estación base se encuentra alrededor de 83,8 dBµV/m – 108 dBµV/m, lo cual se

definió como una intensidad muy buena. Alrededor de la estación base específicamente al Este se puede notar que la intensidad de campo no es muy buena, esto se debe porque en ese lugar el trayecto se ve obstaculizado por montañas lo que representa pérdidas en la señal.

En lo que respecta a toda la parte céntrica de la ciudad hasta un radio de 4 Km se observa que el campo eléctrico se encuentra entre 62, 8 y 87, 6 dBμV/m, lo cual se interpreta como una intensidad de campo aceptable ya que se encuentra por encima del límite aprobado, lo que permite que las comunicaciones se den de forma normal y cubra con la demanda de comunicaciones del SIMERT. Los límites alcanzados para cada uno de los ángulos de medición se detallan a continuación:

- Para el azimut 0° el límite de cobertura se encuentra alrededor de los 12,9 Km, existiendo zonas anteriores al radio máximo, en donde no se logra el valor mínimo de campo eléctrico requerido.
- Para el azimut 30° el radio de cobertura máximo que se llega a obtener es de 9,60 Km. A pesar de que se obtiene esta distancia máxima de cobertura, en la simulación se puede observar que a lo largo del radio que comprende el azimut 30° no existe cobertura, aunque considerando las características de las zonas de operación del SIMERT estos sectores sin cobertura no representan inconvenientes.
- Para el azimut 60° la distancia máxima de cobertura donde la intensidad de campo eléctrico es aceptable es de 7,38 Km aproximadamente.
- Para el azimut 90° el radio máximo que se tiene es de 5,71 Km.
- Para el azimut 120° se tiene una cobertura máxima alrededor de los 7,43 Km.

- Para el azimut 150° se marca como límite de cobertura una distancia de 9,5 Km aproximadamente.
- Para el azimut 180° el límite de cobertura máximo se encuentra a una distancia de 9,78 Km aproximadamente. A pesar de este dato obtenido, en la simulación se ha podido observar que a lo largo del radio de este azimut el sistema no posee cobertura, aun así el poco radio de cobertura que se observa, que corresponde a una distancia de 2,8 Km, es el radio suficiente para satisfacer la demanda de cobertura del SIMERT, ya que esta cubre sectores aledaños a la parte céntrica de la ciudad y superior al mismo solo se visualizan elevaciones de terreno.
- Para el azimut 210° se consigue un radio de cobertura de 6,87 Km.
- Para el azimut 240° el límite de cobertura se encuentra a un radio de 5,70 Km.
- Para el azimut 270° el radio de cobertura que se tiene como límite es de 6,81 Km.
- Para el azimut 300° se tiene que el radio de cobertura alcanzado es de 9,07 Km.
- Para el azimut 330° el radio de cobertura máximo que se ha alcanzado con el sistema propuesto es de 17,86 Km.

En la tabla 34 se presentan los límites de cobertura obtenidos mediante la simulación en los cuales el nivel de campo eléctrico tiene un valor de 38.5 dBµV/m aproximadamente.

Tabla 34. Límite de cobertura simulado.

Límite de cobertura simulado												
Azimut	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°
Distancia (Km)	12,90	9,60	7,31	5,71	7,43	9,50	9,78	6,87	5.70	6,81	9,07	17,86

La cobertura alcanzada con el sistema propuesto se presenta en la figura 57.

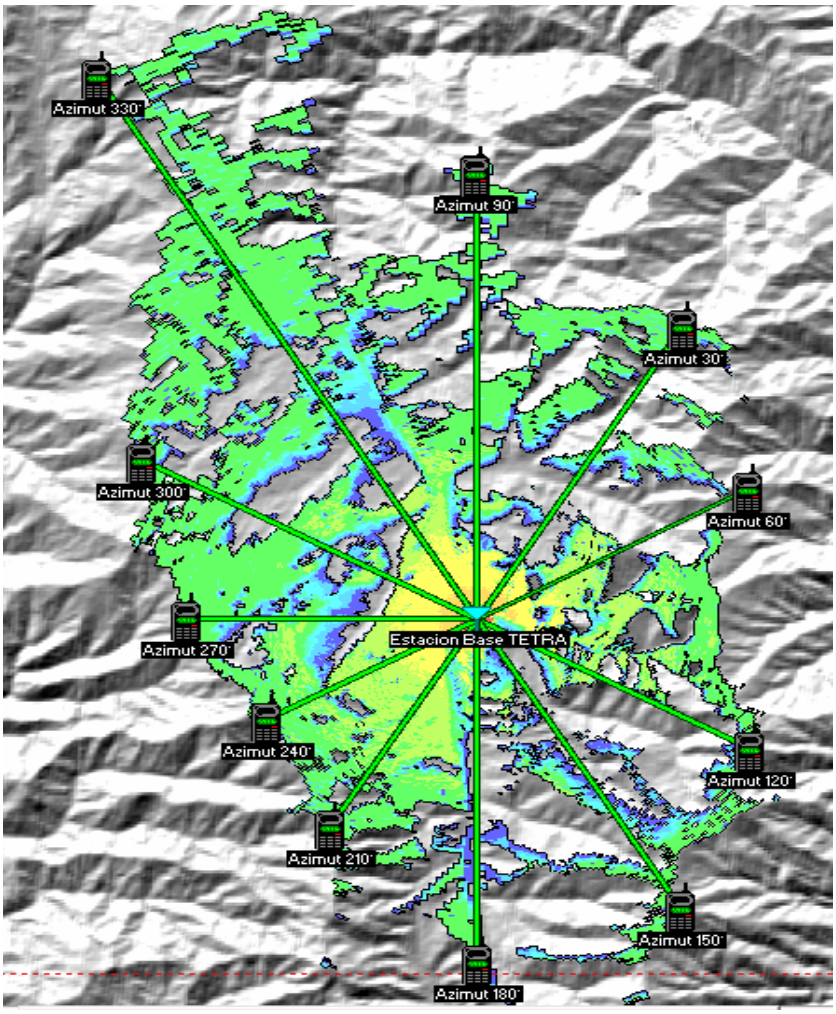


Figura 57. Límites de cobertura del sistema TETRA.

f.3.- Análisis de resultados del estudio de tráfico.

El estudio de tráfico realizado consistió en una gran ayuda para el buen dimensionamiento de los canales de voz que se requieren para satisfacer la demanda de comunicaciones que precisa el SIMERT. El resultado que se logró fue de tres canales para tráfico de voz y un canal para control. Dando un total de cuatro canales en total, gracias a las características del estándar TETRA permite que estos 4 canales sean

solventados por una única portadora. Esto además influye en la elección de la estación base transceptor. La misma que se la propone en base a la cantidad de portadoras que se requiere para un determinado sistema de comunicaciones.

f.4.- Análisis de resultados de costos del sistema.

Se parte primeramente del costo total para luego ir desglosando en cada uno de los requerimientos que representan la inversión.

La inversión total que requiere el sistema troncalizado TETRA que se propone es de $ 162910,16**,** él mismo que representa una cantidad considerable de dinero**.**

Como se puede observar la mayor parte de la inversión que se requiere es para los terminales portátiles y móviles. Esta inversión es necesaria ya que actualmente el SIMERT trabaja con radios Motorola analógicos y estos no se los puede utilizar para la migración a digital. Por lo que se requiere adquirir nuevos terminales.

La inversión que se requiere para el sistema de red troncalizado y radiante ocupa el segundo lugar en la inversión total, se requiere disponer de los equipos propuestos para tener un correcto funcionamiento. Además esta inversión se la realiza ya que el SIMERT no cuenta con ningún equipo que se lo pueda utilizar en el nuevo sistema.

Aunque los costos por instalación, respaldo de energía y concesión de frecuencias no son tal elevados comparados con los otros costos, estos representan una inversión que se tiene que realizar ya que si estos no se pueden poner en marcha el sistema que se propone.

g.- DISCUSIÓN.

Una vez realizado el análisis de los resultados se procede a la discusión de los mismos esta discusión se la realizo con relación a: Cobertura, diseño e inversión.

Los resultados de cálculos y simulaciones no son exactamente los mismos, sin embargo como se observa hasta una distancia de 4 Km se efectuaron mediciones a intervalos de 100 m, estos están en una relación aceptable, ya que en los cálculos y simulaciones no se sobrepasa una media de error en campo eléctrico de más de 10dBμV/m, lo cual se ha considerado aceptable dentro del diseño. Posterior a una distancia de 4Km se midió el campo a un intervalo de 4 Km para encontrar el límite en la cobertura, obteniendo así los límites que se presentaron en la tabla 33. En lo referente a los resultados de las simulaciones se realizaron mediciones bajo las mismas circunstancias que en los cálculos, sin embargo gracias a los beneficios del software, este permite encontrar el límite exacto de la cobertura, es por esta razón que son estos los valores que se expusieron en la tabla 34. Se observa que estos difieren de los cálculos, sin embargo no presentan una gran diferencia es por esta razón que se los considero como aceptable dentro del diseño.

Luego de exponer los resultados en cuanto a la cobertura obtenida al personal del SIMERT, manifestaron que estos están en concordancia con la demanda de cobertura que ellos requieren, aun si se requiere ampliar el área de funcionamiento del mismo, las comunicaciones no representarían inconvenientes ya que se tiene un nivel de campo eléctrico por encima del campo eléctrico nominal aceptable a lo largo de la ciudad de Loja lo que posibilita una buena comunicación.

En lo referente al diseño, la infraestructura que se propone está en completa relación a los requerimientos de comunicación en el SIMERT, se proponen los equipos idóneos y

necesarios para el correcto funcionamiento. La estación base es flexible y cubre los 4 canales que se requieren en el sistema, además, es totalmente escalable lo que permite adaptarse a cualquier ampliación del Sistema. Se dispone un controlador de estación base que se encargará de efectuar los procedimientos necesarios para establecer las comunicaciones. Los terminales trabajan con tecnología digital bajo las especificaciones del estándar TETRA.

Además de lo expuesto, un aspecto relevante a discutir es la inversión que se requiere para el sistema. Invertir en una tecnología digital y a la vez que cumpla con lo especificado en los sistemas troncalizados, que en la ciudad de Loja aún no se ha implementado, representa un desafío para cualquier empresa que desee invertir en las mismas. Si bien los sistemas troncalizados traen grandes ventajas en cuanto a los sistemas de radiocomunicaciones tradicionales estos representan una gran inversión. Inversión que es totalmente reciproca a los beneficios que se obtienen, beneficios que se ven reflejado en cuanto a la cobertura, la calidad de la señal de voz, una puerta abierta a transferencia de datos, conectividad a otras redes y un sinnúmero de aplicaciones que se pueden implementar en los sistemas troncalizados con tecnología digital. Estos aspectos son los que solventan y respaldan la inversión que se realiza.

Basándonos en el análisis de los resultados y en la tecnología que brinda el estándar se ha podido determinar que el SIMERT está en la capacidad solventar la inversión y así mismo se ha podido determinar que la implementación del sistema de radiocomunicaciones troncalizadas TETRA que se propone es factible tanto técnica como económicamente.

h.- CONCLUSIONES

El presente trabajo de tesis permitió establecer las siguientes conclusiones:

- El sistema de radio del SIMERT que posee en la actualidad, está brindando un servicio inadecuado e insuficiente ya que no cubre la demanda de cobertura que se requiere, ni brinda privacidad en las comunicaciones. Esto debido a que no cuenta con la infraestructura ni equipos necesarios para un sistema de radio que garantice sus comunicaciones.
- La calidad de la señal de voz se ve afectada por ruido presente en las comunicaciones y el estado de los terminales que están llegando a la culminación de su vida útil, todo esto afectando al desempeño del personal que hace uso de los mismos.
- Las comunicaciones móviles privadas como su nombre lo indica están orientada a la privacidad de sus comunicaciones y su aplicación se dirige a un sector no tan comercial como lo es fuerzas armadas, policía nacional, policía municipal y otras organizaciones, por lo que las funcionalidades que presentan no son las mismas que otros tipos de comunicaciones móviles como la telefonía celular que está orientado a un sector más comercial.
- En las comunicaciones móviles privadas de tipo convencional el tráfico que cursa por el mismo es limitado, y, sí se incrementa el personal que utiliza los canales de comunicación, al realizar varias llamadas en un mismo instante se produce la perdida de las mismas.
- Los sistemas troncalizados debido a sus características permiten manejar un elevado tráfico de llamadas gracias a la asignación dinámica de canales,

permitiendo de esta manera un mejor aprovechamiento del Espectro Radioeléctrico que en el Ecuador es un recurso limitado.

- Los sistemas troncalizados han sido diseñado para comunicaciones móviles privadas específicas, y gracias al desarrollo de la tecnología su ámbito de aplicación está creciendo, permitiendo la interconexión a otros sistemas y redes como lo son la red de telefonía.
- La interfaz de aire de TETRA es la más importante de todas las interfaces ya que define el funcionamiento de toda la red, y es donde se especifican parámetros y las características técnicas como: acceso múltiple, frecuencias de operación, modulación, canales, entre otros, los cuales son la base de operación del estándar.
- La ubicación de la estación base se lo realizo en el lugar en donde ya existe la infraestructura que SIMERT, para evitar costos innecesarios en el proyecto, ya que se evita invertir en levantamiento de torre, construcción de casetas, o alquiler de torre y terreno.
- Evaluar a azimut de 30° la distancia que se obtendrá para la cobertura como lo dispone el CONATEL, permitió obtener una mejor apreciación de los lugares en donde se tiene el campo eléctrico por encima de los 38.5 dBµV/m, y por medio del software de simulación Radio Mobile se pudo determinar de mejor manera el campo eléctrico y tener una mejor apreciación del área de cobertura alcanzada.
- Luego de observar la cobertura obtenida, se concluye que la ubicación de la estación base y por ende el sistema de radiocomunicaciones propuesto satisface la demanda de cobertura deseada, a pesar de que existen pequeñas zonas sin

servicio estas no representan ningún inconveniente para las comunicaciones del personal del SIMERT, ya que estas zonas se encuentran en las afueras de la parte céntrica de la ciudad de Loja.

- Una vez realizado el dimensionamiento del sistema se ha podido proponer los equipos según las necesidades y requerimientos del sistema, y características técnicas de los mismos que estén de acuerdo al estándar elegido, evitando de esta manera gastos innecesarios debido al mal dimensionamiento.
- La inversión del proyecto, si bien, es considerablemente alta, esta se puede financiar con recursos propios del SIMERT, además esta inversión se ve justificada y garantizada por los beneficios que presta el sistema para realizar las comunicaciones, así como por el tiempo de vida útil de los equipos.
- Por lo expuesto y en base a los análisis de los resultados se llegó a determinar que la implementación del sistema de radiocomunicaciones troncalizadas en el estándar TETRA es factible.

i.- RECOMENDACIONES

Entre las recomendaciones que se pueden proponer luego de la culminación del presente trabajo de tesis, se mencionan las siguientes:

- Antes de diseñar cualquier sistema de radiocomunicaciones se recomienda analizar la normativa del sistema a diseñar, y tomar muy en cuenta las regulaciones, porque estas garantizan un eficiente diseño y se evitan inconvenientes a la hora de poner en funcionamiento los mismos.
- Se recomienda realizar visitas de campo al sitio donde se pretende instalar la estación base, con el objetivo confirmar que exista el espacio físico y recursos necesarios para instalar los equipos de radio troncalizado en el cuartos de equipos y sistema radiante en la torre.
- Realizar mediciones de campo eléctrico a distancias reducidas para tener una mejor apreciación y abarcar con mayor profundidad los sitios de cobertura para que las comunicaciones se den de la mejor manera y no presenten ningún inconveniente.
- Las comunicaciones que actualmente posee el SIMERT son dedicados exclusivamente para voz y con funcionalidades de servicio limitadas, ante el avance tecnológico que permite la transmisión de datos, se recomienda el análisis de la alternativa de transmisión de datos sobre la red de radio troncalizada para aprovechar los beneficios de la tecnología digital que brinda TETRA.
- Es recomendable implementar el sistema de radio troncalizado TETRA propuesto con el objetivo de tener una apreciación real de la calidad de voz y la cobertura que brinda el sistema, y además poder realizar pruebas y mediciones

con el objetivo de comprobar si los cálculos y simulaciones que se realizaron se acercan a la realidad.

- Uno de los problemas que se presentó en el desarrollo del proyecto fue la simulación, al no disponer de software de simulación de cobertura que brinden una apreciación más acorde a la realidad, por tal motivo se recomienda a la carrera de Electrónica y Telecomunicaciones establezca convenios con las empresas que sean dueños de los software para que permitan a los estudiantes utilizar los software de simulaciones.
- Se recomienda al estado que de alguna manera invierta o auspicie la implementación o expansión de sistemas troncalizados o a lo lardo del territorio nacional, que le puede significar un ahorro de un recurso tan valioso como lo es espectro radioeléctrico.
- Para el funcionamiento eficiente y confiable del sistema TETRA se recomienda al SIMERT que disponga de personal especializado en radiocomunicaciones móviles para que realice el mantenimiento de los equipos y terminales del sistema, y además capacite al personal que labora en esta institución para la correcta utilización de los terminales con el objetivo de aprovechar de la mejor manera el nuevo sistema de radiocomunicaciones.

j.- BIBLIOGRAFÍA

LIBROS

[1] Marcombó S.A. Telecomunicaciones Móviles. Barcelona. 2da edición, Pág. 29-35, 101-106.

[2] Roig O. Valenzuela J. Comes R. Principios de Comunicaciones Móviles. Barcelona. 1ra Edición, Pág. 32-34.

[3] Rábanos J, Transmisión por Radio. Madrid. 4ta Edición, Pág. 115-232, 481-584.

TESIS

[4] Benítez F. "A*nálisis comparativo entre el estándar analógico MPT1327 y el estándar digital TETRA."* Tesis de Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones. Instituto politécnico Nacional. Quito. Ecuador. Mayo 2009.

[5] Díaz A. Ibarra J. *"Estudio técnico de factibilidad y diseño para la implementación de un sistema de radio troncalizado y su sistema de gestión para Petroproducción."* Tesis de ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones. Escuela Politécnica del Ejército. Quito. Ecuador. 2006.

[6] Vinueza M. *"Estudio y análisis de factibilidad para la migración hacia nuevos servicios de telecomunicaciones en la red del sistema de radiocomunicación móvil del comando conjunto de las FF.AA."*. Tesis de ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones. Escuela Politécnica del Ejército. Sangolquí. Ecuador. 2009.

[7] Bruzual Z. *"Estudio de propagación y cobertura del 60% del sistema de radio comunicaciones bajo protocolo tetra para la alcaldía del distrito metropolitano de caracas en su migración desde el estándar apco25."*. Tesis de ingeniería en Eléctrica. Universidad Central de Venezuela. Caracas. Venezuela. 2008.

[8] Viñachi C. *"Estudio y diseño de un sistema de radio troncalizado para Petroecuador y sus filiales."* Tesis de ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones. Escuela Politécnica del Ejército. Sangolquí. Ecuador. 2010.

[9] Elías A. *"Planificación de un sistema troncalizado en el estándar TETRA para aplicaciones de seguridad ciudadana y comunicaciones en caso de emergencia."* Tesis de ingeniería en Telecomunicaciones. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima. Perú. 2010.

[10] Lara N. "*Caracterización de una estación base del sistema TETRA de comunicaciones."*. Tesis de ingeniería en Comunicaciones y Electrónica Instituto Politécnico Nacional. México D.F. México. 2008.

PAGINAS WEB

[11] SIMERT, Consultado el 2/03/2014. [En línea]. Disponible en: http://www.loja.gob.ec/contenido/simert

[12] Comunicaciones móviles. Consultado el 20/03/2014. [En línea]. Disponible en: http://ocw.upm.es/teoria-de-la-senal-y-comunicaciones-1/radiocomunicacion/contenidos/presentaciones/moviles-07.pdf

[13] Guerra J. Comunicaciones Móviles. Consultado el 20/03/2014. [En línea]. Disponible en: http://www.tsc.uc3m.es/~jaguerra/downloads/4_Mov_Terrenal.pdf

[14] Reglamento para la explotación de sistemas troncalizados. Consultado el 13/04/2014. [En línea]. Disponible en: http://www.regulaciontelecomunicaciones.gob.ec/?s=sistemas+troncalizados

[15] Reglamento de interoperabilidad de los sistemas troncalizados. Consultado el 13/04/2014. En línea. Disponible en: http://www.regulaciontelecomunicaciones.gob.ec/?s=sistemas+troncalizados

[16] Reglamento por concesión y tarifas del uso del espectro, Consultado el 13/04/2014. [En línea], Disponible en: http://www.regulaciontelecomunicaciones.gob.ec/wp_content/uploads/downloads/2013/07/reglamento_concesion_espectro_radioelect1.pdf

[17] Abonados del servicio troncalizado. Consultado el 13/04/2014. [En línea], Disponible en: http://www.regulaciontelecomunicaciones.gob.ec/biblioteca/

[18] Motorola. Sistemas troncalizados digitales. Consultado el 07/05/2014. [En línea]. Disponible en: http://www.urbe.edu/info-consultas/web-profesor/12697883/articulos/Radio%20Frecuencia/troncalizados_digitales.pdf

[19] Terrestrial trunked Radio (TETRA); Voice plus data (V+D); Part 2: Air Interface (AI), ETSI TS 100 392-2. 2013. Consultado el 07/05/2014 [En línea]. Disponible en: http://www.etsi.org/technologies-clusters/technologies/tetra

[20] Vicente C. Introducción a las redes de comunicación trunking digital tetra. Consultado el 07/05/2014 [En línea], Disponible en: http://personales.unican.es/perezvr/pdf/TETRA-UC_13_7_2010.pdf

[21] Clemons P. TETRA en Latinoamérica y Argentina. TETRA Association. Consultado el 07/05/2014 [En línea]. Disponible en: http://www.tandcca.com/Library/Documents/TETRA_Resources/Library/Presentations/BA2010Clemons.pdf

[22] Redes de acceso celular - Redes PMR. Sistema TETRA. Consultado el

07/05/2014 [En línea]. Disponible en:
http://www.ea1uro.com/pdf/RedesPMRSistemaTETRA.pdf

[23] Dominion. Introducción tecnología TETRA. Consultado el 07/05/2014 [En línea]. Disponible en:
http://ftp3.syscom.mx/usuarios/vsanora/ROHILL/Introduccion%20sistemas%20Tetra.pdf

[24] Duntop J, Girma D, Irvine J, *"Digital Mobile Communications and the TETRA System"*. Consultado el 07/05/2014 [En línea], Disponible en:
http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/9781118832585.app4/pdf

[25] Radiación y Radiocomunicación. Consultado el 13/06/2014 [En línea]. Disponible en:
http://personal.us.es/ccrespo/radio/transparencias/Radiopropagacion_new.pdf

[26] Murillo J. Radiación y Radiocomunicación: Tema 7: Radiopropagación. Consultado el 13/06/2014 [En línea]. Disponible en:
http://personal.us.es/murillo/docente/radio/documentos/tema7.pdf

[27] Murillo J. Radiación y Radiocomunicación: Tema 9: Sistemas de Radiocomunicaciones Móviles. Consultado el 13/06/2014 [En línea]. Disponible en:
http://personal.us.es/murillo/docente/radio/documentos/tema9.pdf

[28] Bases de datos topográficos digitales para estudios de propagación. Consultado el 13/06/2014 [En línea]. Disponible en:
http://webs.uvigo.es/servicios/biblioteca/uit/rec/P/R-REC-P.1058-2-199910-I!!PDF-S.pdf

[29] Recomendación UIT-R P.526-10. Propagación por difracción. Consultado el 13/06/2014 [En línea]. Disponible en:
http://webs.uvigo.es/servicios/biblioteca/uit/rec/P/R-REC-P.526-10-200702-I!!PDF-S.pdf

[30] Murillo J. Fórmulas de radiopropagación en decibelios. Consultado el 13/06/2014 [En línea]. Disponible en:
http://personal.us.es/murillo/docente/radio/documentos/decibelios.pdf.

[31] Soluciones de Radiocomunicaciones digitales trunking TETRA. Consultado el 8/08/2014 [En línea].
http://www.incotel.cl/Radio_com.html

[32] TetraFlex Outdoor System. Consultado el 8/08/2014 [En línea]. Disponible en:
http://www.damm.dk/products/base-station-outdoor/

[33] TetraFlex Dispatcher. Consultado el 8/08/2014 [En línea]. Disponible en:
http://www.damm.dk/media/pdf/1958903/product_flyer_tetraflex%20dispatche

r_2014.03.19_ver.1.1_l.01_lowres.pdf

[34] Sepura. TETRA. Consultado el 8/08/2014 [En línea]. Disponible en: http://www.sepura.com/products/tetra/

[35] Omnidirectional Anntena Kathrein. Consultado el 8/08/2014 [En línea]. Disponible en: http://www.kathrein-scala.com/catalog/738192.pdf

[36] Forza UPS Atlas 3K. Consultado el 8/08/2014 [En línea]. Disponible en: http://www.forzaups.com/ec/productos/ups/atlas/forza-ups-atlas-3k#tech-specs

[37] Flujo de caja en Excel. Consultado el 24/10/2014 [En línea]. Disponible en: http://exceltotal.com/flujo-de-caja-en-excel/

[38] Análisis y Evaluación de Proyectos de Inversión. Consultado el 11/12/2014 [En línea]. Disponible en: http://plandenegocios2011.files.wordpress.com/2011/02/plan_de_negocios_evaluacion_de_proyectos_040411.pdf.

[39] El efecto de la inflación en el análisis de las inversiones. Consultado el 11/12/2014 [En línea]. Disponible en: http://www.eumed.net/libros-gratis/2013a/1290/inflacion.html

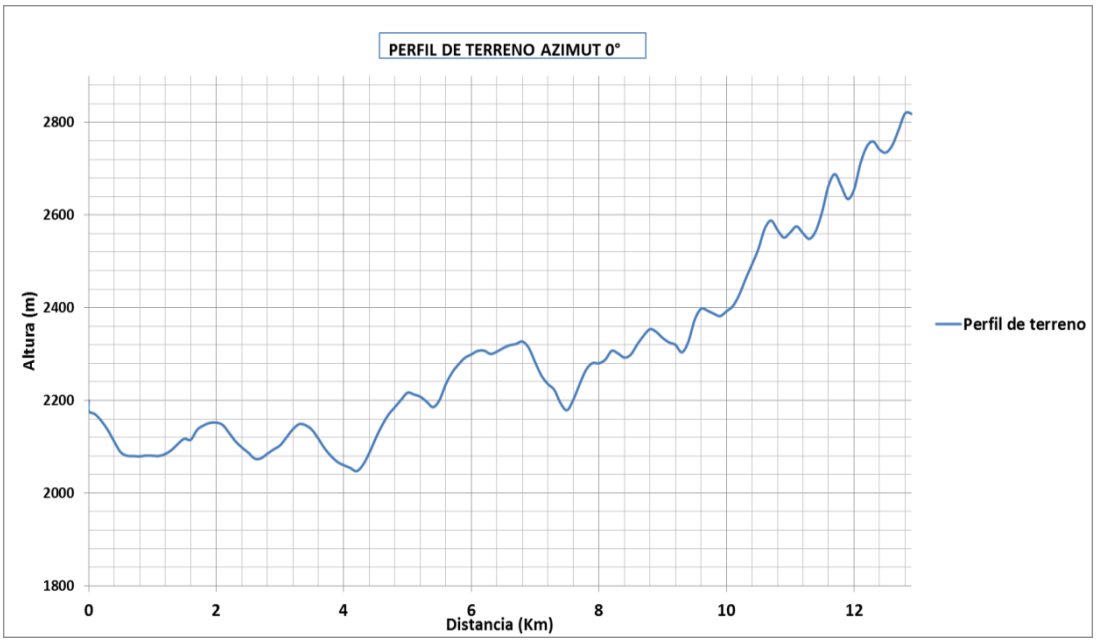
[40] La empresa ante la inflación y depreciación. Consultado el 11/12/2014 [En línea]. Disponible en: http://www.auladeeconomia.com/articulos11.htm

[41] Equipos de infraestructura para DAMM Tetraflex. Consultado el 18/01/2015 [En línea]. Disponible en: http://www.integrapro.com/rus/equipment/TETRA/DAMM/infrastructure/VoI-PE1

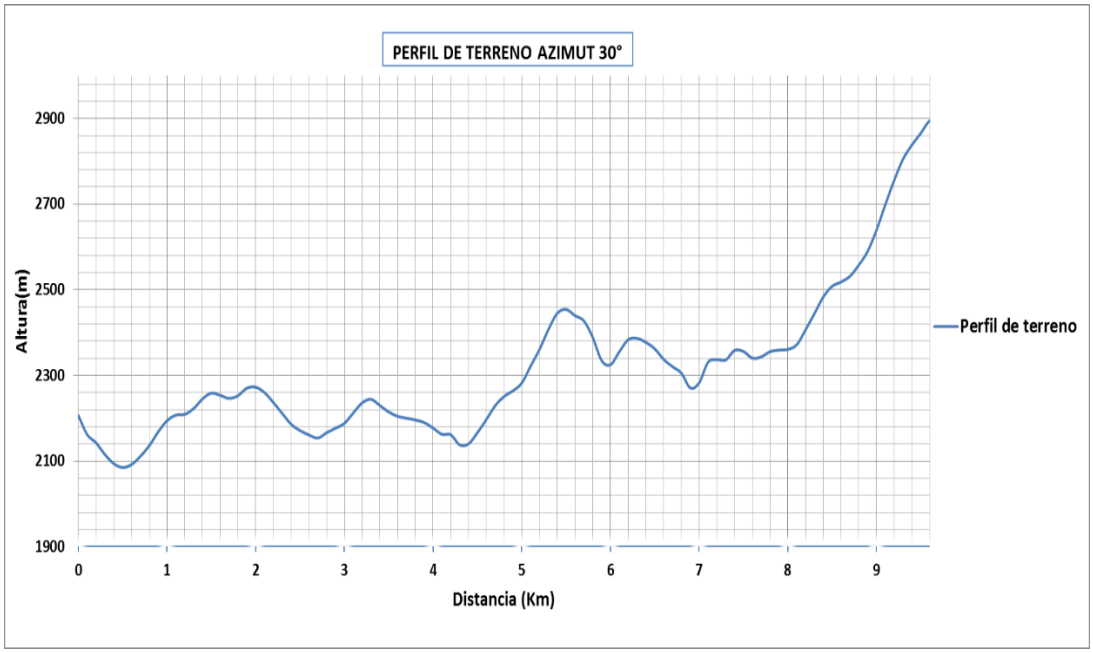
k.- ANEXOS

ANEXO A. PERFILES DE TERRENO

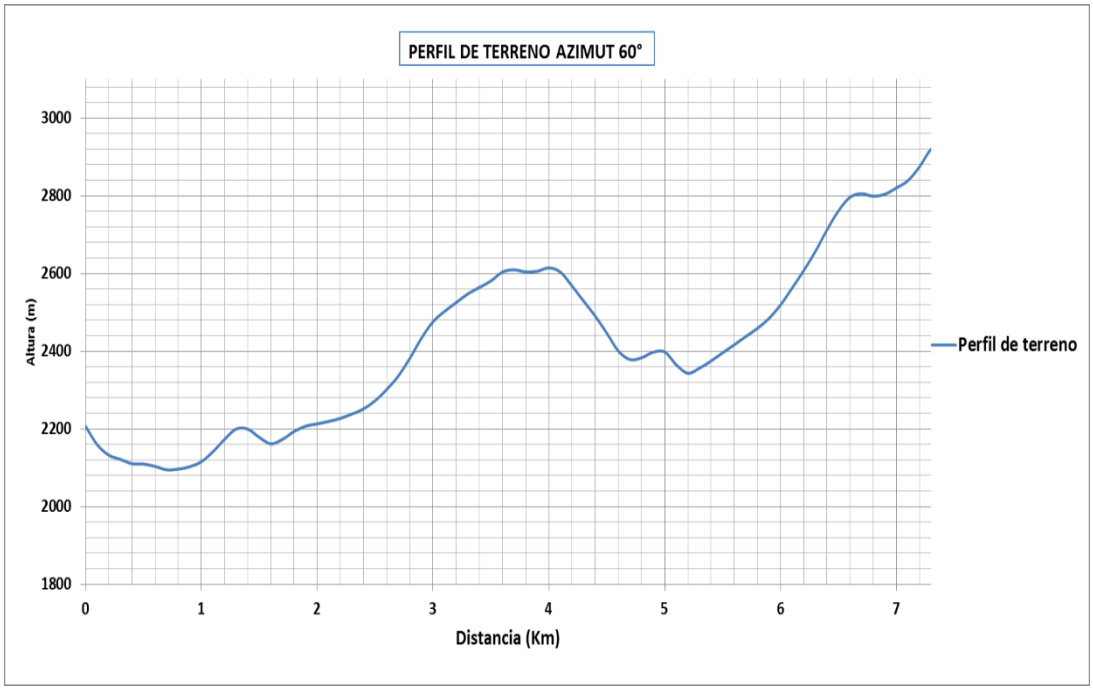
ANEXO A-1. Perfil de Terreno Azimut 0°



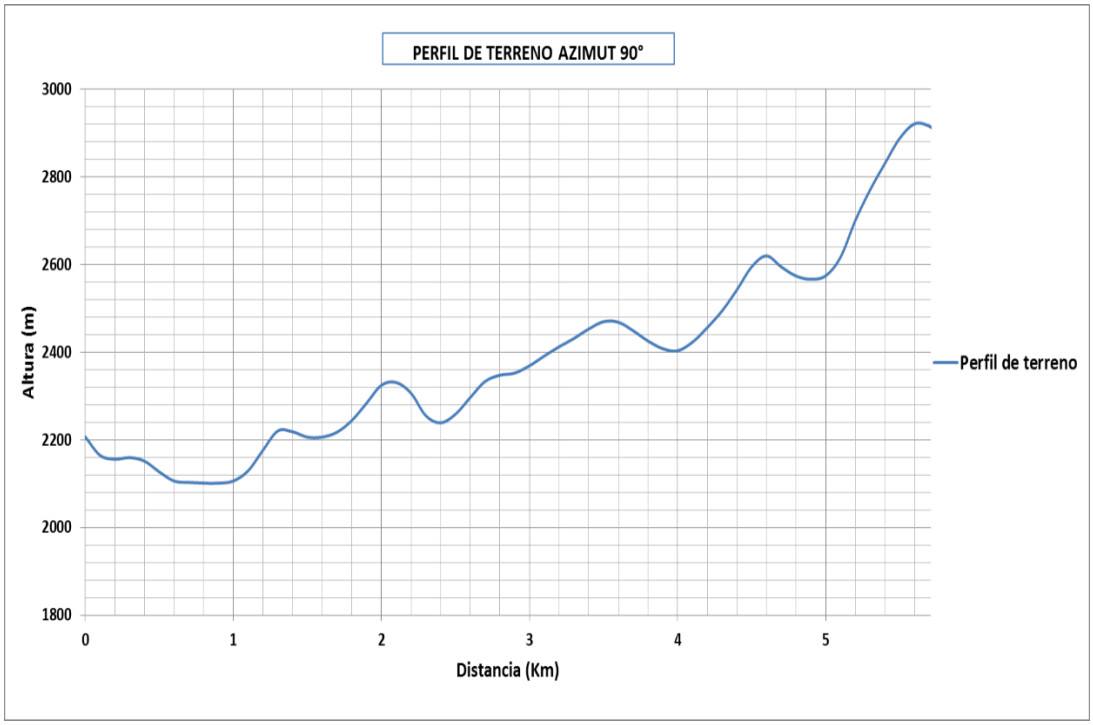
ANEXO A-2. Perfil de Terreno Azimut 30°



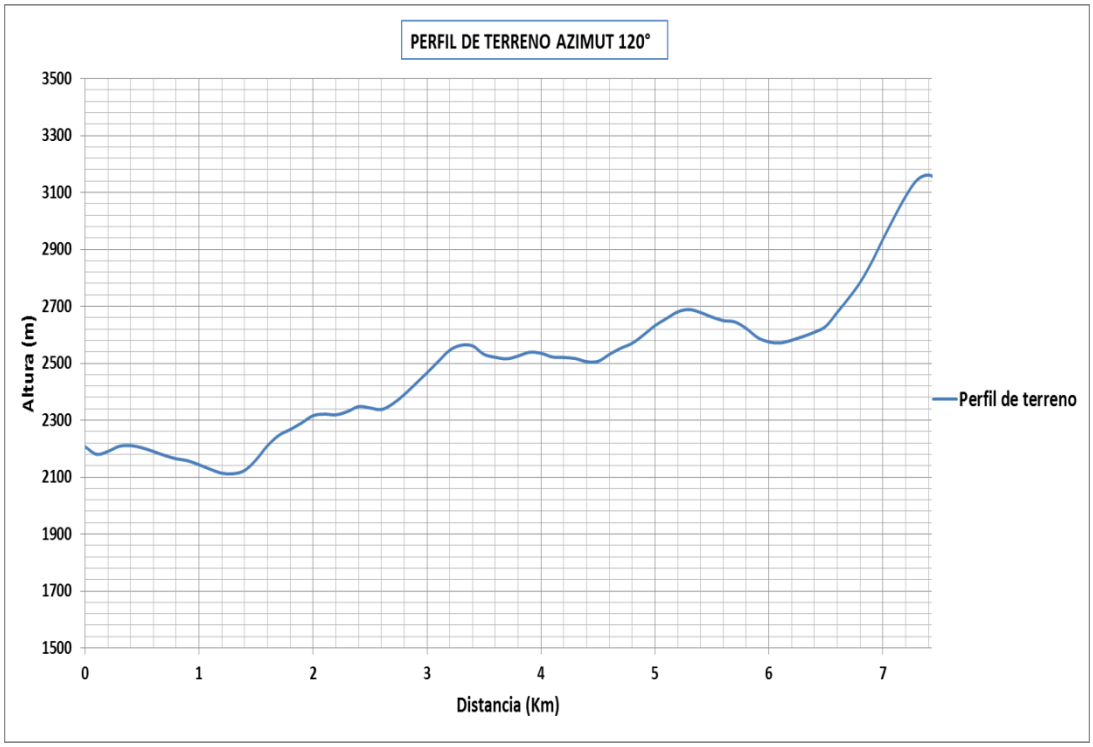
ANEXO A-3. Perfil de Terreno Azimut 60°



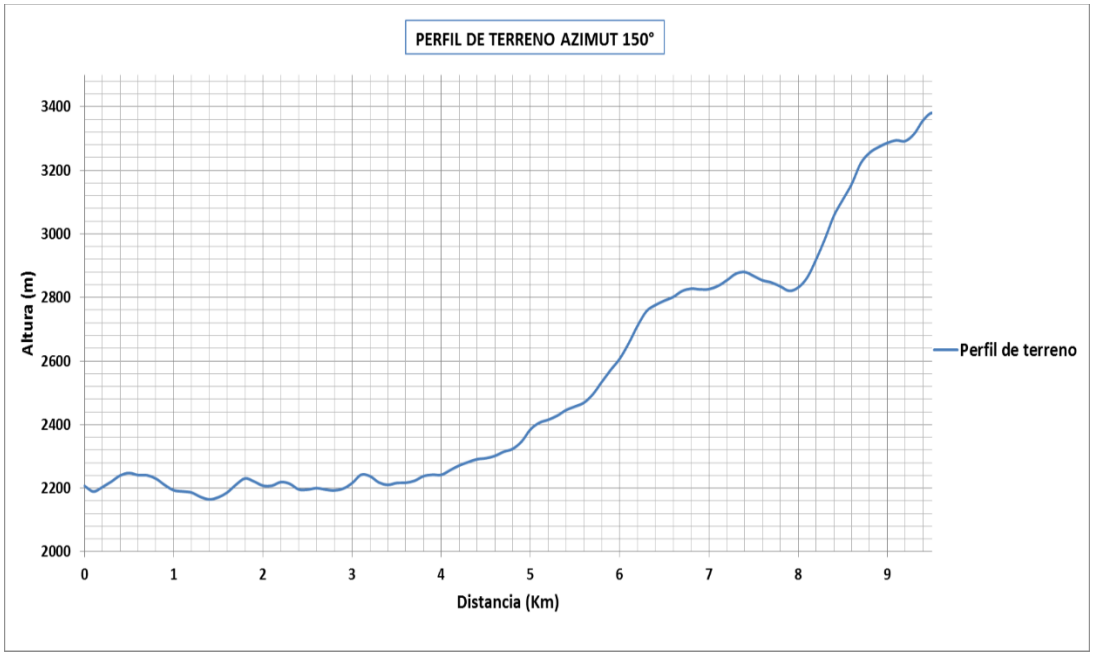
ANEXO A-4. Perfil de Terreno Azimut 90°



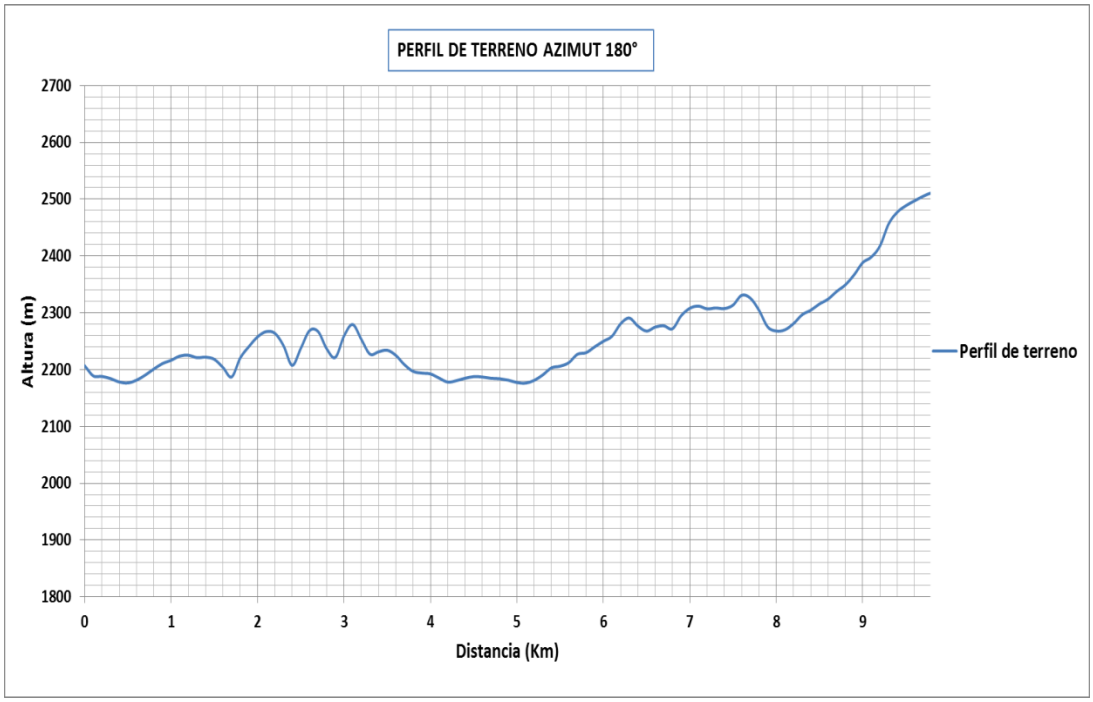
ANEXO A-5. Perfil de Terreno Azimut 120°



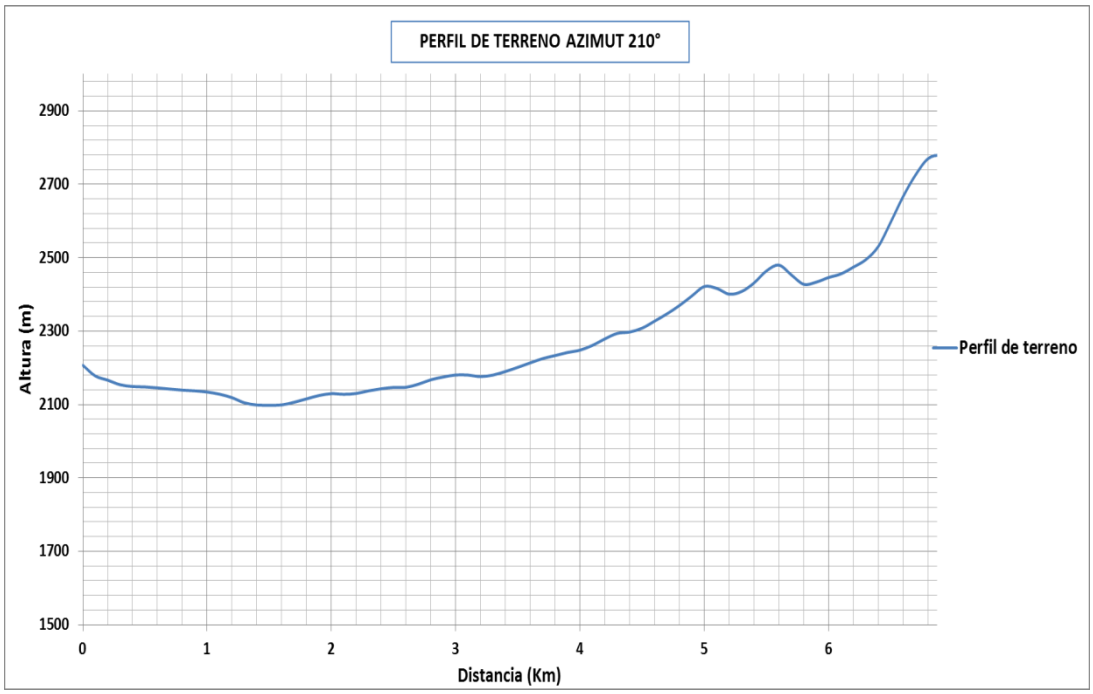
ANEXO A-6. Perfil de Terreno Azimut 150°



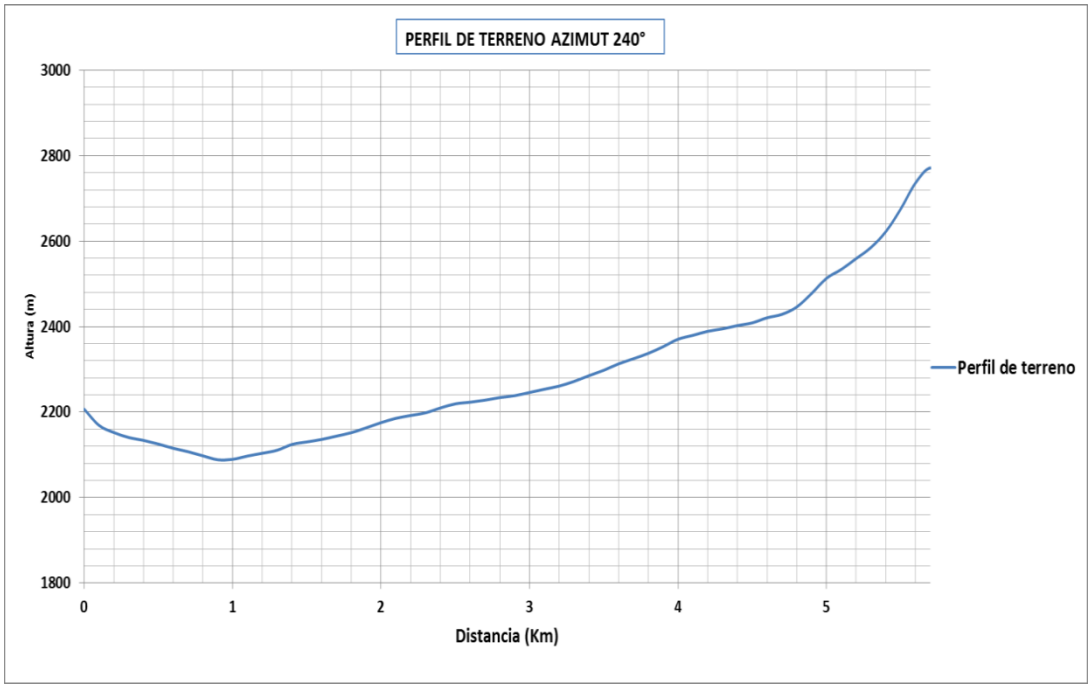
ANEXO A-7. Perfil de Terreno Azimut 180°



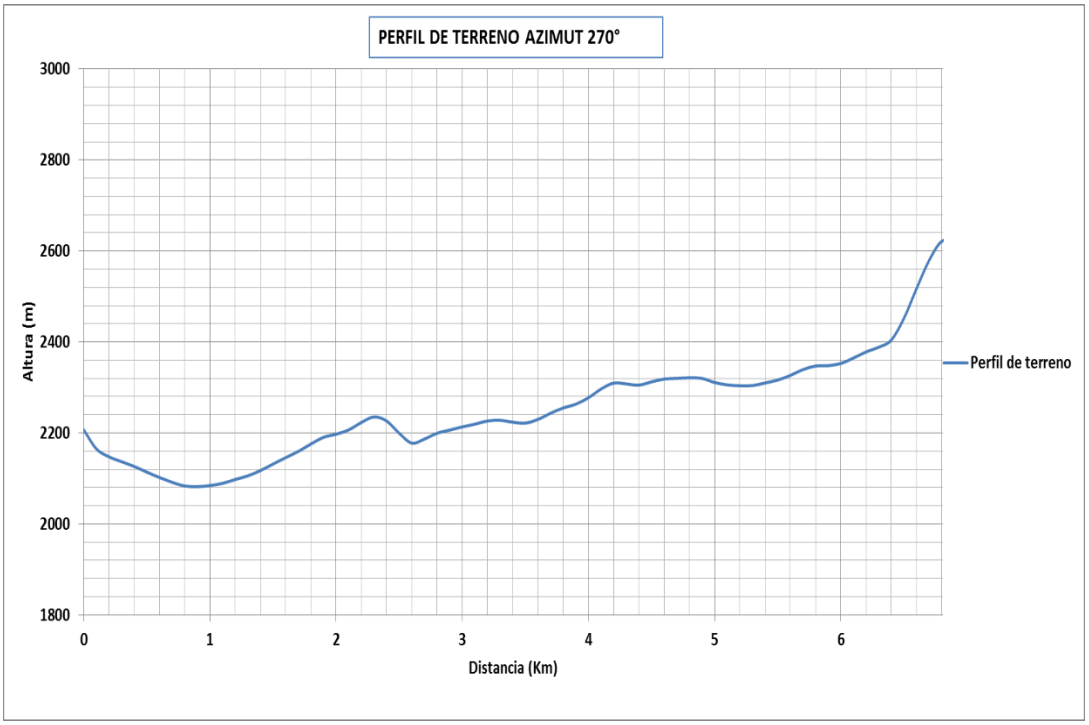
ANEXO A-8. Perfil de Terreno Azimut 210°



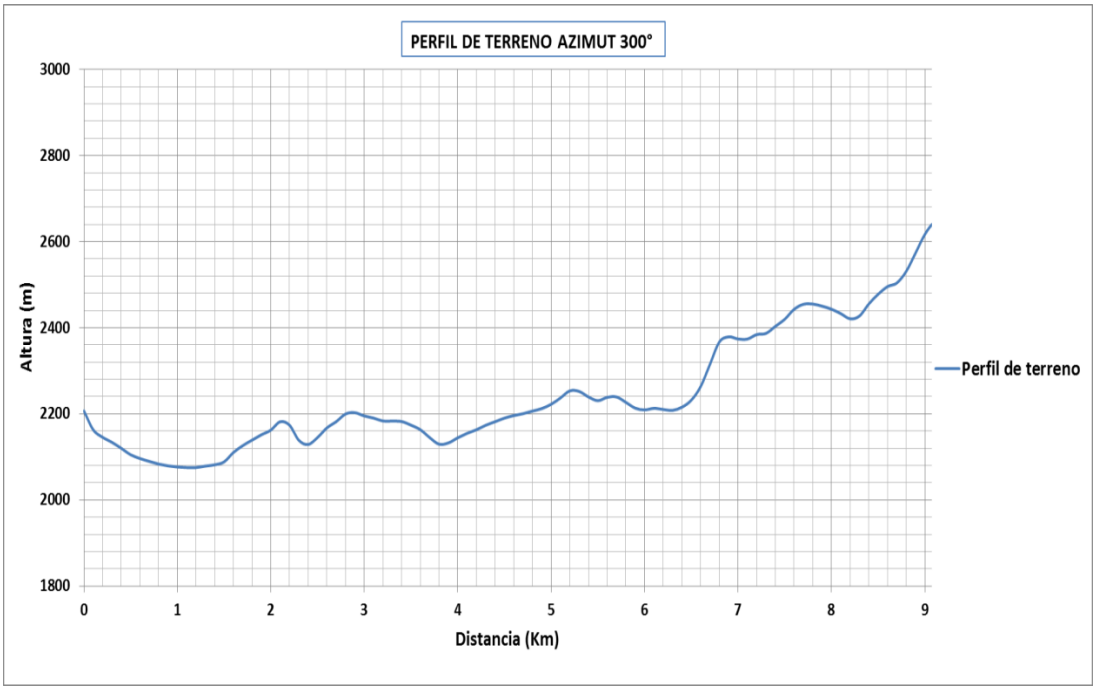
ANEXO A-9. Perfil de Terreno Azimut 240°



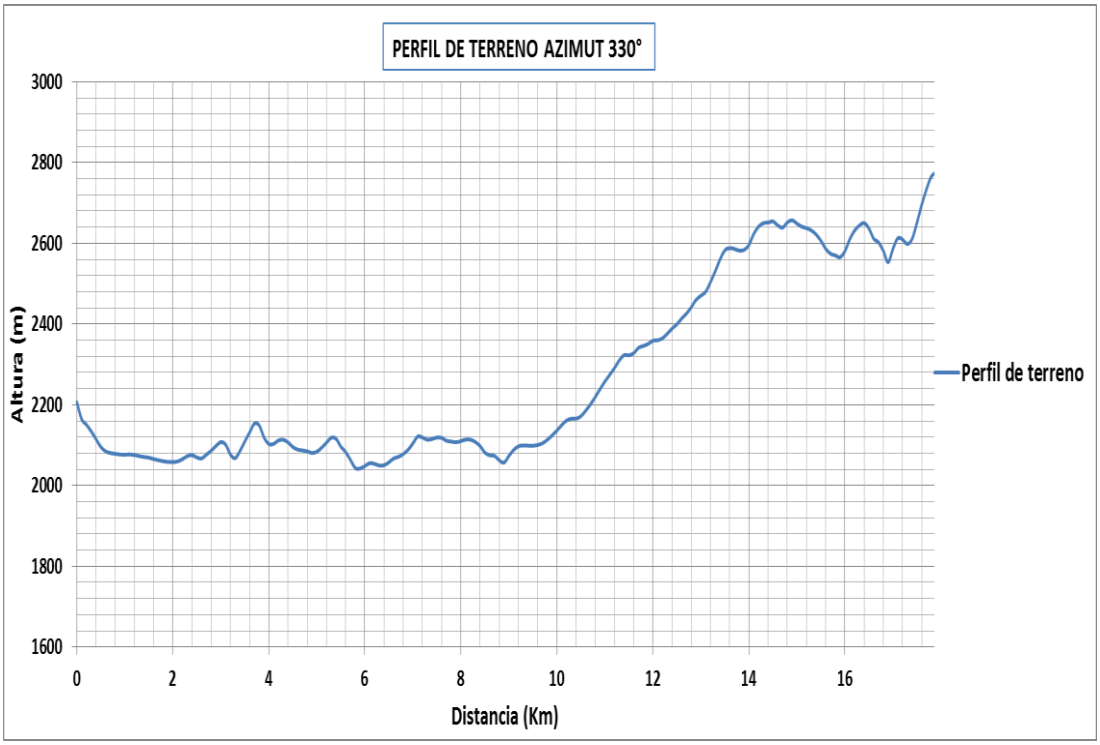
ANEXO A-10. Perfil de Terreno Azimut 270°



ANEXO A-11. Perfil de Terreno Azimut 300°



ANEXO A-12. Perfil de Terreno Azimut 330°



ANEXO B. CAMPO ELÉCTRICO.

ANEXO B-1. CAMPO ELÉTRICO OBTENIDO AZIMUT 0°

AZIMUT 0°				
Distancia (Km)	**Pérdidas por Obstáculo (dB)**	**Margen de Desvanecimiento (dB)**	**Campo Eléctrico Calculado (dBµV/m)**	**Campo Eléctrico Simulado (dBµV/m)**
0,1	0	-52,19	101,13	99,2
0,2	0	-43,16	95,1	97,3
0,3	0	-37,87	91,58	91,4
0,4	8,5	-34,12	80,58	85,9
0,5	8,5	-31,22	78,65	85,8
0,6	0	-28,84	85,56	86,5
0,7	0	-26,83	84,22	86,4
0,8	0	-25,09	83,06	85,4
0,9	0	-23,56	82,04	84,5
1	0	-41	81,13	83,4
1,1	0	-20,94	80,3	81,9
1,2	0	-18,81	79,54	82
1,3	0	-18,77	78,85	80,7
1,4	0	-17,8	78,2	80,9
1,5	0	-16,9	77,6	78,9
1,6	0	-16,06	77,04	79,6
1,7	0	-15,27	76,52	77,8
1,8	0	-14,53	76,02	78,1
1,9	0	-13,82	75,55	77,5
2	0	-13,16	75,1	77,9
2,1	9	-12,52	65,68	61
2,2	22	-11,91	52,28	31,9
2,3	21	-11,33	52,89	26
2,4	22	-10,78	51,52	23
2,5	21	-10,25	51,17	22,4
2,6	22	-9,74	50,83	21,4
2,7	21	-9,25	51,5	23,1
2,8	17	-8,77	55,18	30,9
2,9	15	-8,31	56,88	35,1
3	13	-7,87	58,58	45,6
3,1	8	-7,45	63,3	57,2
3,2	0	-7,03	71,02	68
3,3	0	-6,63	70,75	73,5
3,4	0	-6,24	70,5	68,3
3,5	16	-5,86	54,24	60,6
3,6	18	-5,5	52	31,3
3,7	21	-5,14	48,76	14,8
3,8	33	-7,79	36,53	13,3
3,9	34	-4,45	35,3	13,1
4	35	-4,12	34,08	14
8	23	4,9	45,16	42,4
12	25	10,18	34,36	65,7
16	44	13,93	9,11	-24,2
20	36	16,83	12,26	2

ANEXO B-2. CAMPO ELÉTRICO OBTENIDO AZIMUT 30°

AZIMUT 30°				
Distancia (Km)	**Pérdidas por obstáculo (dB)**	**Margen de desvanecimiento (dB)**	**Campo Eléctrico calculado (dBµV/m)**	**Campo Eléctrico simulado (dBµV/m)**
0,1	0	-52,19	101,13	99,3
0,2	0	-43,16	95,1	97,3
0,3	0	-37,87	91,58	92,9
0,4	0	-34,12	89,08	82,8
0,5	0	-53	87,15	89,9
0,6	0	-28,84	85,56	86,4
0,7	0	-26,83	84,22	87,1
0,8	0	-25,09	83,06	85,3
0,9	0	-23,56	82,04	83,8
1	0	-22,19	81,13	82,8
1,1	0	-20,94	80,3	81,8
1,2	0	-19,81	79,54	82,5
1,3	0	-18,77	78,85	81,5
1,4	0	-17,8	78,2	79,6
1,5	0	-16,9	77,6	79,5
1,6	19	-16,06	58,04	66,4
1,7	23	-15,27	53,52	25,5
1,8	20	-14,53	56,02	31
1,9	12	-13,82	63,55	55,9
2	12	-13,16	63,1	58,9
2,1	18	-12,52	56,68	45,5
2,2	55	-11,91	19,28	19,1
2,3	59	-11,33	14,89	15
2,4	62	-10,78	11,52	11,1
2,5	63	-10,25	10,17	10
2,6	64	-9,74	8,83	11,1
2,7	64	-9,25	7,5	11,9
2,8	61	-8,77	11,18	15,3
2,9	59	-8,31	12,88	16,8
3	58	-7,87	13,58	20,9
3,1	54	-7,45	17,3	25,1
3,2	50	-7,03	21,02	33,5
3,3	47	-6,63	23,75	35,7
3,4	49	-6,24	21,5	26
3,5	55	-5,86	14,25	13,7
3,6	55	-5,5	15	13,7
3,7	54	-5,14	15,76	14,9
3,8	55	-4,79	14,53	15
3,9	56	-4,45	13,3	15,1
4	57	-4,12	12,08	14
8		4,9	19,8	19,8
12		10,18	-15,4	-15,4
16		13,93	-13,1	-13,1

ANEXO B-3. CAMPO ELÉCTRICO OBTENIDO AZIMUT 60°

AZIMUT 60°				
Distancia (Km)	**Pérdidas por obstáculo (dB)**	**Margen de desvanecimiento (dB)**	**Campo Eléctrico calculado (dBµV/m)**	**Campo Eléctrico simulado (dBµV/m)**
0,1	0	-52,19	101,13	99,5
0,2	0	-43,16	95,1	96,6
0,3	0	-37,87	91,58	94,7
0,4	0	-34,12	89,08	89,9
0,5	0	-53	87,15	89,3
0,6	0	-28,84	85,56	87,2
0,7	0	-26,83	84,22	85,9
0,8	0	-25,09	83,06	85,4
0,9	0	-23,56	82,04	84,8
1	0	-22,19	81,13	83,2
1,1	0	-20,94	80,3	81,7
1,2	0	-19,81	79,54	82,3
1,3	0	-18,77	78,85	81,1
1,4	0	-17,8	78,2	79,6
1,5	22	-16,9	55,6	28,7
1,6	22	-16,06	55,04	24,6
1,7	17	-15,27	59,52	27,5
1,8	10	-14,53	66,02	37,1
1,9	0	-13,82	75,55	70,1
2	0	-13,16	75,1	72,9
2,1	0	-12,52	74,68	74,2
2,2	0	-11,91	74,28	76,5
2,3	0	-11,33	73,89	76,8
2,4	0	-10,78	73,52	75,2
2,5	0	-10,25	73,17	75,9
2,6	0	-9,74	72,83	75,2
2,7	0	-9,25	72,5	75,2
2,8	0	-8,77	72,18	73,7
2,9	0	-8,31	71,88	74,7
3	0	-7,87	71,58	73,5
3,1	0	-7,45	71,3	73,7
3,2	0	-7,03	71,02	71,4
3,3	0	-6,63	70,75	72,8
3,4	0	-6,24	70,5	72,1
3,5	0	-5,86	70,24	69,2
3,6	0	-5,5	70	72,1
3,7	9	-5,14	60,76	65,6
3,8	19	-4,79	50,53	26,5
3,9	20	-4,45	49,3	21,3
4	19	-4,12	50,08	22,1
8		4,9	-5,5	-5,5
12		10,18	-3,8	-3,8
16		13,93	-21,8	-21,8
20		16,83	-17	-17

ANEXO B-4. CAMPO ELÉTRICO OBTENIDO AZIMUT 90°

AZIMUT 90°				
Distancia (Km)	**Pérdidas por obstáculo (dB)**	**Margen de desvanecimiento (dB)**	**Campo Eléctrico calculado (dBµV/m)**	**Campo Eléctrico simulado (dBµV/m)**
0,1	0	-52,19	101,13	100,6
0,2	0	-43,16	95,1	95,9
0,3	0	-37,87	91,58	94,7
0,4	0	-34,12	89,08	91,2
0,5	0	-53	87,15	80,9
0,6	22	-28,84	85,56	50,8
0,7	13	-26,83	71,22	59,4
0,8	0	-25,09	83,06	81,7
0,9	0	-23,56	82,04	84,5
1	0	-22,19	81,13	82,5
1,1	0	-20,94	80,3	82,8
1,2	0	-19,81	79,54	81,3
1,3	0	-18,77	78,85	81,5
1,4	0	-17,8	78,2	80,9
1,5	25	-16,9	52,6	34
1,6	23	-16,06	54,04	37,1
1,7	17	-15,27	59,52	46,9
1,8	0	-14,53	76,02	71,5
1,9	0	-13,82	75,55	77,6
2	0	-13,16	75,1	77,9
2,1	0	-12,52	74,68	77,4
2,2	30	-11,91	44,28	24,4
2,3	35	-11,33	38,89	9,8
2,4	36	-10,78	37,52	4,5
2,5	35	-10,25	38,17	7,9
2,6	29	-9,74	43,83	19,1
2,7	24	-9,25	48,5	37,8
2,8	20	-8,77	52,18	42,8
2,9	19	-8,31	52,88	42,2
3	14	-7,87	57,58	48,3
3,1	8	-7,45	63,3	62,7
3,2	0	-7,03	71,02	71,1
3,3	0	-6,63	70,75	73
3,4	0	-6,24	70,5	72,2
3,5	0	-5,86	70,24	71,8
3,6	0	-5,5	70	70,4
3,7	29	-5,14	40,76	14,8
3,8	32	-4,79	37,53	9,2
3,9	34	-4,45	35,3	4,5
4	34	-4,12	35,08	4,4
8		4,9	-9,3	-9,3
12		10,18	-9,2	-9,2
16		13,93	-18,1	-18,1
20		16,83	-35,8	-35,8

ANEXO B-5. CAMPO ELÉTRICO OBTENIDO AZIMUT 120°

AZIMUT 120°				
Distancia (Km)	**Pérdidas por obstáculo (dB)**	**Margen de desvanecimiento (dB)**	**Campo Eléctrico calculado (dBµV/m)**	**Campo Eléctrico simulado (dBµV/m)**
0,1	0	-52,19	101,13	100,4
0,2	0	-43,16	95,1	96,1
0,3	0	-37,87	91,58	94,9
0,4	0	-34,12	89,08	89,7
0,5	21	-53	66,15	67,9
0,6	22	-28,84	63,56	48,1
0,7	24	-26,83	60,22	42,8
0,8	28	-25,09	55,06	36,9
0,9	30	-23,56	52,04	36,3
1	29	-22,19	52,13	34,1
1,1	30	-20,94	50,13	35,9
1,2	30	-19,81	49,54	32,2
1,3	28	-18,77	50,85	30,1
1,4	25	-17,8	53,2	29,4
1,5	22	-16,9	55,6	36,1
1,6	11	-16,06	66,04	42,6
1,7	0	-15,27	76,52	68,6
1,8	0	-14,53	76,02	73,5
1,9	0	-13,82	75,55	77,8
2	10	-13,16	75,1	77,8
2,1	0	-12,52	74,68	75,5
2,2	21	-11,91	53,28	38,6
2,3	9	-11,33	64,89	52,2
2,4	0	-10,78	73,52	72
2,5	12	-10,25	61,17	75,4
2,6	41	-9,74	31,83	25,5
2,7	14	-9,25	58,5	43,8
2,8	0	-8,77	72,18	74,9
2,9	0	-8,31	71,88	74,7
3	0	-7,87	71,58	75,1
3,1	0	-7,45	71,3	68
3,2	0	-7,03	71,02	70
3,3	0	-6,63	70,75	75,2
3,4	0	-6,24	70,5	72,6
3,5	33	-5,86	37,24	3,2
3,6	35	-5,5	35	1
3,7	35	-5,14	34,76	2,1
3,8	34	-4,79	35,53	3,5
3,9	32	-4,45	37,3	6,9
4	32	-4,12	37,08	7,6
8		4,9	2,7	2,7
12		10,18	-15,2	-15,2
16		13,93	-13,7	-13,7
20		16,83	-26,8	-26,8

ANEXO B-6. CAMPO ELÉTRICO OBTENIDO AZIMUT 150°

AZIMUT 150°				
Distancia (Km)	**Pérdidas por obstáculo (dB)**	**Margen de desvanecimiento (dB)**	**Campo Eléctrico calculado (dBµV/m)**	**Campo Eléctrico simulado (dBµV/m)**
0,1	0	-52,19	101,13	101,1
0,2	0	-43,16	95,1	96,1
0,3	0	-37,87	91,58	93,6
0,4	0	-34,12	89,08	91
0,5	0	-53	87,15	90,3
0,6	34	-28,84	51,56	55,2
0,7	26	-26,83	58,22	51
0,8	34	-25,09	49,06	44,8
0,9	45	-23,56	37,04	33,9
1	59	-22,19	22,13	27,9
1,1	60	-20,94	20,3	27,2
1,2	58	-19,81	21,54	28,7
1,3	45	-18,77	33,85	29,9
1,4	45	-17,8	33,2	27,7
1,5	50	-16,9	27,6	25,3
1,6	42	-16,06	35,4	26,5
1,7	41	-15,27	35,52	31,5
1,8	40	-14,53	36,02	35,3
1,9	42	-13,82	33,55	37,1
2	43	-13,16	32,1	27,4
2,1	44	-12,52	30,68	23,9
2,2	43	-11,91	31,28	29,6
2,3	47	-11,33	26,89	34,3
2,4	51	-10,78	22,52	17,8
2,5	53	-10,25	20,17	17,6
2,6	51	-9,74	21,83	24,4
2,7	52	-9,25	20,5	25,3
2,8	50	-8,77	22,18	23,9
2,9	49	-8,31	22,88	25
3	44	-7,87	27,58	28,2
3,1	24	-7,45	47,3	31,2
3,2	39	-7,03	32,02	31,7
3,3	50	-6,63	20,75	14,5
3,4	52	-6,24	18,5	12,6
3,5	55	-5,86	15,24	18,5
3,6	47	-5,5	23	20,8
3,7	45	-5,14	24,76	21,8
3,8	39	-4,79	30,53	25,7
3,9	39	-4,45	30,3	29,5
4	40	-4,12	29,08	28,6
8	42	4,9	31,06	8
12		10,18	-20,9	-20,9
16		13,93	-13,9	-13,9
20		16,83	-10	-10

ANEXO B-7. CAMPO ELÉTRICO OBTENIDO AZIMUT 180°

AZIMUT 180°				
Distancia (Km)	**Pérdidas por obstáculo (dB)**	**Margen de desvanecimiento (dB)**	**Campo Eléctrico calculado (dBµV/m)**	**Campo Eléctrico simulado (dBµV/m)**
0,1	0	-52,19	101,13	101
0,2	0	-43,16	95,1	97,6
0,3	0	-37,87	91,58	93,6
0,4	0	-34,12	89,08	91,6
0,5	0	-53	87,15	88,9
0,6	0	-28,84	85,56	88,1
0,7	0	-26,83	84,22	86,7
0,8	0	-25,09	83,06	85,5
0,9	0	-23,56	82,04	84,9
1	0	-22,19	81,13	83,6
1,1	0	-20,94	80,3	83
1,2	0	-19,81	79,54	82,3
1,3	13	-18,77	65,85	71,9
1,4	13	-17,8	65,2	69,9
1,5	15	-16,9	62,6	69,3
1,6	24	-16,06	53,04	47,6
1,7	26	-15,27	50,52	42,2
1,8	13	-14,53	63,02	69,2
1,9	0	-13,82	75,55	78
2	0	-13,16	75,1	76,5
2,1	0	-12,52	74,68	76,7
2,2	14	-11,91	60,28	62,2
2,3	0	-11,33	48,89	35,5
2,4	0	-10,78	45,52	18,1
2,5	0	-10,25	48,17	38,8
2,6	0	-9,74	72,83	71,5
2,7	0	-9,25	72,5	73,1
2,8	54	-8,77	18,28	14,4
2,9	56	-8,31	15,88	15,5
3	40	-7,87	31,58	43,8
3,1	13	-7,45	58,3	59,4
3,2	49	-7,03	22,02	34
3,3	58	-6,63	12,75	9,2
3,4	57	-6,24	13,5	16,6
3,5	55	-5,86	15,24	20,1
3,6	53	-5,5	17	18,1
3,7	55	-5,14	14,76	22,1
3,8	57	-4,79	12,53	19,6
3,9	57	-4,45	12,3	16,4
4	57	-4,12	12,08	17,2
8		4,9	48,6	48,6
12		10,18	-5,6	-5,6
16		13,93	-18,3	-18,3
20		16,83	-27,1	-27,1

ANEXO B-8. CAMPO ELÉTRICO OBTENIDO AZIMUT 210°

AZIMUT 210°				
Distancia (Km)	**Pérdidas por obstáculo (dB)**	**Margen de desvanecimiento (dB)**	**Campo Eléctrico calculado (dBµV/m)**	**Campo Eléctrico simulado (dBµV/m)**
0,1	0	-52,19	101,13	99,6
0,2	0	-43,16	95,1	96,2
0,3	0	-37,87	91,58	95
0,4	0	-34,12	89,08	91,5
0,5	0	-53	87,15	88,9
0,6	0	-28,84	85,56	86,8
0,7	0	-26,83	84,22	87,2
0,8	0	-25,09	83,06	85,6
0,9	0	-23,56	82,04	83,3
1	0	-22,19	81,13	79,5
1,1	0	-20,94	80,3	76,4
1,2	10	-19,81	69,54	69,2
1,3	12	-18,77	66,85	70,3
1,4	10	-17,8	68,2	76,3
1,5	0	-16,9	77,6	80,2
1,6	0	-16,06	77,04	79,3
1,7	0	-15,27	76,52	78,3
1,8	0	-14,53	76,02	78,7
1,9	0	-13,82	75,55	77
2	0	-13,16	75,1	77,2
2,1	0	-12,52	74,68	71
2,2	0	-11,91	74,28	76,6
2,3	0	-11,33	73,89	76,3
2,4	0	-10,78	73,52	75,3
2,5	0	-10,25	73,17	74,8
2,6	0	-9,74	72,83	73,2
2,7	0	-9,25	72,5	75,3
2,8	0	-8,77	72,18	74,9
2,9	0	-8,31	71,88	74,5
3	0	-7,87	71,58	72,77
3,1	0	-7,45	71,3	65,9
3,2	15	-7,03	56,02	41,2
3,3	8	-6,63	62,75	56,2
3,4	0	-6,24	70,5	71,3
3,5	0	-5,86	70,24	72,6
3,6	0	-5,5	70	72,9
3,7	0	-5,14	69,76	72,5
3,8	0	-4,79	69,53	72,4
3,9	0	-4,45	69,3	71,9
4	0	-4,12	69,08	71,8
8		-0,5	-0,5	-0,5
12		-16,2	-16,2	-16,2
16		-24,9	-24,9	-24,9
20		-23,1	-23,1	-23,1

ANEXO B-9. CAMPO ELÉTRICO OBTENIDO AZIMUT 240°

AZIMUT 240°				
Distancia (Km)	**Pérdidas por obstáculo (dB)**	**Margen de desvanecimiento (dB)**	**Campo Eléctrico calculado (dBµV/m)**	**Campo Eléctrico simulado (dBµV/m)**
0,1	0	-52,19	101,13	99,7
0,2	0	-43,16	95,1	96,9
0,3	0	-37,87	91,58	94,6
0,4	0	-34,12	89,08	90
0,5	0	-53	87,15	88,7
0,6	0	-28,84	85,56	86,9
0,7	0	-26,83	84,22	85,5
0,8	0	-25,09	83,06	83,9
0,9	0	-23,56	82,04	84,6
1	0	-22,19	81,13	82,6
1,1	0	-20,94	80,3	82,8
1,2	0	-19,81	79,54	82,3
1,3	0	-18,77	78,85	81,3
1,4	0	-17,8	78,2	80,7
1,5	0	-16,9	77,6	80,2
1,6	0	-16,06	77,04	79,9
1,7	0	-15,27	76,52	77,8
1,8	0	-14,53	76,02	77,5
1,9	0	-13,82	75,55	77
2	0	-13,16	75,1	76,4
2,1	0	-12,52	74,68	77,2
2,2	0	-11,91	74,28	75,6
2,3	0	-11,33	73,89	75,3
2,4	0	-10,78	73,52	76,3
2,5	0	-10,25	73,17	75,8
2,6	0	-9,74	72,83	75,3
2,7	0	-9,25	72,5	75,3
2,8	0	-8,77	72,18	74,3
2,9	0	-8,31	71,88	74,6
3	0	-7,87	71,58	74,1
3,1	0	-7,45	71,3	73,6
3,2	0	-7,03	71,02	72,3
3,3	0	-6,63	70,75	73,2
3,4	0	-6,24	70,5	71,1
3,5	0	-5,86	70,24	73,1
3,6	0	-5,5	70	72,7
3,7	0	-5,14	69,76	71
3,8	0	-4,79	69,53	70,2
3,9	0	-4,45	69,3	70,1
4	0	-4,12	69,08	70,3
8		4,9	25,16	-4,2
12		10,18	-14,4	-9,3
16		13,93	-9,6	-17,1
20		16,83	-14,4	-17,9

ANEXO B-10. CAMPO ELÉTRICO OBTENIDO AZIMUT 270°

AZIMUT 270°				
Distancia (Km)	**Pérdidas por obstáculo (dB)**	**Margen de desvanecimiento (dB)**	**Campo Eléctrico calculado (dBµV/m)**	**Campo Eléctrico simulado (dBµV/m)**
0,1	0	-52,19	101,13	100,2
0,2	0	-43,16	95,1	97,2
0,3	0	-37,87	91,58	94,9
0,4	0	-34,12	89,08	91,2
0,5	0	-53	87,15	88,7
0,6	0	-28,84	85,56	86,7
0,7	0	-26,83	84,22	85,5
0,8	0	-25,09	83,06	84,5
0,9	0	-23,56	82,04	83,3
1	0	-22,19	81,13	82,1
1,1	0	-20,94	80,3	83
1,2	0	-19,81	79,54	81,2
1,3	0	-18,77	78,85	81,5
1,4	0	-17,8	78,2	80,2
1,5	0	-16,9	77,6	80
1,6	0	-16,06	77,04	78,8
1,7	0	-15,27	76,52	79,1
1,8	0	-14,53	76,02	77,3
1,9	0	-13,82	75,55	77,6
2	0	-13,16	75,1	76,7
2,1	0	-12,52	74,68	77,3
2,2	0	-11,91	74,28	76,1
2,3	0	-11,33	73,89	75
2,4	21	-10,78	52,52	15,7
2,5	29	-10,25	44,17	12,8
2,6	31	-9,74	41,83	16,8
2,7	29	-9,25	43,5	22,1
2,8	27	-8,77	45,18	29,8
2,9	25	-8,31	46,88	32,6
3	23	-7,87	48,58	38,1
3,1	19	-7,45	52,3	40,8
3,2	17	-7,03	54,02	43,5
3,3	18	-6,63	52,75	42,3
3,4	18	-6,24	52,5	38,1
3,5	19	-5,86	51,24	41,2
3,6	18	-5,5	52	47,1
3,7	9	-5,14	60,7	60,8
3,8	6	-4,79	63,53	64,8
3,9	0	-4,45	69,3	69,3
4	0	-4,12	69,08	71,7
8	43	4,9	25,16	-5,9
12		10,18	-14,4	-14,4
16		13,93	-9,6	-9,6
20		16,83	-14,4	-14,4

ANEXO B-11. CAMPO ELÉTRICO OBTENIDO AZIMUT 300°

AZIMUT 300°				
Distancia (Km)	**Pérdidas por obstáculo (dB)**	**Margen de desvanecimiento (dB)**	**Campo Eléctrico calculado (dBµV/m)**	**Campo Eléctrico simulado (dBµV/m)**
0,1	0	-52,19	101,13	100,4
0,2	0	-43,16	95,1	96,4
0,3	0	-37,87	91,58	94,2
0,4	0	-34,12	89,08	90,8
0,5	0	-53	87,15	90,1
0,6	0	-28,84	85,56	86,4
0,7	0	-26,83	84,22	86,8
0,8	0	-25,09	83,06	84,6
0,9	0	-23,56	82,04	84,7
1	0	-22,19	81,13	82,1
1,1	0	-20,94	80,3	82,7
1,2	0	-19,81	79,54	81,2
1,3	0	-18,77	78,85	80,3
1,4	0	-17,8	78,2	80,4
1,5	0	-16,9	77,6	80,3
1,6	0	-16,06	77,04	78,7
1,7	0	-15,27	76,52	79,1
1,8	0	-14,53	76,02	78
1,9	0	-13,82	75,55	77,5
2	0	-13,16	75,1	78
2,1	0	-12,52	74,68	74,5
2,2	14	-11,91	60,28	15,2
2,3	31	-11,33	42,89	11,8
2,4	31	-10,78	42,52	20,1
2,5	23	-10,25	50,17	48
2,6	0	-9,74	72,83	69
2,7	0	-9,25	72,5	75,3
2,8	0	-8,77	72,18	74,9
2,9	0	-8,31	71,1	51,8
3	15	-7,87	56,58	32,3
3,1	15	-7,45	56,3	32,1
3,2	17	-7,03	54,02	31,6
3,3	22	-6,63	48,75	34,6
3,4	16	-6,24	54,5	35,3
3,5	20	-5,86	50,24	25,9
3,6	25	-5,5	45	24,6
3,7	25	-5,14	44,76	15,3
3,8	24	-4,79	45,53	16
3,9	25	-4,45	44,3	23,2
4	23	-4,12	46,08	28,8
8	23	4,9	45,16	27,3
12	41	10,18	18,36	-6,1
16	42	13,93	11,11	-14,4
20	70	16,83	-21,73	-13,9

ANEXO B-12. CAMPO ELÉTRICO OBTENIDO AZIMUT 330°

AZIMUT 330°				
Distancia (Km)	**Pérdidas por obstáculo (dB)**	**Margen de desvanecimiento (dB)**	**Campo Eléctrico calculado (dBµV/m)**	**Campo Eléctrico simulado (dBµV/m)**
0,1	0	-52,19	101,13	100,5
0,2	0	-43,16	95,1	95,7
0,3	0	-37,87	91,58	93,4
0,4	0	-34,12	89,08	89,7
0,5	0	-53	87,15	89,8
0,6	0	-28,84	85,56	86,7
0,7	0	-26,83	84,22	86,2
0,8	0	-25,09	83,06	85,2
0,9	0	-23,56	82,04	84,5
1	0	-22,19	81,13	83,6
1,1	0	-20,94	80,3	81,6
1,2	0	-19,81	79,54	82,2
1,3	0	-18,77	78,85	80
1,4	0	-17,8	78,2	79,8
1,5	0	-16,9	77,6	80,1
1,6	0	-16,06	77,04	79,7
1,7	0	-15,27	76,52	79,2
1,8	0	-14,53	76,02	78,5
1,9	0	-13,82	75,55	76,7
2	0	-13,16	75,1	76,5
2,1	0	-12,52	74,68	76,8
2,2	0	-11,91	74,28	76
2,3	0	-11,33	73,89	75,4
2,4	0	-10,78	73,52	73,3
2,5	0	-10,25	73,17	61,4
2,6	0	-9,74	72,83	75,3
2,7	0	-9,25	72,5	75,3
2,8	0	-8,77	72,18	74,7
2,9	0	-8,31	71,88	73,5
3	0	-7,87	71,58	72
3,1	15	-7,45	56,3	25,9
3,2	25	-7,03	46,02	14
3,3	25	-6,63	45,75	23,3
3,4	13	-6,24	57,5	37
3,5	0	-5,86	70,24	72
3,6	0	-5,5	70	72,5
3,7	0	-5,14	69,76	71,2
3,8	0	-4,79	55,53	24,2
3,9	0	-4,45	41,3	8,3
4	29	-4,12	40,08	12,3
8	11	4,9	57,16	59,6
12	0	10,18	59,54	69,4
16	31	13,93	22,11	32,2
20	29	16,83	19,26	5,4

ANEXO C. ESTUDIO TÉCNICO PARA SENATEL

ANEXO C-1. FORMULARIO PARA INFORMACIÓN LEGAL

	FORMULARIO PARA INFORMACION LEGAL	**RC – 1A** Elab.: DGGER Versión: 02
		1) Cod.Cont.:

SOLICITUD:	
2) OBJETO DE LA SOLICITUD:	(C) **C**ONCESION **R**ENOVACION **M**ODIFICACION FRECUENCIAS **T**EMPORALES
3) TIPO DE USO DE FRECUENCIAS:	(PR) USO-**PR**IV USO-**CO**M USO-E**XP** USO- **RE**S USO-**SO**C
4) TIPO DE SISTEMA:	(PR) **PR**IVADO **EX**PLOTACION
5) SERVICIO:	(TR) FM-**RD**V FM-**SB** FM-**RA** F-**ER** FMS-**FS** *FMS-**MS*** FM-**TR**

DATOS DEL SOLICITANTE Y PROFESIONAL TECNICO:

6)
PERSONA NATURAL O REPRESENTANTE LEGAL

APELLIDO PATERNO:	APELLIDO MATERNO:	NOMBRES:	CI:

7)
CARGO:

PERSONA JURIDICA

8)
NOMBRE DE LA EMPRESA: MUNICIPIO DE LOJA

9) ACTIVIDAD DE LA EMPRESA:	RUC:

10)
DIRECCION

PROVINCIA: LOJA	CIUDAD: LOJA	DIRECCION: BOLIVAR Y JOSE NTONIO EGUIGUREN

e-mail: www.loja.gob.ec	CASILLA: 11-01-1028	TELEFONO / FAX: 2570492

11)
CERTIFICACION DEL PROFESIONAL TECNICO (RESPONSABLE TECNICO)

Certifico que el presente proyecto técnico fue elaborado por el suscrito y asumo la responsabilidad técnica respectiva

APELLIDO PATERNO:	APELLIDO MATERNO:	NOMBRES:	LIC. PROF.:
POMA	GORDILLO	WILMER JOSÉ	

e-mail:	CASILLA:	TELEFONO / FAX:
bboycala@hotmail.com		0988959933

DIRECCION (CIUDAD, CALLE Y No.):	FECHA:	
LOJA, Vía antigua a Zamora Barrio El Calvario	19/12/2014	_____ FIRMA

12)
CERTIFICACION DE LA PERSONA NATURAL, REPRESENTANTE LEGAL O PERSONA DEBIDAMENTE AUTORIZADA

Certifico que el presente proyecto técnico fue elaborado acorde con mis necesidades de comunicación

NOMBRE:	FECHA:	
Eco. YULISA CONZA	19/12/2014	_____ FIRMA

13)
OBSERVACIONES:

14)
PARA USO DE LA SNT

SOLICITUD SECRETARIO NACIONAL ( )	CONSTITUCIÓN DE LA CIA. ( )	NOMB. REPRESENTANTE LEGAL ( )	CUMP. SUPER BANCOS O CIAS. ( )
REGISTRO UNICO CONTRIBUY. ( )	FE PRESENTACION CC.FF.AA. ( )	CERT. NO ADEUDAR SNT ( )	CERT. NO ADEUDAR SUPTEL ( )

ANEXO C-2. FORMULARIO PARA INFORMACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DEL SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIONES

	FORMULARIO PARA INFORMACION DE LA INFRAESTRUCTURA DEL SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIONES	**RC – 2A** Elab.: DGGER Versión: 02
		1) Cod. Cont.:

ESTRUCTURA DEL SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIONES

2) *ESTRUCTURA 1*

TIPO DE ESTRUCTURA DE SOPORTE: TORRE AUTOSOPORTADA	ALTURA DE LA ESTRUCTURA s.n.m. (m): 2177 m
CODIGO DE REGISTRO DE LA ESTRUCTURA: S1	ALTURA DE LA ESTRUCTURA (BASE-CIMA) (m): 30 m

3) *UBICACION DE LA ESTRUCTURA:*

PROVINCIA	CIUDAD / CANTON	LOCALIDAD/CALLE y No.	UBICACION GEOGRAFICA (WGS84)	
			LATITUD (S/N) (°) (') (") (S)	LONGITUD (W) (°) (') (") (W)
LOJA	LOJA	Parque recreacional PUCARA, Inmediaciones de la UMAPAL.	4° 00' 24,8" S	79°11'46,6"W

4) *PROTECCIONES ELECTRICAS A INSTALAR EN LA ESTRUCTURA:*

PUESTA A TIERRA SI (X) NO ( )	PARARRAYOS SI (X) NO ( )
OTROS (Describa):	

5) *TIPO DE FUENTE DE ENERGIA A UTILIZAR:*

LINEA COMERCIAL (X)	GENERADOR ( )	BANCO DE BATERIAS ( )	EXISTE RESPALDO SI ( ) NO ( )

TIPO DE RESPALDO

GENERADOR ( )	BANCO DE BATERIAS ( )	UPS (X)	OTRO: _____

6)
PROPIETARIO DE LA ESTRUCTURA: UMAPAL.

2) *ESTRUCTURA 2*

TIPO DE ESTRUCTURA DE SOPORTE:	ALTURA DE LA ESTRUCTURA s.n.m. (m):
CODIGO DE REGISTRO DE LA ESTRUCTURA:	ALTURA DE LA ESTRUCTURA (BASE-CIMA) (m):

3) *UBICACION DE LA ESTRUCTURA:*

PROVINCIA	CIUDAD / CANTON	LOCALIDAD/CALLE y No.	UBICACION GEOGRAFICA (WGS84)	
			LATITUD (S/N) (4°) (00') (24,8") (S)	LONGITUD (W) (79°) (11') (46,6") (W)

4) *PROTECCIONES ELECTRICAS A INSTALAR EN LA ESTRUCTURA:*	
PUESTA A TIERRA SI ( ) NO ( )	PARARRAYOS SI ( ) NO ( )
OTROS (Describa):	

5) *TIPO DE FUENTE DE ENERGIA A UTILIZAR:*			
LINEA COMERCIAL ( )	GENERADOR ( )	BANCO DE BATERIAS ( )	EXISTE RESPALDO SI ( ) NO ( )
TIPO DE RESPALDO			
GENERADOR ( )	BANCO DE BATERIAS ( )	UPS ( )	OTRO: _____
6) PROPIETARIO DE LA ESTRUCTURA:			

2) *ESTRUCTURA 3*	
TIPO DE ESTRUCTURA DE SOPORTE:	ALTURA DE LA ESTRUCTURA s.n.m. (m):
CODIGO DE REGISTRO DE LA ESTRUCTURA:	ALTURA DE LA ESTRUCTURA (BASE-CIMA) (m):

3) *UBICACION DE LA ESTRUCTURA:*

PROVINCIA	CIUDAD / CANTON	LOCALIDAD/CALLE y No.	UBICACION GEOGRAFICA (WGS84)	
			LATITUD (S/N) (°) (') (") (S/N)	LONGITUD (W) (°) (') (") (W)

4) *PROTECCIONES ELECTRICAS A INSTALAR EN LA ESTRUCTURA:*	
PUESTA A TIERRA SI ( ) NO ( )	PARARRAYOS SI ( ) NO ( )
OTROS (Describa):	

5) *TIPO DE FUENTE DE ENERGIA A UTILIZAR:*			
LINEA COMERCIAL ( )	GENERADOR ( )	BANCO DE BATERIAS ( )	EXISTE RESPALDO SI ( ) NO ( )
TIPO DE RESPALDO			
GENERADOR ( )	BANCO DE BATERIAS ( )	UPS ( )	OTRO: _____
6) PROPIETARIO DE LA ESTRUCTURA:			

ANEXO C-3. FORMULARIO PARA INFORMACIÓN DE ANTENAS

	FORMULARIO PARA INFORMACION DE ANTENAS	**RC – 3A** Elab.: DGGER Versión: 02
		1) Cod. Cont:

2) **CARACTERISTICAS TECNICAS DE LAS ANTENAS**		
CARACTERISTICAS TECNICAS	**ANTENA 1**	**ANTENA 2**
CODIGO DE ANTENA:	A1	A2
MARCA:	KATHREIN	KATHREIN
MODELO:	738192	738192
RANGO DE FRECUENCIAS (MHz):	806-894 MHz	806-894 MHz
TIPO:	MONOPOLO	MONOPOLO
IMPEDANCIA (ohmios):	50 ohms	50 ohms
POLARIZACION:	VERTICAL	VERTICAL
GANANCIA (dBd):	8,85 dBd	8,85 dBd
DIÁMETRO (m):	0,051 m	0,051 m
AZIMUT DE RADIACION MAXIMA (°):	360°	360°
ANGULO DE ELEVACION (°):	90°	90°
ALTURA BASE-ANTENA (m):	30 m	30 m

2) **CARACTERISTICAS TECNICAS DE LAS ANTENAS**		
CARACTERISTICAS TECNICAS	**ANTENA 3**	**ANTENA 4**
CODIGO DE ANTENA:		
MARCA:		
MODELO:		
RANGO DE FRECUENCIAS (MHz):		
TIPO:		
IMPEDANCIA (ohmios):		
POLARIZACION:		
GANANCIA (dBd):		
DIÁMETRO (m):		
AZIMUT DE RADIACION MAXIMA (°):		
ANGULO DE ELEVACION (°):		
ALTURA BASE-ANTENA (m):		

2) **CARACTERISTICAS TECNICAS DE LAS ANTENAS**		
CARACTERISTICAS TECNICAS	**ANTENA 5**	**ANTENA 6**
CODIGO DE ANTENA:		
MARCA:		

MODELO:		
RANGO DE FRECUENCIAS (MHz):		
TIPO:		
IMPEDANCIA (ohmios):		
POLARIZACION:		
GANANCIA (dBd):		
DIÁMETRO (m):		
AZIMUT DE RADIACION MAXIMA (°):		
ANGULO DE ELEVACION (°):		
ALTURA BASE-ANTENA (m):		
NOTA: Se debe adjuntar las copias de los catálogos de las mencionadas antenas.		

ANEXO C-4. FORMULARIO PARA PATRONES DE RACIACIÓN DE ANTENAS

	FORMULARIO PARA PATRONES DE RACIACION DE ANTENAS	**RC – 3B** Elab.: DGGER Versión. 01 1) Cod. Cont:

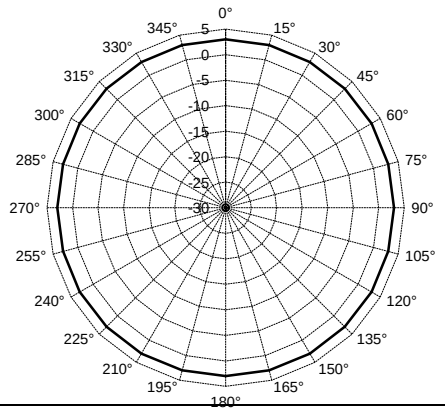
2) PATRONES DE RADIACION DE ANTENA

MARCA:	MODELO:	TIPO:
KATHREIN	738192	MONOPOLO

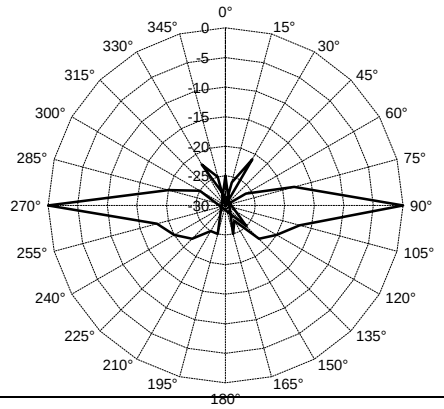
Ingrese los valores de ganancia (dBd) para cada radial.

RADIAL / *PLANO*	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°	105°	120°	135°	150°	165°	180°	195°	210°	225°	240°	255°	270°	285°	300°	315°	330°	345°
HORIZONTAL	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
VERTICAL	-30	-26	-21	-30	-26	-18	0	-17	-20	-22	-27	-25	-35	-25	-25	-22	-20	-18	0	-20	-25	-35	-22	-25

PATRON DE RADIACION HORIZONTAL



PATRON DE RADIACION VERTICAL



2)

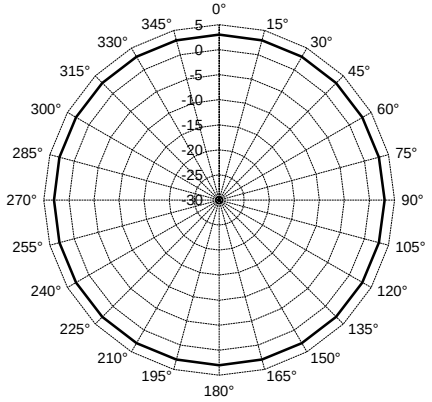
PATRONES DE RADIACION DE ANTENA

MARCA:	MODELO:	TIPO:
KATHREIN	738192	MONOPOLO

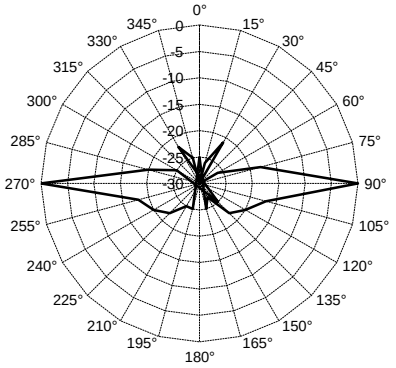
Ingrese los valores de ganancia (dBd) para cada radial.

RADIAL / *PLANO*	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°	105°	120°	135°	150°	165°	180°	195°	210°	225°	240°	255°	270°	285°	300°	315°	330°	345°
HORIZONTAL	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
VERTICAL	-30	-26	-21	-30	-26	-18	0	-17	-20	-22	-27	-25	-35	-25	-25	-22	-20	-18	0	-20	-25	-35	-22	-25

PATRON DE RADIACION HORIZONTAL



PATRON DE RADIACION VERTICAL



ANEXO C-5. FORMULARIO PARA INFORMACIÓN DE EQUIPAMIENTO

	FORMULARIO PARA INFORMACION DE EQUIPAMIENTO	**RC – 4A** Elab.: DGGER Versión: 02
		1) Cod. Cont:

2) ***CARACTERISTICAS TECNICAS DE LOS EQUIPOS***				
TIPO DE ESTACION:	ESTACIÓN BASE	ESTACIÓN MÓVIL	ESTACIÓN PORTATIL	
CODIGO DEL EQUIPO:	E1	E2	E3	
MARCA:	DAMM Celular System	SEPURA	SEPURA	
MODELO:	BS421	SRG3500	SPT8000	
ANCHURA DE BANDA (kHz) o (MHz):	14 MHz	14 MHz	14 MHz	
SEPARACION ENTRE Tx Y Rx (MHz):	45 MHz	64 MHz	64 MHz	
TIPO DE MODULACION:	π/4 - DQPSK	π/4 – DQPSK	π/4 - DQPSK	
VELOCIDAD DE TRANSMISION (Kbps):	36 Kbps	36 Kbps	36 Kbps	
POTENCIA DE SALIDA (Watts):	10 W	10 W	1,8 w	
RANGO DE OPERACION (MHz):	Rx = 805-825 MHz Tr = 850-870 MHz	806 – 870 MHz	806 – 870 MHz	
SENSIBILIDAD (μV) o (dBm):	-121 dBm	-103 dBm	-103 dBm	
MAXIMA DESVIACION DE FRECUENCIA (kHz):				

2) ***CARACTERISTICAS TECNICAS DE LOS EQUIPOS***				
TIPO DE ESTACION:				
CODIGO DEL EQUIPO:				
MARCA:				
MODELO:				
ANCHURA DE BANDA (kHz) o (MHz):				
SEPARACION ENTRE Tx Y Rx (MHz):				
TIPO DE MODULACION:				
VELOCIDAD DE TRANSMISION (Kbps):				
POTENCIA DE SALIDA (Watts):				
RANGO DE OPERACION (MHz):				
SENSIBILIDAD (μV) o (dBm):				
MAXIMA DESVIACION DE FRECUENCIA:				

2) ***CARACTERISTICAS TECNICAS DE LOS EQUIPOS***				
TIPO DE ESTACION:				
CODIGO DEL EQUIPO:				

MARCA:				
MODELO:				
ANCHURA DE BANDA (kHz) o (MHz):				
SEPARACION ENTRE Tx Y Rx (MHz):				
TIPO DE MODULACION:				
VELOCIDAD DE TRANSMISION (Kbps):				
POTENCIA DE SALIDA (Watts):				
RANGO DE OPERACION (MHz):				
SENSIBILIDAD (μV) o (dBm):				
MAXIMA DESVIACION DE FRECUENCIA:				

ANEXO C-6. FORMULARIO PARA SERVICIOS FIJO Y MÓVIL TERRESTRE
(SISTEMAS DE RADIOS DE DOS VÍAS)

	FORMULARIO PARA SERVICIOS FIJO Y MOVIL TERRESTRE (SISTEMAS DE RADIOS DE DOS VIAS)	**RC – 5A** Elab.: DGGER Versión: 01
		1) Cod. Cont:

2)
CARACTERISTICAS DE OPERACION POR CIRCUITO

No. CIRCUITO	BANDA DE FRECUENCIAS:	RANGO EN LA BANDA REQUERIDA:	No. DE FRECUENCIAS POR CIRCUITO:
Circuito 1 – C1	**(UHF)**	806-811/851-856 MHz	2

3)
REGION A OPERAR

PROVINCIA(S):	CIUDAD(ES):
LOJA	LOJA

4)	5)
MODO DE OPERACION: **SIM**PLEX **SEM**IDUPLEX **FUL**LDUPLEX (**SEMI**)	HORARIO DE OPERACION: 24 Horas

6)	7)	8)
POTENCIA DE SALIDA (Watts): 10 W	ANCHURA DE BANDA (kHz): 25 KHz	CLASE DE EMISIÓN: 25K0MXEXT

9)
NUMERO DE ESTACIONES

No. DE ESTACIONES REPETIDORAS:	No. DE ESTACIONES FIJAS:	No. DE ESTACIONES MOVILES:	No. DE ESTACIONES PORTATILES:	No. TOTAL DE ESTACIONES:
	1	2	75	78

10)
CARACTERISTICAS DE LAS ESTACIONES REPETIDORAS

INDICATIVO	AC. (A,M,I,E)	ESTRUCTURA ASOCIADA	ANTENA (S) ASOCIADA(S)		ALTURA EFECTIVA DE ANTENA (m)	EQUIPO UTILIZADO

11)
CARACTERISTICAS DE LAS ESTACIONES FIJAS

INDICATIVO	AC. (A,M,I,E)	ESTRUCTURA ASOCIADA	ANTENA(S) ASOCIADA(S)		EQUIPO UTILIZADO	INDICATIVO	AC. (A,M,I,E)	ESTRUCTURA ASOCIADA	ANTENA (S) ASOCIADA(S)		EQUIPO UTILIZADO
F1	A	S1	A1	A2	E1						
F2	A	S1	A1	A2	E1						

12)
CARACTERISTICAS DE LAS ESTACIONES MOVILES

INDICATIVO	AC. (A,M,I,E)	EQUIPO UTILIZADO	INDICATIVO	AC. (A,M,I,E)	EQUIPO UTILIZADO	INDICATIVO	AC. (A,M,I,E)	EQUIPO UTILIZADO	INDICATIVO	AC. (A,M,I,E)	EQUIPO UTILIZADO
M1	A	E2									
M2	A	E2									

13)
CARACTERISTICAS DE LAS ESTACIONES PORTATILES

INDICATIVO	AC. (A,M,I,E)	EQUIPO UTILIZADO	INDICATIVO	AC. (A,M,I,E)	EQUIPO UTILIZADO	INDICATIVO	AC. (A,M,I,E)	EQUIPO UTILIZADO	INDICATIVO	AC. (A,M,I,E)	EQUIPO UTILIZADO

P1	A	E3	P21	A	E3	P41	A	E3	P11	A	E3
P2	A	E3	P22	A	E3	P42	A	E3	P62	A	E3
P3	A	E3	P23	A	E3	P43	A	E3	P63	A	E3
P4	A	E3	P24	A	E3	P44	A	E3	P64	A	E3
P5	A	E3	P25	A	E3	P45	A	E3	P65	A	E3
P6	A	E3	P26	A	E3	P46	A	E3	P66	A	E3
P7	A	E3	P27	A	E3	P47	A	E3	P67	A	E3
P8	A	E3	P28	A	E3	P48	A	E3	P68	A	E3
P9	A	E3	P29	A	E3	P49	A	E3	P69	A	E3
P10	A	E3	P30	A	E3	P50	A	E3	P70	A	E3
P11	A	E3	P11	A	E3	P51	A	E3	P71	A	E3
P12	A	E3	P32	A	E3	P52	A	E3	P72	A	E3
P13	A	E3	P33	A	E3	P53	A	E3	P73	A	E3
P14	A	E3	P34	A	E3	P54	A	E3	P74	A	E3
P15	A	E3	P35	A	E3	P55	A	E3	P75	A	E3
P16	A	E3	P36	A	E3	P56	A	E3			
P17	A	E3	P37	A	E3	P57	A	E3			
P18	A	E3	P38	A	E3	P58	A	E3			
P19	A	E3	P39	A	E3	P59	A	E3			
P20	A	E3	P40	A	E3	P60	A	E3			

ANEXO C-7. FORMULARIO PARA SISTEMAS TRONCALIZADOS

	FORMULARIO PARA SISTEMAS TRONCALIZADOS (BANDA, ZONA DE OPERACION Y NUMERO DE ESTACIONES DE ABONADOS)	**RC – 10A** Elab.: DGGER Versión: 02
		1) Cod. Cont:

2)
CARACTERISTICAS DE TODO EL SISTEMA

NUMERO TOTAL DE ESTACIONES DE ABONADOS:77	ANCHURA DE BANDA POR CANAL (kHz): 25 KHz

3)
CARACTERISTICAS DE OPERACION POR RADIOBASE (1)

RANGOS DE FRECUENCIAS:		BLOQUES Y GRUPOS:	No. DE CANALES POR RADIOBASE:
806 – 811 / 851 – 856: (X) 811 – 824 / 856 – 869: ( )	896 – 898 / 935 – 937: ( ) 902 – 904 / 932 – 934: ( )	1(1)	4

MODO DE OPERACION: **SIM**PLEX **SEMI**DUPLEX **FUL**LDUPLEX (**SEMI**)	CLASE DE EMISION: 25K0MXEXT	POTENCIA DE OPERACIÓN (Watts): 10 W	ALTURA EFECTIVA DE ANTENA (m): 2177

4)
ZONA A OPERAR

ZONA1	**1a**	GUAYAQUIL Y ALREDEDORES	( )	**ZONA 2**	**2a**	QUITO Y ALREDEDORES	( )
	1b	RESTO DE GUAYAS, LOS RIOS, GALAPAGOS Y SANTA ELENA	( )		**2b**	RESTO DE PICHINCHA, SUCUMBIOS, NAPO, ORELLANA Y SANTO DOMINGO DE LOS SACHILAS	( )
ZONA 3	MANABI		( )	**ZONA 4**	EL ORO Y LOJA		(X)
ZONA 5	AZUAY, CAÑAR Y ZAMORA CHINCHIPE		( )	**ZONA 6**	CARCHI, IMBABURA Y ESMERALDAS		( )
ZONA 7	TUNGURAHUA, COTOPAXI Y PASTAZA		( )	**ZONA 8**	BOLIVAR, CHIMBORAZO Y MORONA SANTIAGO		( )

5)
CARACTERISTICAS DE LA RADIOBASE

INDICATIVO	AC. (A,M,I,E)	ESTRUCTURA (S) ASOCIADA(S)	ANTENA(S) ASOCIADA(S)	EQUIPO(S) UTILIZADO(S)
B1	A	S1	A1, A2	E1,E2,E3

3)
CARACTERISTICAS DE OPERACION POR RADIOBASE (2)

RANGOS DE FRECUENCIAS:		BLOQUES Y GRUPOS:	No. DE CANALES POR RADIOBASE:
806 – 811 / 851 – 856: ( ) 811 – 824 / 856 – 869: ( )	896 – 898 / 935 – 937: ( ) 902 – 904 / 932 – 934: ( )		

MODO DE OPERACION: **SIM**PLEX **SEMI**DUPLEX **FUL**LDUPLEX ( )	CLASE DE EMISION:	POTENCIA DE OPERACIÓN (Watts):	ALTURA EFECTIVA DE ANTENA (m):

4)

ZONA A OPERAR

ZONA 1	**1a**	GUAYAQUIL Y ALREDEDORES	( )	**ZONA 2**	**2a**	QUITO Y ALREDEDORES	( )

	1b	RESTO DE GUAYAS, LOS RIOS, GALAPAGOS Y SANTA ELENA	( )		**2b**	RESTO DE PICHINCHA, SUCUMBIOS, NAPO, ORELLANA Y SANTO DOMINGO DE LOS SACHILAS	( )
ZONA 3		MANABI	( )	**ZONA 4**		EL ORO Y LOJA	( )
ZONA 5		AZUAY, CAÑAR Y ZAMORA CHINCHIPE	( )	**ZONA 6**		CARCHI, IMBABURA Y ESMERALDAS	( )
ZONA 7		TUNGURAHUA, COTOPAXI Y PASTAZA	( )	**ZONA 8**		BOLIVAR, CHIMBORAZO Y MORONA SANTIAGO	( )

5)
CARACTERISTICAS DE LA RADIOBASE

INDICATIVO	AC. (A,M,I,E)	ESTRUCTURA (S) ASOCIADA(S)	ANTENA(S) ASOCIADA(S)	EQUIPO(S) UTILIZADO(S)

3)
CARACTERISTICAS DE OPERACION POR RADIOBASE (3)

RANGOS DE FRECUENCIAS:		BLOQUES Y GRUPOS:	No. DE CANALES POR RADIOBASE:
806 – 811 / 851 – 856: ( ) 811 – 824 / 856 – 869: ( )	896 – 898 / 935 – 937: ( ) 902 – 904 / 932 – 934: ( )		

MODO DE OPERACION: **SIM**PLEX **SEMI**DUPLEX **FUL**LDUPLEX ( )	CLASE DE EMISION:	POTENCIA DE OPERACIÓN (Watts):	ALTURA EFECTIVA DE ANTENA (m):

4)
ZONA A OPERAR

ZONA 1	**1a**	GUAYAQUIL Y ALREDEDORES	( )	**ZONA 2**	**2a**	QUITO Y ALREDEDORES	( )
	1b	RESTO DE GUAYAS, LOS RIOS, GALAPAGOS Y SANTA ELENA	( )		**2b**	RESTO DE PICHINCHA, SUCUMBIOS, NAPO, ORELLANA Y SANTO DOMINGO DE LOS SACHILAS	( )
ZONA 3		MANABI	( )	**ZONA 4**		EL ORO Y LOJA	( )
ZONA 5		AZUAY, CAÑAR Y ZAMORA CHINCHIPE	( )	**ZONA 6**		CARCHI, IMBABURA Y ESMERALDAS	( )
ZONA 7		TUNGURAHUA, COTOPAXI Y PASTAZA	( )	**ZONA 8**		BOLIVAR, CHIMBORAZO Y MORONA SANTIAGO	( )

5)
CARACTERISTICAS DE LA RADIOBASE

INDICATIVO	AC. (A,M,I,E)	ESTRUCTURA (S) ASOCIADA(S)	ANTENA(S) ASOCIADA(S)	EQUIPO(S) UTILIZADO(S)

ANEXO C-8. FORMULARIO PARA CÁLCULOS DE PROPAGACIÓN

	FORMULARIO PARA CALCULOS DE PROPAGACION	**RC– 13A** Elab.: DGGER Versión: 01
		1) Cod. Cont:

2) No. CIRCUITO/RADIOBASE:	C1

3)
PERFILES TOPOGRAFICOS

ALTURA s.n.m. (m)

RADIALES / *DISTANCIA (Km)*	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°
1	2080,6	2207,7	2141,5	2129,5	2127,5	2189,7	2223,9	2128,1	2097,2	2089,4	2075,4	2077,3
2	2152	2259,9	2219,4	2331	2321,4	2207,7	2266,9	2127,9	2185,5	2206,9	2181,6	2060
3	2102,7	2212,6	2502,8	2391,6	2507	2242	2279,5	2180,2	2253,5	2219,5	2190,2	2101,5
4	2060	2162,9	2603,6	2423,1	2522,3	2256,8	2185,1	2261,2	2379,6	2296,7	2154,7	2103,4
5	2216,6	2322	2365,1	2617,2	2657,1	2405,9	2176,3	2416,4	2533,9	2305,9	2237	2093,9
6	2299,2	2355,6	2562,8	2796,9	2571,8	2655,7	2258,8	2456,1	2689	2364,8	2212,9	2055,6
7	2282,3	2330,9	2839,3	2567,2	3013,5	2836,1	2311,9	2706,6	2580,7	2538,7	2373,8	2121,7
8	2280	2371,8	2750,4	2492	3023,2	2862,2	2270,1	2655,1	2335,5	2189,1	2432,8	2114,1
9	2334,6	2699,3	2440,6	2406,3	2843,9	3294,3	2398,2	2573,7	2163,3	2282,9	2644,4	2088,4
10	2392,3	2707,1	2443,4	2362,8	2798,9	3177,5	2486,3	2409,4	2165,4	2129,9	2479,7	2149,9
11	2562,8	2344,9	2885,7	2388,2	2770	3151,7	2217,3	2685,6	1791,1	2186,8	2337	2274,4
12	2654,9	2312,9	2749,1	2308,3	2607,7	2707,5	2066,4	2304,8	1781,4	1823	2108,7	2360,2
13	2810,7	2147,7	2514,6	2711,7	2238,2	2530,7	2037,5	2075,2	1818,6	1722,2	1812,6	2480,4
14	2 638,7	2055,4	2236,2	2798,6	2264,3	2428,8	2037,4	2072,7	1615,4	1587,6	1720,5	2623,4
15	2422	1749,4	1893,1	2954,1	2244,5	2671,4	2004,3	2293,5	1521,5	1477,9	1616,5	2641,5
16	1885,7	2171,5	1751,1	2855,7	2728,9	2976,5	1946,7	1924,1	1595	1449,5	1643,1	2610,1
17	2279,4	2401,7	2091,3	2538,6	2578,1	3154,3	2020,6	2299,7	1508,1	1367,6	1948,1	2612,7
18	2391,3	1927,8	2281,3	2022,9	2483,9	3399,5	2027,6	2077,4	1454,2	1285,6	2345,1	2746
19	2205,1	1851,2	2540,8	1727	2867,9	3298,2	2360,4	1836,8	1377	1236,2	2378,5	2615,1
20	2508,6	2095,5	2496,6	1513,3	2725	3407	1926,5	1726,6	1282,2	1193	2242,6	2704

NOTA: La escala de distancia de esta tabla puede ser modificada de acuerdo al radio de cobertura. Deben presentarse los gráficos de cada perfil.

4)
AREA DE COBERTURA

NIVEL DE CAMPO ELECTRICO (dBµV/m)

RADIALES / *DISTANCIA (Km)*	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°
0,1	99,2	99,3	99,5	100,6	100,4	101,1	101	99,6	99,7	100,2	100,4	100,5
0,2	97,3	97,3	96,6	95,9	96,1	96,1	97,6	96,2	96,9	97,2	96,4	95,7
0,3	91,4	92,9	94,7	94,7	94,9	93,6	93,6	95	94,6	94,9	94,2	93,4
0,4	85,9	82,8	89,9	91,2	89,7	91	91,6	91,5	90	91,2	90,8	89,7
0,5	85,8	89,9	89,3	80,9	67,9	90,3	88,9	88,9	88,7	88,7	90,1	89,8
0,6	86,5	86,4	87,2	50,8	48,1	55,2	88,1	86,8	86,9	86,7	86,4	86,7
0,7	86,4	87,1	85,9	59,4	42,8	51	86,7	87,2	85,5	85,5	86,8	86,2
0,8	85,4	85,3	85,4	81,7	36,9	44,8	85,5	85,6	83,9	84,5	84,6	85,2
0,9	84,5	83,8	84,8	84,5	36,3	33,9	84,9	83,3	84,6	83,3	84,7	84,5
1	83,4	82,8	83,2	82,5	34,1	27,9	83,6	79,5	82,6	82,1	82,1	83,6
1,1	81,9	81,8	81,7	82,8	35,9	27,2	83	76,4	82,8	83	82,7	81,6
1,2	82	82,5	82,3	81,3	32,2	28,7	82,3	69,2	82,3	81,2	81,2	82,2
1,3	80,7	81,5	81,1	81,5	30,1	29,9	71,9	70,3	81,3	81,5	80,3	80
1,4	80,9	79,6	79,6	80,9	29,4	27,7	69,9	76,3	80,7	80,2	80,4	79,8
1,5	78,9	79,5	28,7	34	36,1	25,3	69,3	80,2	80,2	80	80,3	80,1
1,6	79,6	66,4	24,6	37,1	42,6	26,5	47,6	79,3	79,9	78,8	78,7	79,7
1,7	77,8	25,5	27,5	46,9	68,6	31,5	42,2	78,3	77,8	79,1	79,1	79,2
1,8	78,1	31	37,1	71,5	73,5	35,3	69,2	78,7	77,5	77,3	78	78,5
1,9	77,5	55,9	70,1	77,6	77,8	37,1	78	77	77	77,6	77,5	76,7
2	77,9	58,9	72,9	77,9	77,8	27,4	76,5	77,2	76,4	76,7	78	76,5
2,1	61	45,5	74,2	77,4	75,5	23,9	76,7	71	77,2	77,3	74,5	76,8
2,2	31,9	19,1	76,5	24,4	38,6	29,6	62,2	76,6	75,6	76,1	15,2	76
2,3	26	15	76,8	9,8	52,2	34,3	35,5	76,3	75,3	75	11,8	75,4
2,4	23	11,1	75,2	4,5	72	17,8	18,1	75,3	76,3	15,7	20,1	73,3
2,5	22,4	10	75,9	7,9	75,4	17,6	38,8	74,8	75,8	12,8	48	61,4
2,6	21,4	11,1	75,2	19,1	25,5	24,4	71,5	73,2	75,3	16,8	69	75,3
2,7	23,1	11,9	75,2	37,8	43,8	25,3	73,1	75,3	75,3	22,1	75,3	75,3
2,8	30,9	15,3	73,7	42,8	74,9	23,9	14,4	74,9	74,3	29,8	74,9	74,7

2,9	35,1	16,8	74,7	42,2	74,7	25	15,5	74,5	74,6	32,6	51,8	73,5
3	45,6	20,9	73,5	48,3	75,1	28,2	43,8	72,77	74,1	38,1	32,3	72
3,1	57,2	25,1	73,7	62,7	68	31,2	59,4	65,9	73,6	40,8	32,1	25,9
3,2	68	33,5	71,4	71,1	70	31,7	34	41,2	72,3	43,5	31,6	14
3,3	73,5	35,7	72,8	73	75,2	14,5	9,2	56,2	73,2	42,3	34,6	23,3
3,4	68,3	26	72,1	72,2	72,6	12,6	16,6	71,3	71,1	38,1	35,3	37
3,5	60,6	13,7	69,2	71,8	3,2	18,5	20,1	72,6	73,1	41,2	25,9	72
3,6	31,3	13,7	72,1	70,4	1	20,8	18,1	72,9	72,7	47,1	24,6	72,5
3,7	14,8	14,9	65,6	14,8	2,1	21,8	22,1	72,5	71	60,8	15,3	71,2
3,8	13,3	15	26,5	9,2	3,5	25,7	19,6	72,4	70,2	64,8	16	24,2
3,9	13,1	15,1	21,3	4,5	6,9	29,5	16,4	71,9	70,1	69,3	23,2	8,3
4	14	14	22,1	4,4	7,6	28,6	17,2	71,8	70,3	71,7	28,8	12,3
8	42,4	19,8	-5,5	-9,3	2,7	8	48,6	-0,5	-4,2	-5,9	27,3	59,6
12	65,7	-15,4	-3,8	-9,2	-15,2	-20,9	-5,6	-16,2	-9,3	-14,4	-6,1	69,4
16	-24,2	-13,1	-21,8	-18,1	-13,7	-13,9	-18,3	-24,9	-17,1	-9,6	-14,4	32,2
20	2	-16,1	-17	-35,8	-26,8	-10	-27,1	-23,1	-17,9	-14,4	-13,9	5,4

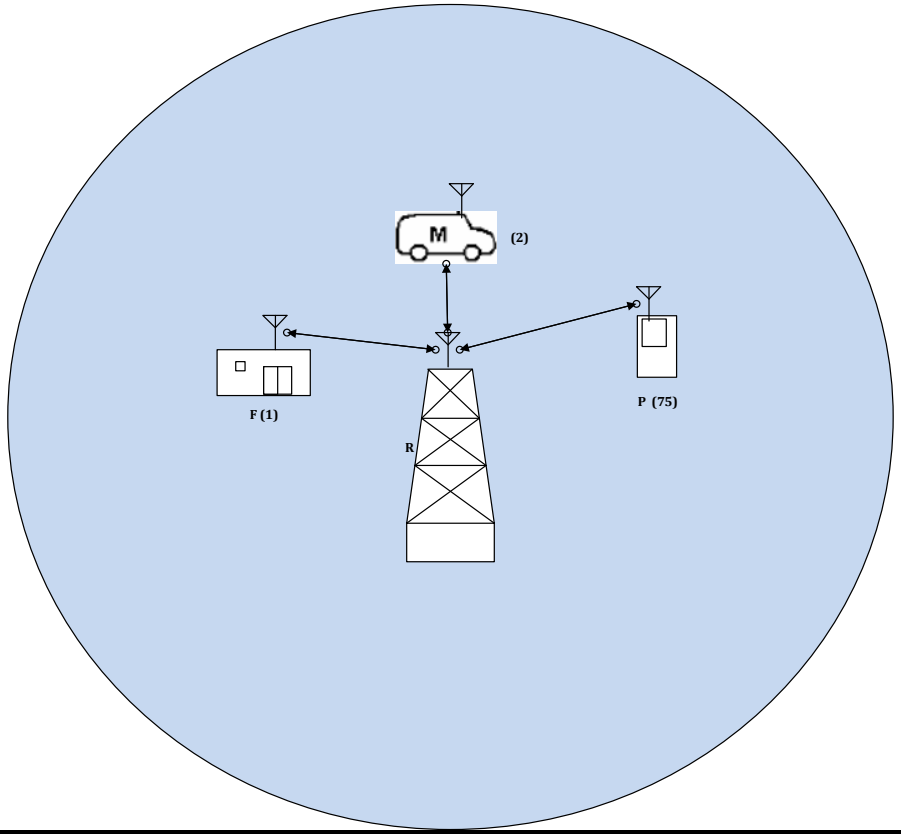
NOTA: La escala de distancia de esta tabla puede ser modificada de acuerdo al radio de cobertura. Debe presentarse el diagrama de cobertura en una copia de un mapa cartográfico de escala adecuada.

5)
RADIO DE COBERTURA

DISTANCIA (Km)

RADIALES / *CAMPO ELECTRICO*	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°
E = 38.5 dBμV / m	12,90	9,60	7,31	5,71	7,43	9,50	9,78	6,87	5.70	6,81	9,07	17.86

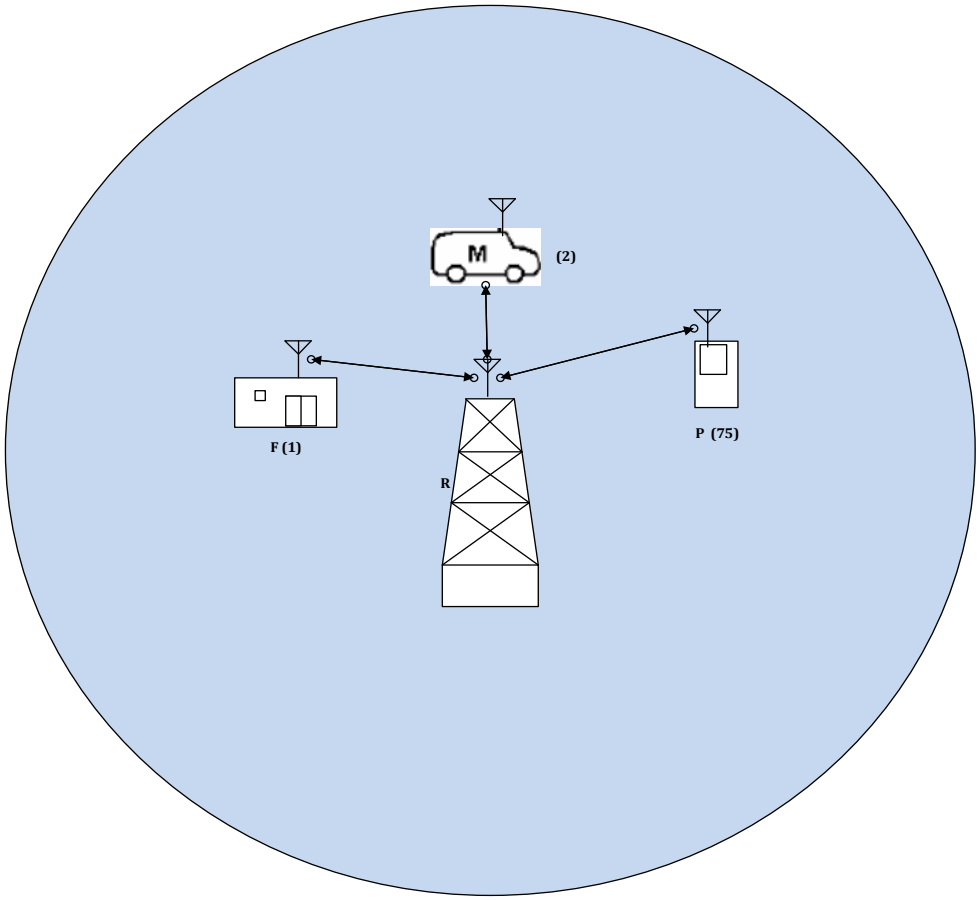
6)
ESQUEMA DEL CIRCUITO



ANEXO C-9. FORMULARIO PARA ESQUEMA DEL SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIONES

	FORMULARIO PARA ESQUEMA DEL SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIONES	**RC– 14ª** Elab.: DGGER Versión: 01
		1) Cod. Cont.:

1)
ESQUEMA GENERAL DEL SISTEMA



Nota: En este formulario se debe graficar la topología del sistema de radiocomunicaciones, cuando este consta de dos o más circuitos enlazados entre sí, en enlaces con más de un salto o en caso de un sistema punto-multipunto.

ANEXO C-10. FORMULARIO PARA ESTUDIO TÉCNICO DE EMISIONES DE RNI

	FORMULARIO PARA ESTUDIO TECNICO DE EMISIONES DE RNI (CALCULO DE LA DISTANCIA DE SEGURIDAD)	**RC-15A RNI-T1**
		Fecha.:

1) *USUARIO :*

NOMBRE DE LA EMPRESA:	MUNICIPIO DE LOJA
DIRECCIÓN :	BOLIVAR Y JOSE NTONIO EGUIGUREN

2) *UBICACIÓN DEL SITIO :*

PROVINCIA :	CIUDAD / CANTON :	LOCALIDAD :	LATITUD (°) (‘) (‘’)	LONGITUD (°) (‘) (‘’)
LOJA	LOJA	PARQUE PUCARA, INMEDIACIONES DE LA UMAPAL.	4° 00’ 24,8” S	79°11’46,6”W

3) $S_{lím}$ A CONSIDERAR (VER ARTICULO 5 DEL REGLAMENTO) :

FRECUENCIAS (MHz)	$S_{lím}$ OCUPACIONAL (W/m^2)	$S_{lím}$ POBLACIONAL (W/m^2)
800	20	4

4) CALCULO DE R^2 :

Altura h (m) :	30	$R = \sqrt{(X^2 + (h - d)^2)}$
DISTANCIA X		VALOR CALCULADO PARA R (m)
2 m		28,57
5 m		28,93
10 m		30,20
20 m		34,81
50 m		57,55

5) CALCULO DEL PIRE :

POTENCIA MAXIMA DEL EQUIPO (W)	GANACIA MAXIMA DE LA ANTENA	VALOR DE PIRE (W)
10	11 (dbi)	70.47

6) CALCULO DEL $S_{lím}$ TEORICO :

$S_{lím} = PIRE / (\pi * R^2)$

DISTANCIA	VALOR DE ($\pi * R^2$)	VALOR DE $S_{lím}$ (W/m^2)
2 m	2564,30	0,0274
5 m	2629,33	0,0268
10 m	2865,25	0,0245
20 m	3806,78	0,0185
50 m	10404,96	0,0067

7) CERTIFICACION DEL PROFESIONAL TECNICO (RESPONSABLE TECNICO)

Certifico que el presente proyecto técnico fue elaborado por el suscrito y asumo la responsabilidad técnica respectiva

APELLIDO PATERNO:	APELLIDO MATERNO:	NOMBRES:	LIC. PROF.:
Poma	Gordillo	Wilmer José	

e-mail:	CASILLA:	TELEFONO / FAX:
bboycala@hotmail.com		0988959933

DIRECCION: Barrio El Calvario	FECHA: 19-12-2014	_____ FIRMA
8) CERTIFICACION DE LA PERSONA NATURAL, REPRESENTANTE LEGAL O PERSONA DEBIDAMENTE AUTORIZADA Certifico que el presente proyecto técnico fue elaborado acorde con mis necesidades de comunicación		
NOMBRE: Eco. YULIZA CONZA	FECHA: 19-12-2014	_____ FIRMA

ANEXO D. HOJAS DE ESPECIFICACIONES

ANEXO D-1 ESTACIÓN BASE TETRAFLEX

TetraFlex® Outdoor System

The TetraFlex® Outdoor System is the most user-friendly, flexible and cost-effective TETRA infrastructure system available. With its high reliability and unique design it is the ideal solution for mission critical communications, even in the harshest environments.

DAMM
– Stay in touch

Full network flexibility
The TetraFlex® system is scalable and can handle from small single site solutions with local coverage to large-scale multisite solutions, using any combination of outdoor or indoor TetraFlex® base stations. Together with the intelligent TetraFlex® software, simple and smooth site expansion is possible, even while in operation. 100% IP-based technology provides full architectural network flexibility with all network components connected in a single state-of-the-art infrastructure without the need of a central switch.

Easy to install - anywhere
Plug and play simplicity enables easy setup and fast deployment. With its IP65 protection the TetraFlex® Outdoor Base Station is ideal for installation in harsh environments. A compact design enables direct mounting on antenna masts, buildings and towers, reducing feeder loss and installation costs considerably, while also providing an ideal solution for rapid, vehicle-based deployment.

Secure and failure tolerant
Featuring full support for battery backup as well as redundant controllers and carriers, TetraFlex® meets your highest requirements on reliability. The intelligent distributed architecture replicates information to all sites in the network, avoiding any single point of failure.

Unlimited application integration
TetraFlex® is supplied with Application Gateways for easy access to the Application Programming Interface (API), Packet Data Gateways and Voice Gateways, allowing you straight forward development of customer-designed applications or integration to existing telephone systems and control room equipment.

As an independent TETRA infrastructure provider DAMM has developed TetraFlex® for full compatibility with all TETRA terminals, providing you with the option freely to choose your favourite terminal brand.

Wide range of advanced software tools
The TetraFlex® system is available with a wide range of software such as Voice and Data Management, Dispatcher and a comprehensive Network Management tool including subscriber management and network performance statistics.

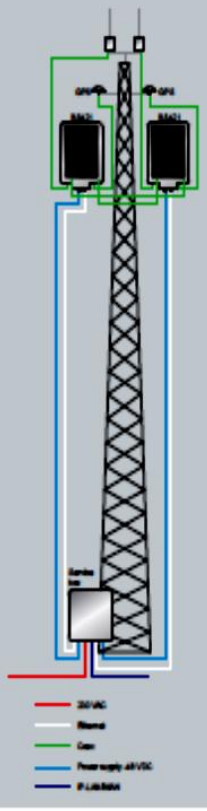
Damm Cellular Systems A/S
Mellegade 68
6400 Sønderborg
Denmark
Phone: +45 7442 3500
Fax: +45 7442 3230

www.damm.dk

Key Specifications

The TetraFlex® Outdoor System consists of the Base Station Transceiver (BS421) together with the Service Box (SB421) containing the base station controller and the power supply. The system is pre-installed with the TetraFlex® Software package.

TetraFlex® – optimised for outdoor solutions



TetraFlex® System – Default settings

Function	No.	Function	No.
Organizations	1000	Application GW Connections per node	20
Profiles	2000	Application GW Streams	100
Subscribers	20000	Application GW Streams per Application	32
Nodes	254	Log Servers	25
Voice GW Connections per node	32		

Only default settings. Can be expanded on request.

Base Station Transceiver BS421

Frequency Bands

	300 MHz Band			400 MHz Band		800 MHz Band
RX	300-310 MHz	350-360 MHz	380-390 MHz	410-420 MHz	450-460 MHz	805-825 MHz
TX	336-346 MHz	360-370 MHz	390-400 MHz	420-430 MHz	460-470 MHz	850-870 MHz
BW	10 MHz	5 MHz	5 MHz	5 MHz	5 MHz	14 MHz

Other frequencies on request.

Transmitter and Receiver

- TX power at antenna connector: 0.5 W to 10 W TETRA remotely adjustable
- RX sensitivity: -121 dBm with diversity (-118 dBm without diversity)
- RX sensitivity static/dynamic: -118 dBm/-113 dBm
- Receiver Diversity: Dual as standard
- Built-in duplexer: Combines TX and RX to one antenna
- Redundancy: Hot Standby
- Synchronization: Internal or external with GPS

Antenna Connections

- Antenna set-up: One antenna per carrier, minimum two antennas for diversity
- GPS antenna: One GPS antenna per carrier. Active (+5 VDC) or passive

Service Box SB421

Base Station Controller

- Max. distance SB421 – BS421: 100 m.
- One SB421 controls two BS421
- Redundancy: Hot Standby

		BS421	SB421
Power	Input Voltage	-48 VDC (galvanic isolated)	100-240 VAC or -48 VDC
	Power Consumption	75 W at 10 W TETRA	20 W
	Optional internal battery		4 x 12 VDC 7Ah
	Optional external battery		4 x 12 VDC
Mechanical	Dimensions (HxWxD)	333 x 246 x 165 mm	375 x 283 x 215 mm
	Weight	9 kg	20 kg (incl. battery)
	Wind area	0.08 sqm	0.10 sqm
	Storage temperature	-40°C to +55°C	
	Operating temperature	-25°C to +55°C (-20°C to +55°C w. internal battery)	
	Encapsulation	IP65	
	Lightning protection	Internal	

Mounting accessories included

Standards and Approvals

- TETRA Specification, EN 300 394-1, v.3.1.1; please refer toTetraFlex® feature list
- IOP Certification; please refer to www.tetramou.com for details
- DS/EN ISO 9001:2008

Note: Compatibility tests with TETRA terminals are maintained by DAMM for newest SW updates.

DAMM
= Stay in touch

Damm Cellular Systems A/S, Møllegade 68, 6400 Sønderborg, Denmark
Phone: +45 7442 3500, Fax: +45 7442 3230, www.damm.dk

KATHREIN
SCALA DIVISION

738 192
Omnidirectional Antenna

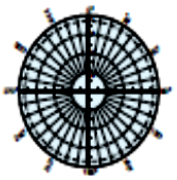
Kathrein's omnidirectional antennas for wireless, paging, SMR and mobile applications are extremely robust, using the finest fiberglass, brass, and aluminum. Applicable mounting hardware is fabricated from stainless steel.

- Wireless
- Paging
- SMR
- Land Mobile
- ISM

Specifications:

Frequency range	806–894 MHz
Gain	11 dBi
Impedance	50 ohms
VSWR	< 1.5:1
Intermodulation (2x20w)	IM3: <-150dBc
Polarization	Vertical
Maximum input power	500 watts (at 50°C)
H-plane beamwidth	Omni
E-plane beamwidth	7 degrees (half-power)
Connector	7-16 DIN female
Weight	18.7 lb (8.5 kg)
Height	127.4 inches (3237 mm)
Radome diameter	2 inches (51 mm)
Wind survival rating*	110 mph (180 kph)
Wind load Side	at 93 mph (150kph) 52 lbf (230 N)
Shipping dimensions	138.4 x 5.8 x 4.4 inches (3516 x 148 x 112 mm)
Shipping weight	26.6 lb (12 kg)
Mounting	Mounting hardware supplied. For masts of 2 to 3.75 inch (50 to 94 mm) OD
See reverse for order information	

* Mechanical design is based on environmental conditions as stipulated in TIA-222-G-2 (December 2009) and/or ETS 300 019-1-4 which include the static mechanical load imposed on an antenna by wind at maximum velocity. See the Engineering Section of the catalog for further details.



H-plane
Horizontal pattern
V-polarization

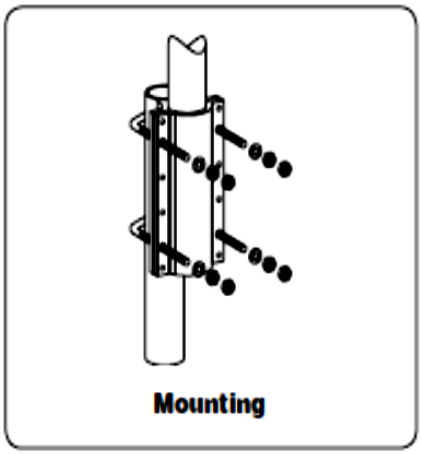
E-plane
Vertical pattern
V-polarization

11242-A
936.1375/h

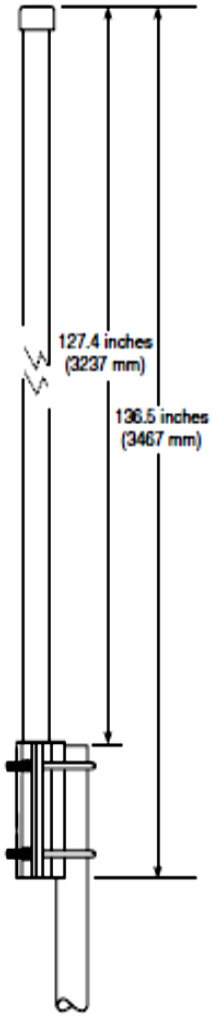
Kathrein Inc., Scala Division Post Office Box 4580 Medford, OR 97501 (USA) Phone: (541) 779-6500 Fax: (541) 779-3991
Email: communications@kathrein.com Internet: www.kathrein-scala.com

KATHREIN
SCALA DIVISION

738 192
Omnidirectional Antenna



Mounting



Order Information:

Model	Description
738 192	Antenna with 7-16 DIN connector 0° electrical downtilt

All specifications are subject to change without notice. The latest specifications are available at www.kathrein-scala.com.

Kathrein Inc., Scala Division Post Office Box 4580 Medford, OR 97501 (USA) Phone: (541) 779-6500 Fax: (541) 779-3991
Email: communications@kathrein.com Internet: www.kathrein-scala.com

ANEXO D-3 TERMINAL PORTÁTIL

STP8000

HAND-PORTABLE

The STP8000 TETRA radio is a high performance, rugged hand-portable designed to withstand the harshest environments of the public safety, military, transport, and utilities markets.

Feature rich, the radio combines high RF power, loud clear audio with a large, easily viewable, high resolution colour display.

FEATURES

- 1.8W RF Power
- GPS & Man-Down Alarm
- DMO Repeater
- IP55
- Radio Applications & MicroSD Card
- Integrated Bluetooth
- STProtect-capable

BENEFITS

- Enhanced coverage in TMO and DMO
- Increased user safety through automatic detection of motion and position
- Increased range and reliability of DMO voice and data calls
- Excellent water and dust resistance
- Increased productivity and effectiveness of users
- Wire-free voice and data connectivity

ANEXO D-4 TERMINAL MÓVIL

SRG3900 & SRG3500

MOBILE RADIO RANGE

The SRG3900 & SRG3500 are fully featured TETRA mobile radios, hardware ready to support Direct Mode Gateway, Direct Mode Repeater, PEI based Data and End to End Encryption options.

FEATURES

- 10 Watts RF Power
- Direct Mode Gateway
- DMO Repeater
- Dual Console Support
- Radio Applications & Status Triggered Functions
- Audio presentation options
- Air Interface & End to End Encryption options

BENEFITS

- Provides the greatest operational range of any TETRA radio
- Extends network coverage and allows increased workflow management
- Increased range and reliability of DMO voice and data calls
- Allows full control from two positions within the vehicle
- Increased productivity and effectiveness of users
- Supports PA broadcast, local recording and 3rd party radio equipment
- Ensures all information remains confidential

COLOUR CONSOLE

The DIN sized Sepura Colour Console offers a large high resolution colour display, 18 soft keys and a front accessory connector.

FEATURES

- Large, high resolution colour display
- Day & Night Mode
- Front Accessory Connector
- IP54 & IP67 sealing options
- Backwards compatibility
- Intelligent Volume control

BENEFITS

- Easy to read and ideal for viewing clear, sharp images
- Low-glare night use reduces distractions
- Simplifies in-vehicle programming plus increases support to 3 audio accessories per console
- Allow console to be installed in many locations and scenarios
- Re-uses existing cabling and brackets saving cost and time
- Allows independent control of each accessory

ANEXO D-5. DESPACHADOR TETRA

TetraFlex® Dispatcher

The TetraFlex® Dispatcher provides features for increased efficiency in organizations managing a fleet of subscribers with the needs of command, control and monitoring of radio communications.

DAMM

Simplicity
With simplicity as the key for all products developed by DAMM, the TetraFlex® Dispatcher is exclusively tailored to the TetraFlex® infrastructure system allowing you to be instantly up running with dispatcher functionalities.

Efficient operation
With the TetraFlex® Dispatcher the operator can set-up and monitor any individual-, group- and broadcast calls and perform discrete and ambience listening.

The TetraFlex® Dispatcher is able to handle the entire fleet of subscribers and monitor up to 32 voice streams at the same time with simultaneous voice and data messages.

User friendly interface
Dispatcher functionalities are easily accessed through the multi lingual user-friendly and intuitive graphical user interface, without needs of extensive training programs for operators.

GPS tracking
The TetraFlex® Dispatcher offers GPS-based tracking of subscribers on maps providing the operator an easy overview of his fleet.
Further the GPS function displays speed and direction of the GPS subscriber and provides GPS positioning history.

Critical communications
To ensure the constant reliability and control of critical communications, the TetraFlex® Dispatcher offers instant voice call status and history, instant display of infrastructure node alarms as well as DGNA history of individual subscribers and groups.

Flexibility
The TetraFlex® Dispatcher is installed directly on a separate PC and one or several dispatchers can operate from any convenient location connected to the TetraFlex® infrastructure via the IP backbone.

Damm Cellular Systems A/S
Møllegade 68
6400 Sønderborg
Denmark
Phone: +45 7442 3500
Fax: +45 7442 3230

www.damm.dk

Key Features

Supported Call functions

- Group Call
- Individual Simplex and Duplex Call
- Broadcast Call
- Monitoring of all active calls
- Send and receive text SDS (Short Data Services)
- Send and receive status SDS
- PABX / PSTN Calls
- Master PPT

Dispatcher Services

- Call merging
- Call authorized by Dispatcher
- Priority and Emergency Call
- Create and add DGNA Groups
- GPS positioning of all subscribers on map
- Display speed and direction for GPS subscribers
- GPS Positioning History
- Phonebook updates from subscriber register
- Edit permission in subscriber register
- DGNA History of individual subscribers and groups
- Voice call status and history
- Display of node alarms
- Dongle and optional PIN code protection

Technical requirements

- Windows XP, Windows Vista, Windows 7 and 8
- 1 GB RAM
- 1 GHz Pentium 4 Processor
- 1 GB free harddisk space
- Windows compatible soundcard
- IE 6.0 or higher (Google map)
- MS SQL Compact database (included in the TetraFlex® Dispatcher SW package)
- .NET Framework 2.0 (included in the TetraFlex® Dispatcher SW package)

Specifications subject to change without notice

DAMM

Damm Cellular Systems A/S, Møllegade 68, 6400 Sønderborg, Denmark
Phone: +45 7442 3500, Fax: +45 7442 3230, www.damm.dk

2014.03.19_Ver1.1_L01

ANEXO E. TABLA DE TRÁFICO ERLANG C

Erlang C Traffic Table

Maximum Offered Load Versus B and N
B is in %

N/B	0.01	0.05	0.1	0.5	1.0	2	5	10	15	20	30	40
1	.0001	.0005	.0010	.0050	.0100	.0200	.0500	.1000	.1500	.2000	.3000	.4000
2	.0142	.0319	.0452	.1025	.1465	.2103	.3422	.5000	.6278	.7403	.9390	1.117
3	.0860	.1490	.1894	.3339	.4291	.5545	.7876	1.040	1.231	1.393	1.667	1.903
4	.2310	.3533	.4257	.6641	.8100	.9939	1.319	1.653	1.899	2.102	2.440	2.725
5	.4428	.6289	.7342	1.065	1.259	1.497	1.905	2.313	2.607	2.847	3.241	3.569
6	.7110	.9616	1.099	1.519	1.758	2.047	2.532	3.007	3.344	3.617	4.062	4.428
7	1.026	1.341	1.510	2.014	2.297	2.633	3.188	3.725	4.103	4.406	4.897	5.298
8	1.382	1.758	1.958	2.543	2.866	3.246	3.869	4.463	4.878	5.210	5.744	6.178
9	1.771	2.208	2.436	3.100	3.460	3.883	4.569	5.218	5.668	6.027	6.600	7.065
10	2.189	2.685	2.942	3.679	4.077	4.540	5.285	5.986	6.469	6.853	7.465	7.959
11	2.634	3.186	3.470	4.279	4.712	5.213	6.015	6.765	7.280	7.688	8.336	8.857
12	3.100	3.708	4.018	4.896	5.363	5.901	6.758	7.554	8.099	8.530	9.212	9.761
13	3.587	4.248	4.584	5.529	6.028	6.602	7.511	8.352	8.926	9.379	10.09	10.67
14	4.092	4.805	5.166	6.175	6.705	7.313	8.273	9.158	9.760	10.23	10.98	11.58
15	4.614	5.377	5.762	6.833	7.394	8.035	9.044	9.970	10.60	11.09	11.87	12.49
16	5.150	5.962	6.371	7.502	8.093	8.766	9.822	10.79	11.44	11.96	12.77	13.41
17	5.699	6.560	6.991	8.182	8.801	9.505	10.61	11.61	12.29	12.83	13.66	14.33
18	6.261	7.169	7.622	8.871	9.518	10.25	11.40	12.44	13.15	13.70	14.56	15.25
19	6.835	7.788	8.263	9.568	10.24	11.01	12.20	13.28	14.01	14.58	15.47	16.18
20	7.419	8.417	8.914	10.27	10.97	11.77	13.00	14.12	14.87	15.45	16.37	17.10
21	8.013	9.055	9.572	10.99	11.71	12.53	13.81	14.96	15.73	16.34	17.28	18.03
22	8.616	9.702	10.24	11.70	12.46	13.30	14.62	15.81	16.60	17.22	18.19	18.96
23	9.228	10.36	10.91	12.43	13.21	14.08	15.43	16.65	17.47	18.11	19.10	19.89
24	9.848	11.02	11.59	13.16	13.96	14.86	16.25	17.51	18.35	19.00	20.02	20.82
25	10.48	11.69	12.28	13.90	14.72	15.65	17.08	18.36	19.22	19.89	20.93	21.76
26	11.11	12.36	12.97	14.64	15.49	16.44	17.91	19.22	20.10	20.79	21.85	22.69
27	11.75	13.04	13.67	15.38	16.26	17.23	18.74	20.08	20.98	21.68	22.77	23.63
28	12.40	13.73	14.38	16.14	17.03	18.03	19.57	20.95	21.87	22.58	23.69	24.57
29	13.05	14.42	15.09	16.89	17.81	18.83	20.41	21.82	22.75	23.48	24.61	25.50
30	13.71	15.12	15.80	17.65	18.59	19.64	21.25	22.68	23.64	24.38	25.54	26.44
31	14.38	15.82	16.52	18.42	19.37	20.45	22.09	23.56	24.53	25.29	26.46	27.38
32	15.05	16.53	17.25	19.18	20.16	21.26	22.93	24.43	25.42	26.19	27.39	28.33
33	15.72	17.24	17.97	19.95	20.95	22.07	23.78	25.30	26.32	27.10	28.31	29.27
34	16.40	17.95	18.71	20.73	21.75	22.89	24.63	26.18	27.21	28.01	29.24	30.21
35	17.09	18.67	19.44	21.51	22.55	23.71	25.48	27.06	28.11	28.92	30.17	31.16
36	17.78	19.39	20.18	22.29	23.35	24.53	26.34	27.94	29.00	29.83	31.10	32.10
37	18.47	20.12	20.92	23.07	24.15	25.36	27.19	28.82	29.90	30.74	32.03	33.05
38	19.17	20.85	21.67	23.86	24.96	26.18	28.05	29.71	30.80	31.65	32.97	34.00
39	19.87	21.59	22.42	24.65	25.77	27.01	28.91	30.59	31.71	32.57	33.90	34.94
40	20.58	22.33	23.17	25.44	26.58	27.84	29.77	31.48	32.61	33.48	34.83	35.89

Oficio Nro.-075-CGS-2014
Loja, 10 de febrero de 2014

Señor
Wilmer José Poma Gordillo,
Ciudad.-

De mi consideración:

En atención a oficio recibido en esta dependencia el 10 de febrero del presente, me permito dar a conocer que tiene la debida autorización para que esta dependencia le brinde la información necesaria para el desarrollo del estudio del proyecto de su tesis.

Particular que comunico para los fines pertinentes.

Atentamente,

Ing. Nelson Salinas Livisaca
ADMINISTRADOR DEL SIMERT (E)

SIMERT
LOJA

Municipio de Loja

Eco.
Yuliza Conza
ADMINISTRADORA DEL SIMERT

CERTIFICA:

Que la información proporcionada sobre los Ingresos y Egresos del SIMERT , al señor WILMER JOSÉ POMA GORDILLO, egresado de la carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones, para el trabajo de titulación denominado: **"ESTUDIO TÉCNICO Y DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIONES DIGITALES BASADO EN EL ESTANDAR TETRA PARA MEJORAR EL SERVICIO DE COMUNICACIONES PRIVADAS AL SIMERT DEL GAD MUNICIPAL DE LOJA"**, son datos reales.

Lo certifica en honor a la verdad y autoriza al interesado hacer uso del presente en lo que a sus intereses convenga.

Loja, 16 de Diciembre del 2014

Eco. Yuliza Conza
ADMINISTRADORA DEL SIMERT

POLICIA MUNICIPAL DE LOJA
SIMERT - COORDINACION
MUNICIPIO DE LOJA

FINE-TUNED ENGLISH
LANGUAGE INSTITUTE

Sr. Carlos Velastegui Aguilar
PROFESOR DEL INSTITUTO
"FINE-TUNED ENGLISH"

C E R T I F I C A:

Que el documento aquí compuesto es fiel traducción del idioma español al idioma inglés del resumen para el trabajo de titulación denominado: ***"ESTUDIO TÉCNICO Y DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIONES DIGITALES BASADO EN EL ESTANDAR TETRA PARA MEJORAR EL SERVICIO DE COMUNICACIONES PRIVADAS AL SIMERT DEL GAD MUNICIPAL DE LOJA"***, del Sr. WILMER JOSÉ POMA GORDILLO, egresado de la carrera de Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones del Área de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables de la Universidad Nacional de Loja.

Lo certifica en honor a la verdad y autoriza al interesado hacer uso del presente en lo que a sus intereses convenga.

Loja, 05 de diciembre de 2014

FINE-TUNED ENGLISH CIA. LTDA. LOJA-ECUADOR

Sr. Carlos Velastegui Aguilar
PROFESOR DE F.T.E.