



UNIVERSIDAD DEL AZUAY

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

**Integración de Sistemas de Telefonía IP
con Sistemas Convencionales de Radio Frecuencia
para la Tercera División de Ejército Tarqui**

**Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:
INGENIERO ELECTRÓNICO**

Autores:

DARÍO FERNANDO ASTUDILLO AGUILERA

JOSÉ MAURICIO GUAMÁN SINCHI

Director:

DANIEL ESTEBAN ITURRALDE PIEDRA

CUENCA - ECUADOR

2016

DEDICATORIA

Dedico esta meta a mis padres Darío y Katy, a mis hermanos Pedro y Johanna, a mis hijos Tatiana y Martín, y de manera especial a mi difunta bisabuela, Laura Gallegos Valdivieso, que por motivos ajenos no pudo llegar a estar presente en este importante logro de mi vida.

Darío.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a las autoridades pertinentes que dieron tramite a la aprobación y sustentación de este tema de tesis.

Agradezco también de manera muy encarecida, al Ing. Daniel Iturralde Piedra, que tuvo la gentileza y paciencia de saber guiarnos a lo largo de la elaboración de este documento y las observaciones a tomarse en cuenta para el desarrollo de la parte técnica.

Agradezco también a las autoridades de la Tercera Zona Militar Tarqui, al Ing. Fabián Carvajal, gracias a sus conocimientos y facilidades que nos sirvieron de mucho para el avance de este proyecto.

De manera muy especial agradezco a mi compañero y amigo de años, Mauricio, por permitirme trabajar en este proyecto, y por el apoyo brindado durante todo este tiempo. También agradezco a Byron por sus conocimientos que nos fueron compartidos y sirvieron de gran ayuda durante la parte final del proyecto. Agradezco a mis amigos Paul, María Paz y demás compañeros de trabajo, por su apoyo y paciencia durante estos meses. Agradezco también a MIV por su apoyo incondicional durante estos años.

Darío.

DEDICATORIA

Quiero dedicarle este trabajo a Dios primeramente, por haberme dado la salud y la fortaleza, a mis Padres, hermanos, hermanas, a mí querida amiga Alicia Bonifaz y a la distancia a Teresita, que durante todo este tiempo me han sabido apoyar en todo momento, a mis abuelitos que desde el cielo sé que estarán orgullosos de mi meta cumplida.

Mauricio

AGRADECIMIENTO

Agradezco la participación del Ing. Daniel Iturralde Piedra, quien con sus conocimientos nos supo guiar durante todo el desarrollo del proyecto.

Agradezco a todas las autoridades de la III División de Ejército Tarqui, en especial al Ing. Fabián Carvajal, quien nos abrió las puertas para el desarrollo del proyecto, además de aportar con sus conocimientos y documentación.

De manera muy especial agradezco a mi sobrino Byron que colaboró con sus conocimientos y su apoyo para concluir el proyecto, a mi compañero, amigo de toda la vida Darío, por compartir malos y buenos momentos durante todo este tiempo. Gracias.

Mauricio.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS	xv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xvi
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT	xviii
INTRODUCCION	1
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	3
1.1 Descripción del problema.....	3
1.2 Alcances y limitaciones.....	11
1.3 Hipótesis	12
1.4 Metodología utilizada.....	13
1.5 Organización del trabajo.....	13
CAPÍTULO II: ESTADO DEL ARTE	15

CAPÍTULO III: SITUACIÓN ACTUAL	28
3.1 Sistema Troncalizado	28
3.2 Descripción del Sitio	29
CAPÍTULO IV: IMPLEMENTACIÓN	37
4.1 Introducción.....	37
4.2 Radio Sobre Protocolo de Internet (RoIP).	37
4.3 Funcionamiento de RoIP.	37
4.4 Diagramas de bloque de RoIP.	38
4.5 Protocolos de señalización de VoIP.	39
4.6 Diagrama general de conexiones y direccionamiento IP	41
4.7 Configuración de Router MikroTik RB750 para servicios de internet a hosts.	42
4.8 Configuración de MikroTik RB750 como servidor VPN	46
4.8.1 Habilitar servidor PPTP.	46
4.9 Configuración de Central IP Elastix.....	52
4.10 Extensiones en Central IP Elastix NLX-Series.	53
4.10.1 Extensión asignada a equipo portátil.	53
4.10.2 Extensión asignada para Teléfono IP Grandstream GVX3240.	54
4.10.3 Extensión para celular mediante Softphone.....	55
4.10.4 Extensión para equipo RoIP-102.	56
4.11 Configuración adicional para cada extensión.....	57
4.11.1 Configuración para portátil mediante Softphone.....	57

4.11.2 Configuración para Teléfono IP Grandstream GXV3240.	60
4.11.3 Configuración de celular mediante Softphone.....	63
4.11.4 Configuración para Smartphone mediante softphone.....	63
4.11.5 Configuración para equipo RoIP-102.	64
4.12 Circuito de interface para equipos RoIP-102.	68
CAPÍTULO V: RESULTADOS	72
5.1 Interface para las radios con el RoIP-102.....	72
5.1.1 Calculo de ancho de pista para placa de interface.	72
5.1.2 Diseño de tarjeta interface mediante Proteus Design Suite™.	73
5.2 Pruebas realizadas mediante llamadas realizadas entre equipos.....	82
5.2.1 Llamada entre equipo portatil1 y Teléfono IP1	82
5.2.2 Llamada entre Teléfono IP1 y celular1.....	84
5.2.3 Llamada entre portátil1 y celular1.	84
5.3 Llamadas realizadas a equipo RoIP-102.	85
5.3.1 Llamada realizada entre Portátil1 y RoIP-102.....	85
5.3.2 Llamada realizada entre Teléfono IP1 y RoIP-102	87
5.3.3 Llamada realizada entre celular1 y RoIP-102.....	87
5.4 Llamadas realizadas mediante conexión por VPN.....	88
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	91
BIBLIOGRAFIA.....	93
ANEXOS	95

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Valores de uso de telefonía fija del 2001 al 2015.....	4
Figura 1.2 Comparación de la telefonía fija con el desarrollo de las TIC.	5
Figura 1.3 Ingresos de VoIP gestionado, en proporción a los ingresos de voz fija.	6
Figura 1.4 Precio Promedio por minuto de VoIP.....	7
Figura 1.5 Índice de ingresos de servicios de telecomunicaciones, por país y por sector: 2009 y 2014.....	8
Figura 1.6 Índice de comparación total del país por telecomunicaciones móviles, ingresos por sector entre: 2009-2014.	9
Figura 1.7 Conexiones móviles: 2009 y 2014.....	11
Figura 1.8 Integración de Sistemas de telefonía IP con Sistemas Convencionales de Radio frecuencia para la Tercera División de Ejército Tarqui.....	12
Figura 2.1 Diagrama de conexión para el sistema propuesto para la implementación. ...	16
Figura 2.2 Tarjeta Raspberry Pi.	17
Figura 2.3 Diagrama propuesto para interconexión del sistema RoIP.....	18
Figura 2.4 Diagrama de implementación RoIP.....	19
Figura 2.5 Esquema de implementación.	20
Figura 2.6 Modo Convertidor equipo VE-PG3.....	22
Figura 2.7 Modo Puente equipo VE-PG3.	23
Figura 2.8 Nimroi, integración de radio y telefonía.....	24
Figura 2.9 Sistema de Interconexión Icom Global.....	24
Figura 2.10 Proyecto que se encuentra en el ECU-911.	25
Figura 2.11 Conexión entre Loja y Yantzaza.....	26

Figura 3.1 Sistema Troncalizado.	29
Figura 3.2 Diagrama de equipos que se encuentran en un Sitio dentro del sistema troncalizado.	30
Figura 3.3 Diagrama básico de radioenlaces.....	31
Figura 3.4 Rack de equipos utilizados en radioenlaces.....	32
Figura 3.5 Switch para interconexiones.....	33
Figura 3.6 Equipo Multiplexador.....	33
Figura 3.7 Equipo de borde.....	33
Figura 3.8 Módulo IDU.....	34
Figura 3.9 Módulos ODU.....	34
Figura 3.10 Módulos ODU y antena de radioenlace.....	35
Figura 3.11 Radio base a emplearse como repetidora móvil.....	35
Figura 3.12 Uso de equipos de comunicación.....	36
Figura 4.1 Diagrama general de funcionamiento de RoIP.....	38
Figura 4.2 Diagrama de bloques RoIP.....	39
Figura 4.3 Modelo H.323.....	40
Figura 4.4 Diagrama de conexiones y direccionamiento IP.....	42
Figura 4.5 Acceso a Router MikroTik RB750.....	43
Figura 4.6 Configuración de puertos en Router MikroTik RB750.....	43
Figura 4.7 Configuración de DNS.....	44
Figura 4.8 Configuración de NAT, parte 1.....	44
Figura 4.9 Configuración de NAT, parte 2.....	45
Figura 4.10 Configuración de gateway.....	45

Figura 4.11 Verificación de servicio de internet en MikroTik RB750.	46
Figura 4.12 Habilitación de servidor PPTP.....	47
Figura 4.13 Rango de direcciones IP mediante DHCP para conexiones a VPN.	47
Figura 4.14 Perfil de red VPN.....	48
Figura 4.15 Parámetros de acceso para VPN.	49
Figura 4.16 Red VPN Activa.	49
Figura 4.17 Proxy ARP en puerto de red LAN.....	50
Figura 4.18 Configuración de hora y fecha.....	50
Figura 4.19 Script para ejecución de dyndns.	51
Figura 4.20 Habilitación de script para dyndns.	52
Figura 4.21 Acceso a Central IP Elastix NLX-Series.	52
Figura 4.22 Configuración de puerto Ethernet en Central Elastix.....	53
Figura 4.23 Tipo de extensión a crearse.....	54
Figura 4.24 Características de la extensión 100.....	54
Figura 4.25 Configuración de equipo portátil como extensión 101.....	55
Figura 4.26 Configuración de celular como extensión 102.	55
Figura 4.27 Configuración de equipo RoIP-102 como extensión 103.....	56
Figura 4.28 Estado activo de las extensiones respectivas.	56
Figura 4.29 Código para protocolo de señalización SIP.	57
Figura 4.30 Software para aplicaciones Softphone Zoiper.	58
Figura 4.31 Tipo de cuenta SIP para Softphone.	58
Figura 4.32 Configuración de softphone en portátil	58
Figura 4.33 Confirmación de datos para softphone en portátil.	59

Figura 4.34 Configuración para realizar PTT con equipo RoIP-102.....	59
Figura 4.35 Configuración de tarjeta de red en equipo portátil.	60
Figura 4.36 Ingreso a Teléfono IP Grandstream GXV3240.	60
Figura 4.37 Configuración de dirección IP estática.	61
Figura 4.38 Configuración de parámetros en teléfono IP Grandstream GXV3240.....	61
Figura 4.39 Configuración de marcado SIP INFO.	61
Figura 4.40 Estado del Teléfono IP Grandstream GXV3240.	62
Figura 4.41 Estado del Teléfono IP Grandstream GXV3240.	62
Figura 4.42 Configuración de IP estática en Router TP-Link.....	63
Figura 4.43 Configuración de extensión 102 en Smartphone.	63
Figura 4.44 Estado activo de softphone en celular.	64
Figura 4.45 Puertos del equipo RoIP-102.....	64
Figura 4.46 Configuración de dirección IP estática en equipo RoIP-102.....	65
Figura 4.47 Configuración de equipo RoIP-102 como extensión 103.....	65
Figura 4.48 Estado del equipo RoIP-102.	66
Figura 4.49 Configuración de RoIP-102 Proxy en modo repetidor.	67
Figura 4.50 Configuración de RoIP-102 Peer en modo repetidor.	68
Figura 4.51 Diagrama general de equipos RoIP-102 para la interconexión de dos radio bases.	69
Figura 4.52 Conexión general entre radios Radio Bases y RoIP-102.....	69
Figura 4.53 Conexiones entre cable MIL-C-3432E y la radio base 1.....	70
Figura 4.54 Conector y distribución de pines cable MIL-C-3432E.....	70
Figura 4.55 Conexiones entre cable con conector Motorola y la radio base 2.	71

Figura 4.56 Conector y distribución de pines cable Motorola.	71
Figura 5.1 Esquema de la Interface del RoIP con las radio bases.....	74
Figura 5.2 Esquema PCB diseñado en Proteus.	75
Figura 5.3 Esquema PCB diseñado en Proteus en vista 3D.....	75
Figura 5.4 Uso de cloruro férrico para obtener el circuito impreso.	76
Figura 5.5 Placa PCB.	76
Figura 5.6 Secuencia de desarmado del relé original de la radio base (a, b) Caja original, (c) Tarjeta interna (d, e), Conectores a emplearse, (f) Tapa metálica.....	77
Figura 5.7 Conector hembra del cable MIL-C-3432E con sus conexiones originales.....	78
Figura 5.8 Conexiones en conector hembra MIL-C-3432E.....	78
Figura 5.9 Placa final para interface de equipos RoIP-102.....	79
Figura 5.10 Prueba del interface, previo montaje dentro de la caja del relé.	79
Figura 5.11 Placa interface y placas de los RoIP colocadas dentro de la caja del relé. ...	80
Figura 5.12 Interface entre la radio bases y los RoIP en funcionamiento.....	80
Figura 5.13 Prueba realizada con la caja final de interface.....	81
Figura 5.14 Caja interface plástica (armado).	81
Figura 5.15 Caja interface plástica (vista lateral).....	82
Figura 5.16 Caja interface plástica (final).....	82
Figura 5.17 Estado de llamada en softphone (portatil1 y telefonoip1).	83
Figura 5.18 Estado de llamada en Teléfono IP (portatil1 y telefonoip1).....	83
Figura 5.19 Estado de llamada en la Central IP (portatil1 y telefonoip1).	83
Figura 5.20 Estado de llamada Teléfono IP (telefonoip1 y celular1).	84
Figura 5.21 Estado de llamada en la Central IP (telefonoip1 y celular1).	84

Figura 5.22 Estado de llamada en softphone (portátil1 y celular1).	85
Figura 5.23 Estado de llamada en la Central IP (portátil1 y celular1).	85
Figura 5.24 Estado de llamada en softphone (portátil y roip1).	86
Figura 5.25 PTT entre portátil y RoIP-102	86
Figura 5.26 Estado de llamada en la Central IP (portátil1 y roip1).	86
Figura 5.27 PTT entre Teléfono IP y RoIP-102.....	87
Figura 5.28 Estado de llamada en Central IP (telefonoip1 y roip1).....	87
Figura 5.29 PTT entre celular1 y RoIP-102.....	88
Figura 5.30 Estado de llamada en la Central IP (celular 1 y roip1).	88
Figura 5.31 Conexión de hosts a la VPN.	89
Figura 5.32 Transmisión de datos durante las llamadas en la VPN.....	89
Figura 5.33 Llamada realizada mediante VPN (portátil1 y celular2).	89
Figura 5.34 Llamada realizada mediante VPN (portátil1 y celular2).	90
Figura 5.35 Llamada realizada mediante VPN (celular2 y celular3).....	90

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Conexión entre Loja y Yantzaza (Proyectos SIS ECU-911, 2016)	26
Tabla 2.2 Distribución Actual de equipos RoIP y Teléfonos IP en el País (Proyectos SIS ECU-911, 2016)	27
Tabla 5.1 Descripción de las constantes de la fórmula para calcular el ancho de la pista en una PCB.....	72

ÍNDICE DE ANEXOS

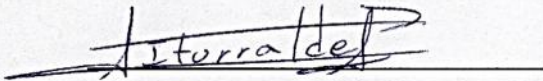
Anexo 1: Oficio de aceptación referido a la implementación del tema de tesis “Integración de Sistemas de Telefonía IP con Sistemas Convencionales de Radio Frecuencia” por parte de la Tercera División de Ejército “Tarqui”.	96
Anexo 2: Certificado de finalización referido al tema de tesis “Integración de Sistemas de Telefonía IP con Sistemas Convencionales de Radio Frecuencia”, por parte de la Tercera División de Ejército “Tarqui”.	97

**INTEGRACIÓN DE SISTEMAS DE TELEFONÍA IP
CON SISTEMAS CONVENCIONALES DE RADIO FRECUENCIA
PARA LATERCERA DIVISIÓN DE EJÉRCITO “TARQUI”**

RESUMEN

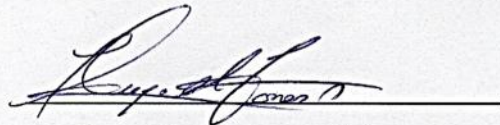
El trabajo realizado presenta la unificación de sistemas de comunicación basados en voz sobre IP con sistemas de telefonía convencionales, siendo el objetivo mejorar dichas comunicaciones tanto en el área de cobertura como en el aprovechamiento de equipos que por sus características técnicas no permiten una conexión directa con sistemas de Telefonía *IP*, utilizando los beneficios que actualmente prestan los servicios basados en internet. Para valorar los resultados, se realizaron llamadas entre los diferentes hosts dentro de la red interna como en una red externa mediante el uso de redes virtuales *VPN*, además de pruebas de conexión entre las tarjetas de interface por medio de radio bases de diferentes modelos, las cuales se encuentran en la Tercera División de Ejército “Tarqui”

Palabras Clave: VoIP, RoIP, VPN, Zoiper, RF



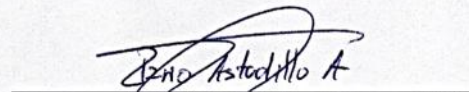
Daniel Esteban Iturralde Piedra

Director del Trabajo de Titulación

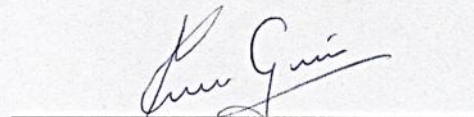


Hugo Marcelo Torres Salamea

Director de Escuela



Darío Fernando Astudillo Aguilera



José Mauricio Guamán Sinchi

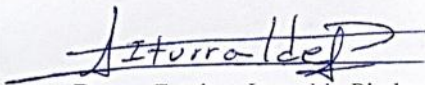
Autores

**INTEGRATION OF IP TELEPHONY SYSTEMS WITH RADIO FREQUENCY
CONVENTIONAL SYSTEMS FOR *TARQUI* THIRD ARMY DIVISION**

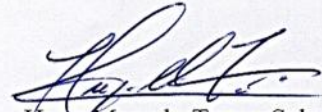
ABSTRACT

The study presents the unification of communication systems based on Voice over IP with conventional phone systems. The aim is to improve these communications in the coverage area as well as in the use of equipment, which due to its technical characteristics do not allow a direct connection to IP Telephone systems using the benefits that internet-based services currently provide. To evaluate the results, calls made between the different hosts within the internal network and in the external network were performed by using virtual private networks VPN. Additionally; this enabled to evidence the connection between the interface cards through base stations of different models, which are in the Third Military Zone of *Tarqui*.

Keywords. VoIP, RoIP, VPN, Zoiper, RF



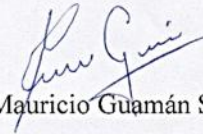
Dame Esteban Iturralde Piedra
Thesis Director



Hugo Marcelo Torres Salamea
School Director

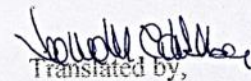
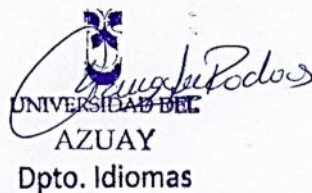


Dario Fernando Astudillo Aguilera



José Mauricio Guamán Sinchi

Authors



Translated by,

Lic. Lourdes Crespo

Darío Fernando Astudillo Aguilera

José Mauricio Guamán Sinchi

Trabajo de Titulación

Ing. Daniel Esteban Iturralde Piedra, Mst.

Julio, 2016

**INTEGRACIÓN DE SISTEMAS DE TELEFONÍA IP
CON SISTEMAS CONVENCIONALES DE RADIO FRECUENCIA
PARA LA TERCERA DIVISIÓN DE EJÉRCITO TARQUI**

INTRODUCCION

Los sistemas de comunicación basados en señales analógicas, se han utilizado desde hace más de un siglo, debido a sus aplicaciones para comercio, situaciones emergentes y de conectividad con lugares remotos. El desarrollo de las tecnologías basadas en el empleo de internet, ha hecho que en ciertos sectores estos sistemas se descontinúen o se tengan dificultades técnicas para continuar con el empleo de dichos sistemas. Debido a eso se han creado equipos que puedan unir esos dos mundos, analógico y digital, para así compensar estas falencias técnicas.

Los capítulos se describen de la siguiente manera. El primer capítulo describe mediante estadísticas a nivel mundial, como se están desarrollando los servicios de telecomunicaciones, además se detalla los alcances y limitaciones que tiene el proyecto de tesis. El segundo capítulo resume varios trabajos que se han basado en la utilización de equipos que basan las comunicaciones mediante el uso de internet y equipos de radiocomunicaciones. El tercer capítulo detalla brevemente la disposición actual de los equipos dentro del recinto militar, no se profundiza debido a acuerdos de confidencialidad

y de seguridad interna por parte de las autoridades respectivas. El cuarto capítulo detalla las configuraciones realizadas en los equipos que configuran la red privada. El quinto capítulo detalla las pruebas realizadas y resultados finales del proyecto de tesis.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Descripción del problema

El principal problema es integrar equipos de radio frecuencia antiguos que aún están en funcionamiento dentro de la Tercera División de Ejército Tarqui con sistemas de telefonía *IP*, ya que los puertos de los radios no tienen accesibilidad a una conexión *IP*. En varias ocasiones se necesita una comunicación ya sea por cuestión laboral o de emergencia, contando solo con un radio portátil y además, que en la radio base se encuentre personal pendiente de esa comunicación, al no tener respuesta a esa llamada habrían problemas de carácter laboral o personal. Si se deseara cambiar todo el sistema de comunicación actual para remediar problemas de compatibilidad con demás equipos, implicaría un gasto económico elevado, en comparación con la solución que se desea implementar.

El tema de investigación propone integrar los sistemas de radio frecuencia mediante la telefonía *IP*, adicionalmente integrando la telefonía convencional, para dar solución a los problemas citados tanto en el aspecto personal como el factor económico.

La comunicación vía radio frecuencia se utiliza hace varias décadas, evolucionando tanto en sus equipos como en cobertura, llegando a lugares remotos. Existen lugares en los cuales no hay cobertura de telefonía convencional ni celular pero si la posibilidad de comunicación por radio frecuencia, el tema de este proyecto plantea satisfacer dichas necesidades mediante la integración de sistemas de comunicación *IP* con sistemas de radio frecuencia en la Tercera División de Ejército Tarqui.

En la actualidad los sistemas de telefonía fijos van perdiendo usuarios, en años anteriores el comprar una línea fija de voz para un domicilio o un local era esencial, pero ahora se solicitan más las líneas telefónicas no para el uso esencial de realizar llamadas, sino el de llevar por el mismo sistema telefónico un servicio de internet. Según los estudios de mercado realizados por el UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) la demanda de la telefonía fija ha disminuido en los últimos 15 años, decreciendo de 16.6 % hasta llegar a un valor del 14.5% a nivel mundial. Un dato interesante es la comparación entre las líneas solicitadas o “creadas” para los usuarios de telefonía fija (su valor ha decrecido del 49% al 39%), respecto a las líneas requeridas en la actualidad o “en desarrollo” (su valor cambió del 9% al 9.4%). La diferencia entre líneas creadas y en desarrollo es del 29.6%, valor que determina una baja en la demanda de líneas fijas convencionales. Los usuarios optan por diversos sistemas de comunicación en lugar de una línea telefónica. Se puede observar lo detallado en la Figura 1.1

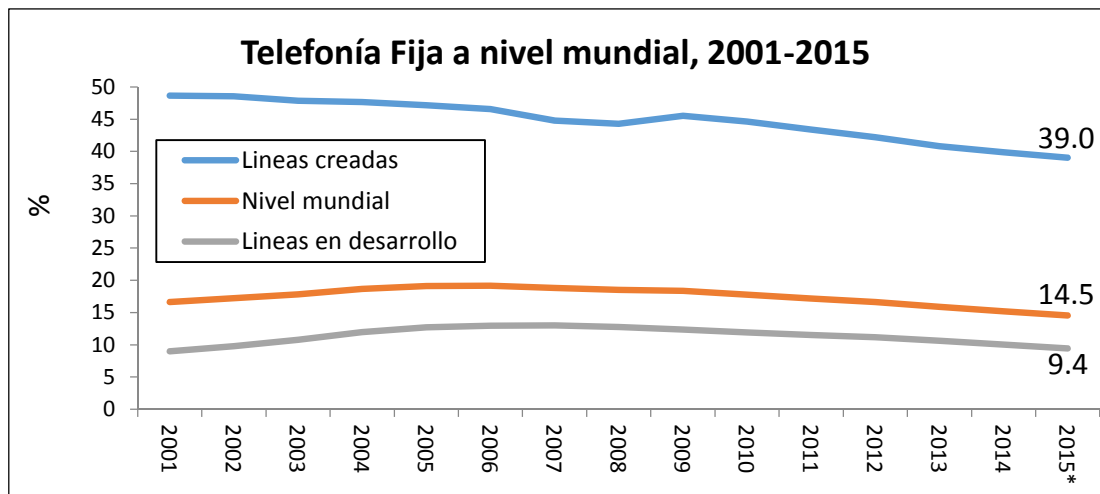


Figura 1.1 Valores de uso de telefonía fija del 2001 al 2015.

Fuente: (UIT, 2015).

El declive de la telefonía fija a nivel mundial como se observa en la Figura 1.2 se debe al incremento del uso de telefonía móvil, el internet tanto fijo como móvil, planes de datos que facilitan la comunicación entre teléfonos inteligentes mediante videoconferencia. Todos estos factores llevaron a más usuarios a optar por estos servicios, ofreciendo

mayores bondades como acceso a correo electrónico, redes sociales, conocimiento instantáneo de acontecimientos mundiales, etc, permitiendo al cliente tomar una decisión al momento de adquirir una línea fija convencional. Estos valores son facilitados por las TIC (Tecnologías de la Información y la Comunicación).

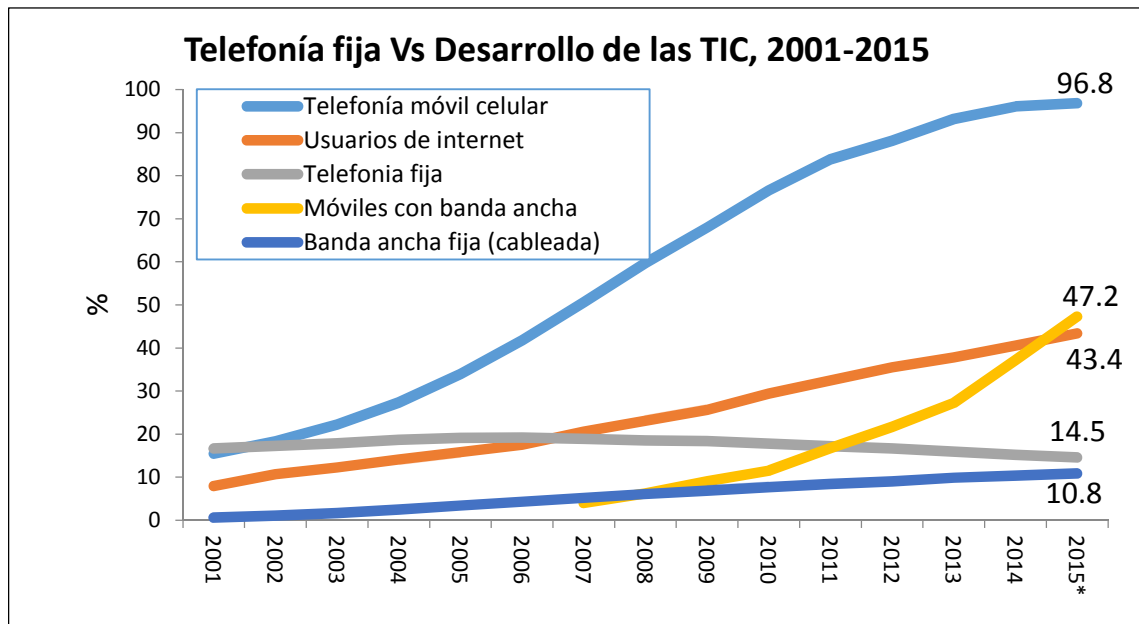


Figura 1.2 Comparación de la telefonía fija con el desarrollo de las TIC.

Fuente: (UIT, 2015).

Se observa en la Figura 1.3 una comparativa entre diversos países, en donde el uso de servicios por *VoIP* está siendo una alternativa a la telefonía tradicional, siendo Los países Bajos (Holanda) el cual mayores ingresos tuvo por dichos servicios. Estos datos son facilitados por la OFCOM (Oficina de Comunicaciones de Reino Unido). Alemania tenía el menor precio promedio por minuto para llamadas de *VoIP* en 2014, 0,76 centavos de dólar. De todos los países comparados, el precio medio por minuto de llamadas *VoIP* administrado fue menor en Alemania en 2014, según la TCAC (tasa de crecimiento anual compuesto) a 0.76 centavos por minuto, seguido por Francia con 0,89 centavos por minuto (Figura 1.4). El precio medio por minuto de llamadas *VoIP* administrado fue mayor en Italia (en 0.76 centavos por minuto), seguida por Japón y Suecia (ambos a 0,73 centavos

por minuto). En los cinco años hasta el 2014, la India experimentó el mayor crecimiento compuesto anual en ingresos, con un promedio anual de 17,8%. Los ingresos por el uso de *VoIP* supero a los ingresos por telefonía fija, esto se debió a que más usuarios están optando por el uso de este nuevo sistema de comunicación.

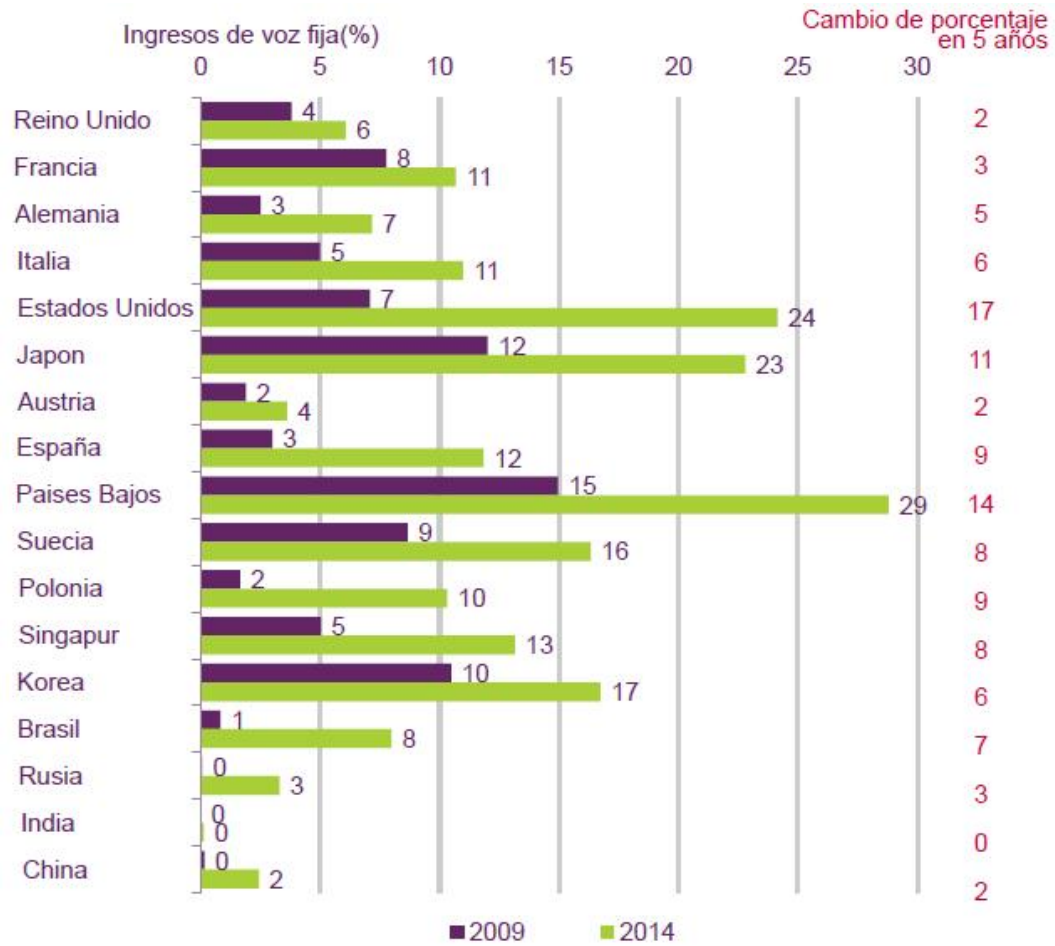


Figura 1.3 Ingresos de VoIP gestionado, en proporción a los ingresos de voz fija.

Fuente: (Ofcom, 2015).

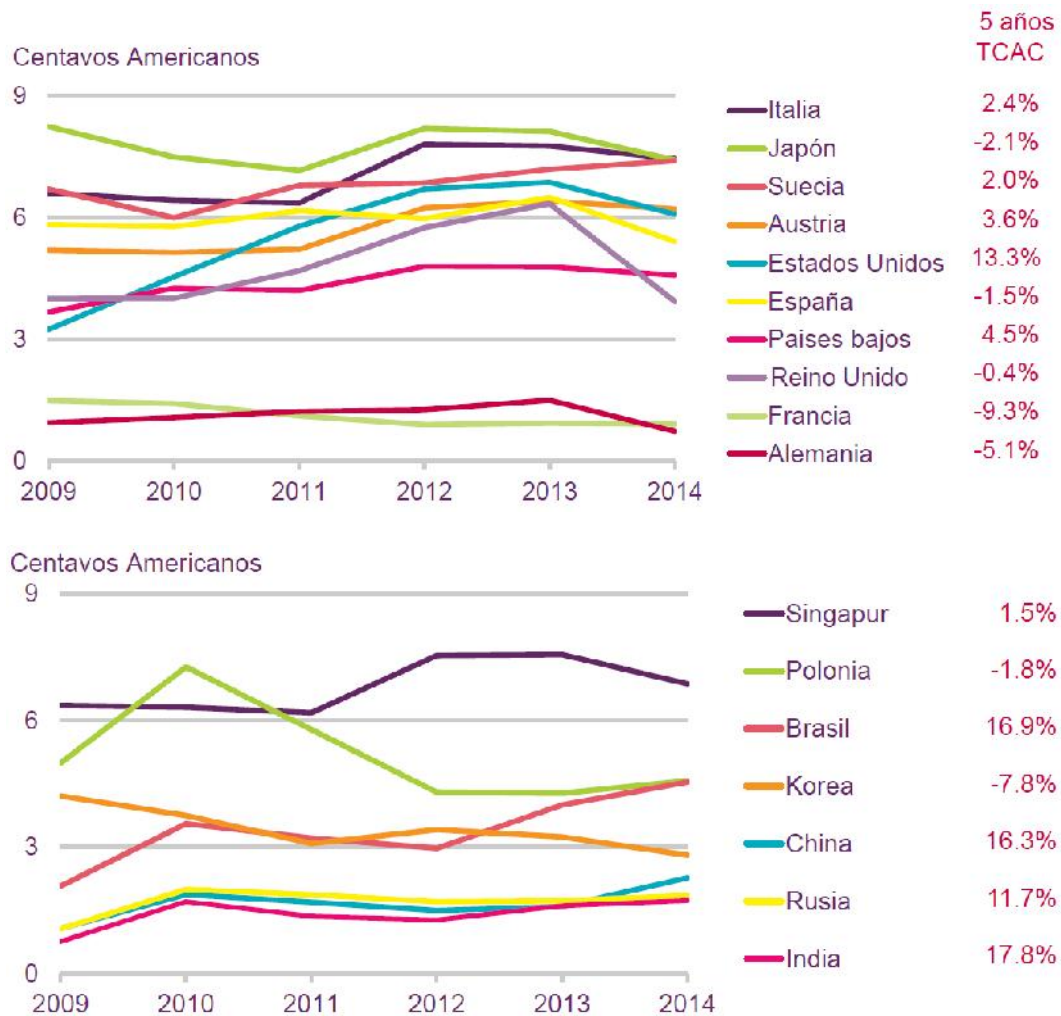


Figura 1.4 Precio Promedio por minuto de VoIP.

Fuente: (Ofcom, 2015).

EE.UU. sigue teniendo los ingresos venta de telecomunicaciones más alto de todos los países comparados, *USD* 256 millones en el 2014, seguida por China (*USD* 167 millones) y en Japón a *USD* 117 millones (Figura 1.5). Entre ellos, Estados Unidos y China se generaron casi la mitad (48%) del índice total de ingresos de telecomunicaciones entre todos los países comparados en 2014. (Ofcom, 2015). Durante los cinco años hasta el 2014, el índice total de los ingresos de telecomunicaciones aumentó en la mayoría de los países comparados; la más alta tasa media de crecimiento fue en China, en el 10% al año. Reino Unido tuvo un ligero aumento durante el mismo período, por *USD* 1 millón a *USD* 29 millones en 2014 (un incremento de menos de 1% al año en promedio). El total de

ingresos de telecomunicaciones, Figura 1.5. (Ofcom, 2015), disminuyó en la mayoría de los países europeos comparados la mayor caída fue en España, por un promedio de 9,3% por año durante los cinco años hasta el 2014.

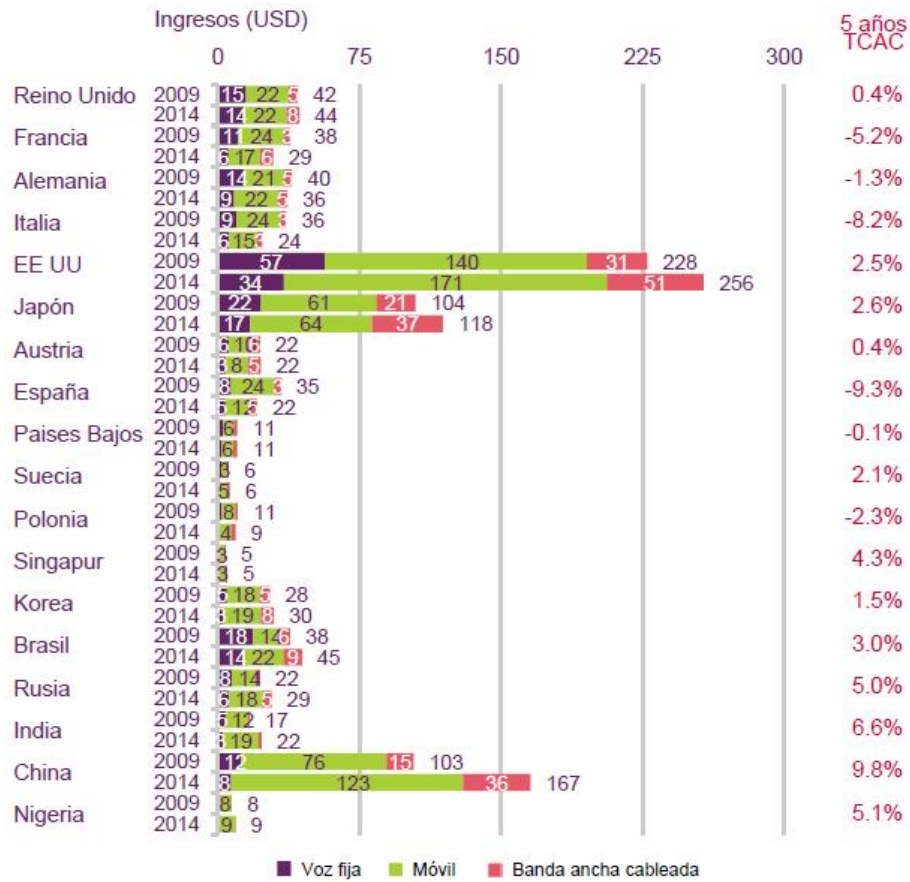


Figura 1.5 Índice de ingresos de servicios de telecomunicaciones, por país y por sector: 2009 y 2014.

Fuente: (Ofcom, 2015).

En la Figura 1.6 se detallan los ingresos generados en telecomunicaciones móviles (incluidos los de voz, mensajería y servicios de internet móvil) se mantuvo relativamente estable en 2014, a USD 567 millones (menor a 0,1%). El descenso se debió a la caída de los ingresos de voz y mensajería, lo cual fue parcialmente compensado por el aumento de los ingresos de internet móvil, en 11,2% durante el año. El total de ingresos de la mensajería móvil (incluidos los mensajes SMS y MMS) experimentaron la mayor

disminución porcentual, por *USD* 6 millones (9,3%) a *USD* 50 millones en 2014, mientras que el total de los ingresos por voz cayó por *USD* 16 millones (5,1%) a *USD* 309 millones, (Ofcom, 2015).

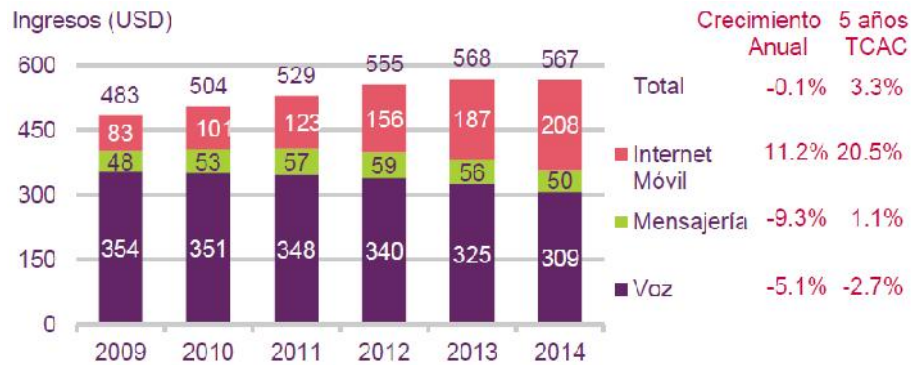


Figura 1.6 Índice de comparación total del país por telecomunicaciones móviles, ingresos por sector entre: 2009-2014.

Fuente: (Ofcom, 2015).

En los cinco años hasta el 2014, el total de los ingresos de internet móvil casi se ha triplicado, pasando de *USD* 83 millones en 2009 a *USD* 208 millones, aumentando a una tasa promedio de 20,5% anual. Internet móvil también era el único servicio que se ha incrementado a partir de 2013, con *USD* 21 millones (11,2%). La razón principal detrás de este rápido crecimiento fue un aumento del total de los volúmenes de datos móviles, que crecieron un 83,6% en un año, en gran parte como resultado de la creciente utilización de teléfonos inteligentes.

El total de ingresos de voz móvil continuó descendiendo, por un promedio de 2,7% por año. Mientras que el total de los ingresos de la mensajería móvil ha experimentado el declive más pronunciado en el 2014 (tuvo un descenso del 9,3%), se incrementó ligeramente en los cinco años hasta el 2014, en promedio de 1,1% al año. (Ofcom, 2015). Se observa que la mayoría de usuarios ahora optan por el uso de planes de datos en su

teléfono móvil, siendo esta una herramienta de uso cotidiano dentro de la población mundial.

La figura 1.7 indica que China tiene el mayor número de conexiones móviles, siendo 1291 millones, seguido por la India, a 944 millones. Combinados, estos países representaron el 55,6% del total de conexiones móviles en 2014. Los Estados Unidos tuvo el mayor número de conexiones móviles, entre los países desarrollados, a 355 millones. Singapur tenía el menor número de conexiones móviles en 2014, en 8 millones, hasta en un promedio de 3,4% por año en el período de cinco años. El número total de conexiones móviles aumentó a una tasa anual media del 8,6% a cuatro millones en los cinco años hasta 2014. Los aumentos anuales promedio fueron mayores en la India, China y Nigeria (en el 12,5%, 12,2% y 13,7% respectivamente). Reino Unido (junto con Alemania e Italia) tuvieron la menor tasa de crecimiento compuesto anual promedio en los últimos cinco años al 2014 entre los países de comparación, en el 0,8% de un año a 84 millones de conexiones, mientras que España fue el único país que tiene una ligera disminución (abajo en un promedio de 0,1% por año), (Ofcom, 2015).



Figura 1.7 Conexiones móviles: 2009 y 2014.

Fuente: (Ofcom, 2015).

1.2 Alcances y limitaciones

La Figura 1.8 detalla el proyecto en su totalidad, como punto sobresaliente está el desarrollar las interfaces entre los *RoIP* y las radios bases, que al no tener un puerto para conexión a red, limita el uso de la misma, con estas interfaces se logrará integrar a las radios bases con un sistema de telefonía *IP*, lo que ampliara el sistema de cobertura.

Luego de conseguir diseñar e implementar los interfaces para las radios bases se proseguirá con la configuración de los *RoIP-102*, de la central *IP* y de la red de datos, para conseguir la correcta comunicación dentro del sistema.

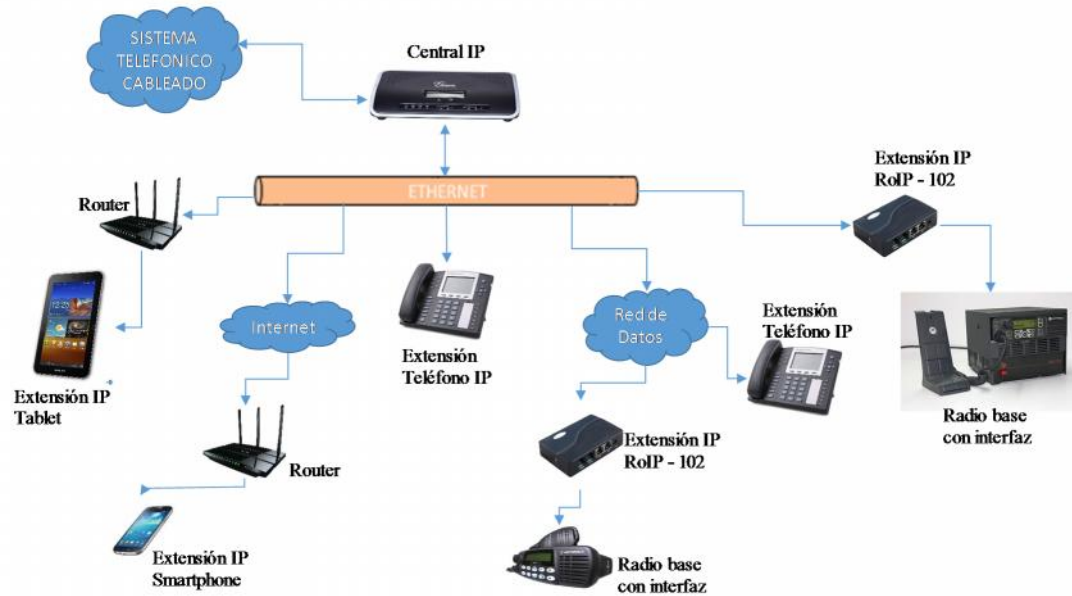


Figura 1.8 Integración de Sistemas de telefonía IP con Sistemas Convencionales de Radio frecuencia para la Tercera División de Ejército Tarqui.

Finalmente se realizarán pruebas con los equipos conectados al sistema de comunicación que se encuentra en la III DE TARQUI, es decir, realizar llamadas entre extensiones que se encuentran dentro de la Institución, incluida la radio base y llamadas entre extensiones que están fuera de ella, probando que entre todas la extensiones exista comunicación.

1.3 Hipótesis

El proyecto planteado tiene como finalidad satisfacer la interconexión de sistemas de radio frecuencia con sistemas de tecnología *IP*, así como crear una interface entre dispositivos de transmisión por radiofrecuencia con sistemas de comunicación que utilicen métodos de transmisión de voz mediante el protocolo *IP*. El propósito de implementar la tecnología *RoIP* con las radio bases de la Tercera División de Ejército Tarqui, es dar uso a equipos que aún siguen en funcionamiento pero debido a su antigüedad, estos están quedando obsoletos. En el proyecto se pretende utilizar el dispositivo *RoIP-102* para conectar la radio base a una central *IP*, y que las diferentes extensiones conectadas a la central se comuniquen con la radio base, y se realice la comunicación entre las diferentes extensiones que se encuentran dentro y fuera del Recinto Militar.

1.4 Metodología utilizada

La metodología se ha dividido en cuatro fases que consta de las siguientes actividades:

Como primera fase del proyecto se realizara una investigación bibliográfica sobre radio frecuencia, luego se investigara en manuales, datasheet de la radio base a usarse y finalmente se investigara bibliográficamente sobre *VoIP* y *RoIP*.

En la segunda fase del proyecto, se procederá a diseñar los interfaces entre los *RoIP*-102 y las radio bases, para integrar las radios bases a la central *IP*.

Para la tercera fase se realizaran las configuraciones de la Central *IP*, los *RoIP*-102 y de la red de datos, para evitar problemas con la comunicación.

Finalmente como cuarta fase se realizaran las respectivas pruebas para probar las comunicaciones entre los equipos, mediante llamadas y probando la comunicación entre ellos.

1.5 Organización del trabajo

El segundo capítulo describe el Estado del Arte, un análisis rápido de sistemas implementados en el país y otras partes del mundo, así como un estudio a las investigaciones realizadas sobre *RoIP* y características principales del sistema de comunicación.

El tercer capítulo describe el estado de las comunicaciones en la Tercera División de Ejército Tarquí, una explicación superficial de cómo se encuentra actualmente las comunicaciones y de cómo el sistema de comunicación planteado por los autores ayudaría,

no se explica a fondo las ubicaciones, frecuencias, ni detalles de los equipos de comunicación por ser una Institución de Seguridad Nacional.

En el cuarto capítulo describe cómo fue implementando el proyecto planteado por los autores, se muestra la estructura de todo proyecto, diseños, configuraciones de cada uno de los equipos que forman parte del sistema de comunicación, se explica en breves rasgos los inconvenientes y soluciones que se presentaron a lo largo del desarrollo del proyecto.

El quinto y último capítulo, muestra los resultados obtenidos al haber completado el desarrollo total del proyecto, se habla del funcionamiento del sistema de comunicación, pruebas realizadas y las características principales que brinda la Integración de Sistemas de telefonía *IP* con Sistemas Convencionales de Radio frecuencia.

CAPÍTULO II

ESTADO DEL ARTE

Las comunicaciones vía radio convencional en estos días aún son utilizadas por empresas, radioaficionados y organismos de seguridad, de emergencia, públicos y privados, desempeñando un papel importante en acciones de vigilancia y protección, sobre todo donde la infraestructura de los sistemas de telefonía móvil e Internet no proporcionan la conectividad o calidad necesaria.

Varios motivos sobresalen respecto a la conservación de la radio frecuencia, en un medio en donde encabezan las comunicaciones por telefonía celular y medios basados en internet. A más de ser un recurso utilizable en casi todo las áreas de la tierra, tiene gran utilidad tanto en el ámbito comercial como en desastres ya sean del tipo natural o en crisis de gran trascendencia, en la cuales el sistema convencional de comunicaciones mediante radio analógico ocupó un importante desempeño durante actos de rescate y auxilio de vidas humanas, dándose como resultado que la infraestructura para servicios celular o internet dejaran de funcionar imprevistamente, dejando como resultado a la radio analógica una opción de emergencia.

El tema del proyecto propuesto, ha sido motivo de investigación, estudios y artículos en el país y en varias otras partes del mundo. Una de estos estudios se ve en el trabajo “Solución basada en *RoIP (Radio over Internet Protocol)* como sistema alternativo o complementario para servicios troncalizados de misión crítica” realizado por Andrés Aníbal Riofrío Córdova en mayo del 2015, en donde da a conocer una solución basada en *RoIP*. El objetivo principal de este proyecto es presentar un medio de comunicaciones que puede ser integrado a cualquier tipo de sistema de comunicación de radio frecuencia, como una solución de bajo costo. Este proyecto está dividido en cuatro partes, en la primera parte se hace un análisis de los sistemas de comunicación vía radiofrecuencia con un

enfoque a servicios troncalizados, para la segunda parte se analiza otras alternativas de comunicación que permitan dar solución a las desventajas de la comunicación por radio, en la tercera parte se hace un estudio para encontrar la mejor solución utilizando la tecnología actual para la transmisión de datos usando *RoIP*, para luego analizar los exigencias de la red, finalmente en la última parte se implementa el sistema de comunicación, estableciendo comunicaciones entre un servidor y un cliente *RoIP* y entre un servidor y varios clientes *RoIP*, para terminar se evalúan los resultados obtenidos de la implementación. La figura 2.1 muestra el diagrama de conexión para el sistema propuesto a ejecutarse, (Riofrío Córdova, 2015).



Figura 2.1 Diagrama de conexión para el sistema propuesto para la implementación.

Fuente: (Riofrío Córdova, 2015)

Como resultado final, se logró la implementación de un sistema basado en *RoIP*, demostrando la posibilidad de comunicar sistemas de radio frecuencia y sistemas que soportan redes *IP* a bajo costo, así como resolver problemas referentes a saturación en los canales de comunicación y falta de cobertura, (Riofrío Córdova, 2015).

Citando otro tema realizado, tenemos: Sistema de Telecomunicaciones *RoIP* con la fusión de las tecnologías analógicas y digitales para mejorar las comunicaciones entre radioaficionados de Ecuador, realizado por Edgar Jaramillo Laverde en Abril del 2014, en el cual se implementó una interface entre la radio base y una *PC*, utilizando la tecnología Raspberry Pi (Figura 2.2), para incrementar las bondades entre los sistemas de comunicaciones de radioaficionados del Ecuador, (Jaramillo Laverde, 2014).

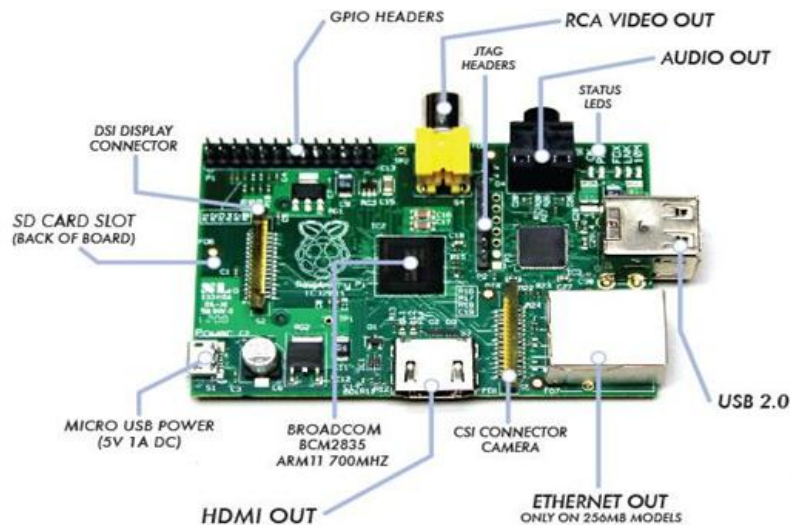


Figura 2.2 Tarjeta Raspberry Pi.

Fuente: (Jaramillo Laverde, 2014).

El proyecto se divide en cinco capítulos: los dos primeros capítulos se refieren al marco teórico y justificación del proyecto; el tercer capítulo trata sobre la comparación sobre los programas informáticos que se emplean en las comunicaciones *VoIP*, el cuarto capítulo trata el diseño y construcción de sistema *RoIP* (Figura 2.3) en el cual se detallan las

configuraciones e instalaciones de los equipos, el quinto capítulo muestra los resultados obtenidos a partir de las mediciones realizadas.

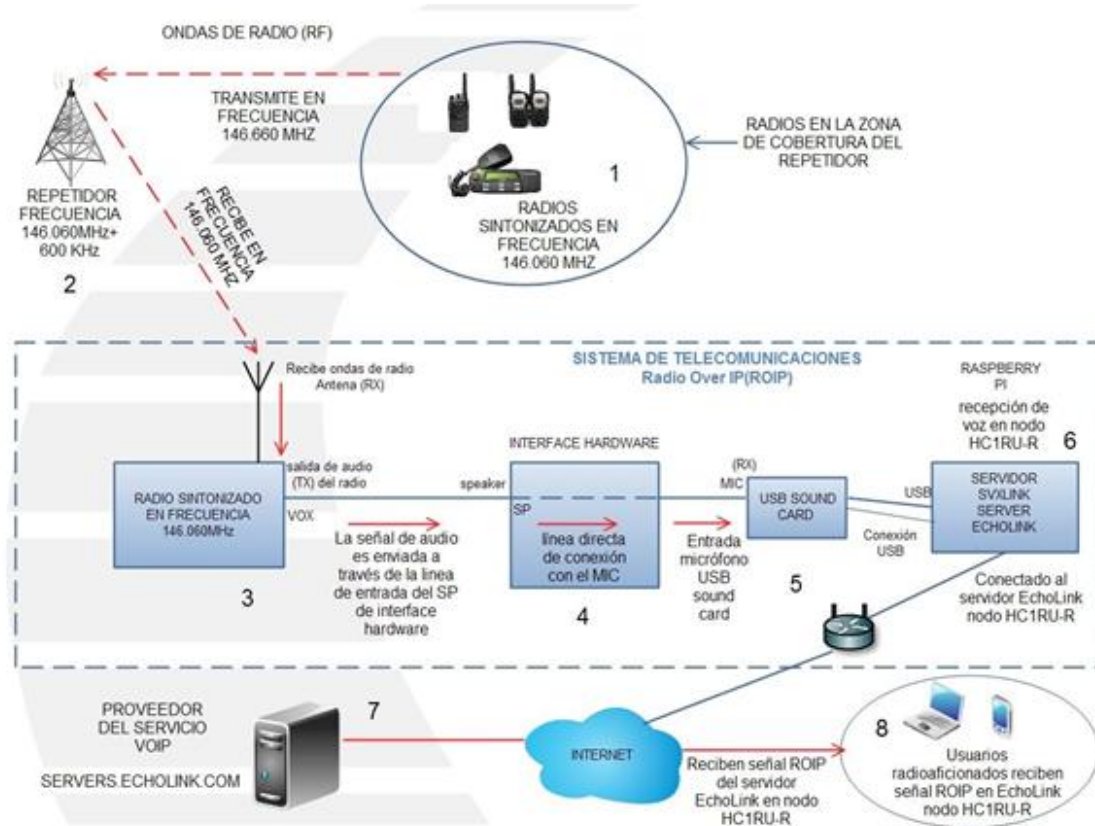


Figura 2.3 Diagrama propuesto para interconexión del sistema RoIP.

Fuente: (Jaramillo Laverde, 2014).

Como conclusión se tiene: la fusión de tecnologías analógicas y digitales mediante la implementación de una interface, que consiga la comunicación entre radioaficionados por medio de servicios de internet, (Jaramillo Laverde, 2014). Este tema da una idea que los sistemas de comunicaciones vía *VoIP* van tomando más acogida en el ámbito de las telecomunicaciones.

En el proyecto “Implementación de un sistema de radio frecuencia con *VoIP* bajo Software libre para el Consejo Provincial del Chimborazo” realizado en el 2011 por

Eduardo Marcelo Bustillos Allauca y Cristian Jacinto Guanín Pilco en la cual se presenta el tema como una solución al sistema de comunicación y su cobertura para el Honorable Consejo Provincial de Chimborazo, usando una central *IP*, una estación de radio frecuencias los mismos que están integrados por medio de una red de comunicación usando el protocolo *IAX*.

El primer capítulo consta de la introducción, detallando el problema y las justificaciones correspondientes, el segundo capítulo aborda el tema del proyecto, dando una visión de lo que es *RoIP* al indicar sus estándares, funcionamiento y beneficios, además del *URI* (*USB Radio Interface*) que es el que servirá como interface entre la radio y el sistema VoIP, se define que es Asterix y de los protocolos que se utilizarán dentro del proyecto, necesario para una mejor comprensión del tema. Los dos últimos capítulos indican como el planteo el proyecto y su desarrollo, la figura 2.4 muestra el diagrama implementado.

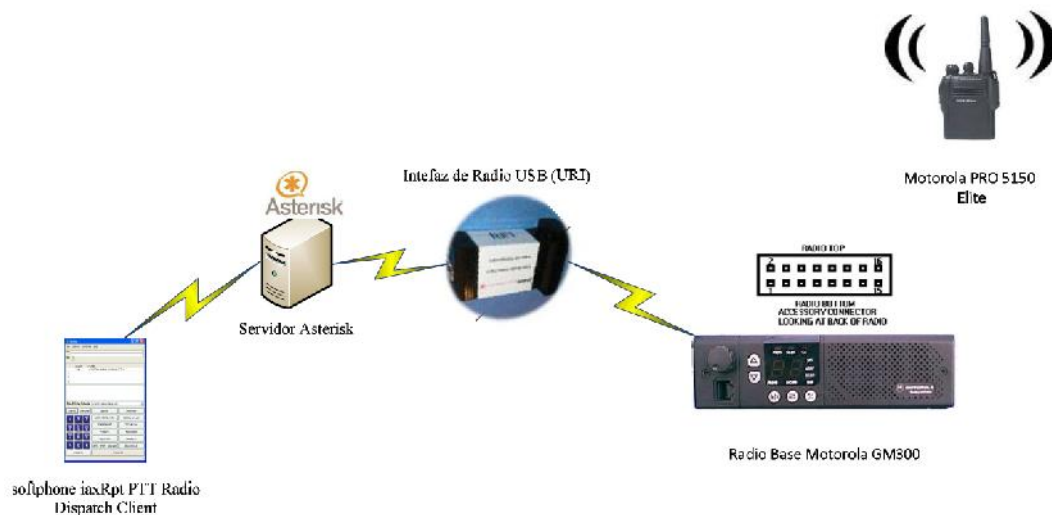


Figura 2.4 Diagrama de implementación RoIP.

Fuente: (Guanín Pilco & Bustillos Allauca, 2011).

Como conclusión se tiene: los sistemas *RoIP* poco a poco tiene más acogida en el mercado nacional, ya que mantienen características similares con los sistemas que emplean voz

sobre *IP*, volviéndose una alternativa realizable al brindar mayor fiabilidad en interoperabilidad entre sistemas de comunicación, además de disminuir costos, (Guanín Pilco & Bustillos Allauca, 2011).

El proyecto presentado por William Alexander Bonilla Rivas en marzo del 2015, “Interconexión de radios de *VHF* con plantas de telefónicas *IP*”, detalla un estudio sobre la telefonía *IP*, características y protocolos, para luego dar un repaso a la radio frecuencia. Además de presentar un estudio sobre alternativas para integrar radios *VHF* con plantas de *VoIP*, finalmente se muestra el proyecto a ser implementado por el autor, sus ventajas y desventajas. La figura 2.5 indica el modelo del proyecto a implementar.

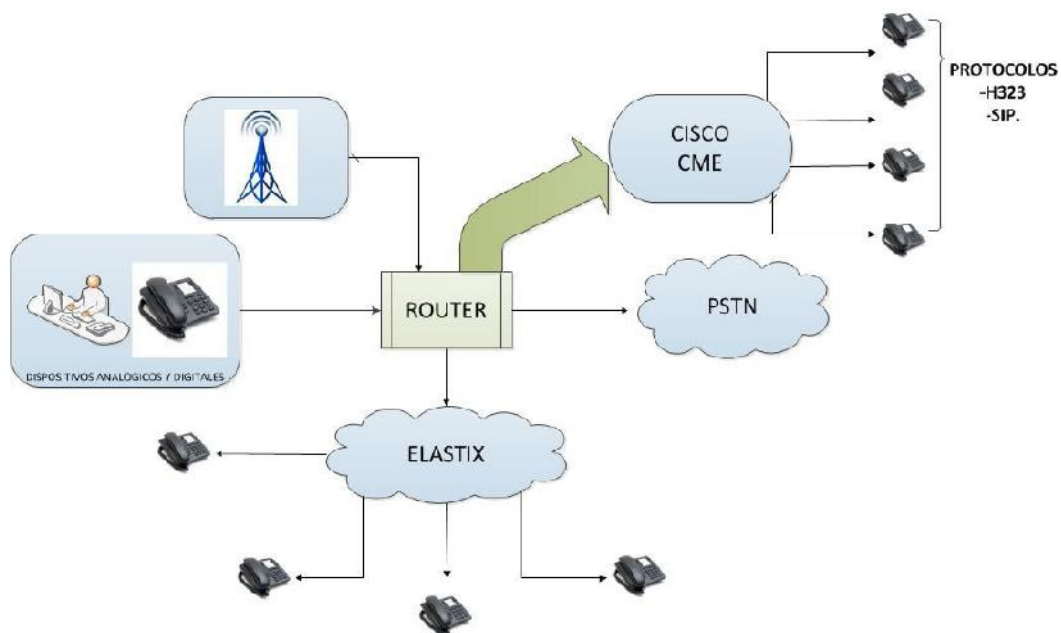


Figura 2.5 Esquema de implementación.

Fuente: (Bonilla Rivas, 2015).

Se plantea la solución indicando la cobertura, los elementos a utilizarse y finalmente las recomendaciones respecto al proyecto. El integrar radios que utilizan frecuencias del tipo *VHF* a servicios de transmisiones telefónicas, ayuda a mejorar la cobertura facilitando

servicios como telemedicina y alerta temprana, al emplear las bondades de las transmisiones mediante *VoIP*, (Bonilla Rivas, 2015).

Tomando en cuenta la inversión, el proyecto presenta una alternativa de bajo costo, al utilizar las configuraciones respectivas se puede conseguir un sistema fiable, en caso de existir emergencias las comunicaciones se pueden respaldar mediante bancos de baterías, además de poder encriptar las mismas entre diversos dispositivos, (Bonilla Rivas, 2015).

En Israel la aplicación de *RoIP* se utiliza en las comunicaciones como un avance tecnológico en la protección y prevención para sus Fuerzas Armadas, el siguiente cita lo siguiente: “Las Fuerzas de Defensa Israelí presentaron una red de radio por protocolo de Internet (*RoIP*, según sus siglas en inglés) que fue diseñada y creada por la Unidad de Maof, que cuenta con unos 120 ingenieros militares y 80 funcionarios de apoyo. El sistema de comunicaciones permitiría al cuartel militar y al Estado Mayor, comunicarse con las unidades de campo de batalla a través de un sistema seguro, robusto y adaptable.”, (Unidos con Israel, 2015). Esto es parte de una campaña para integrar todas las sucursales de las Fuerzas de Defensa Israelí ya que los sistemas *RoIP* son generalmente más rápidos para reparar y restaurar en el caso de un problema. “La Radio sobre Protocolo de Internet se inventó aquí, en nuestras instalaciones”, dijo el alto oficial del Ejército. “Creemos que para ganar guerras, todavía tenemos que hablar entre sí, a pesar de las redes de comunicación digital en desarrollo.” La Unidad Maof está siempre detrás de la rápida evolución de las redes de comunicaciones militares, y trabaja con empresas israelíes e internacionales para su respectivo desarrollo. Inventó todos los sistemas utilizados por el Comando de Defensa para alertar a millones de civiles por los ataques con cohetes inminentes y logró una mayor eficiencia en el control de los servicios de emergencia civiles, como la policía y los paramédicos, (Unidos con Israel, 2015).

Existen empresas en el mercado que ya ofrecen la solución *RoIP* mediante software y diferentes equipos, uno de estos casos es la empresa TECTEL de Chile, quien en su sitio *web* presenta una solución *RoIP*: Tectel empresa líder en radiocomunicación, especializada en la distribución, diseño, asesoría de proyectos y equipos de comunicación, presenta innovadoras soluciones en radiocomunicación entre las que destaca el *Gateway RoIP* (VE PG3 de la marca Japonesa ICOM. Tectel presenta al mercado *Gateway* una solución ideal para enlace e interoperabilidad de la marca internacional ICOM, el moderno equipo está diseñado para mejorar la cobertura de comunicación de una red de Radio y la conveniencia del uso de radio al utilizar la tecnología de red *IP* con facilidad de implementación. Es importante destacar que el equipo VE-PG3 posee dos modos de operación: Modo Convertidor y Modo Puente. El primero, (Figura 2.6) transforma el audio de radio en llamadas telefónicas analógicas o de voz sobre *IP* (*VoIP*) y además, permite la interconexión entre equipos conectados, como por ejemplo un *VHF*, *UHF*, equipo aéreo, equipo digital, etc, no importando el sistema o la marca. De esta forma, podemos hacer convivir a diferentes tecnologías que hasta hoy no se comunicaban, (Icom America Inc., 2016).

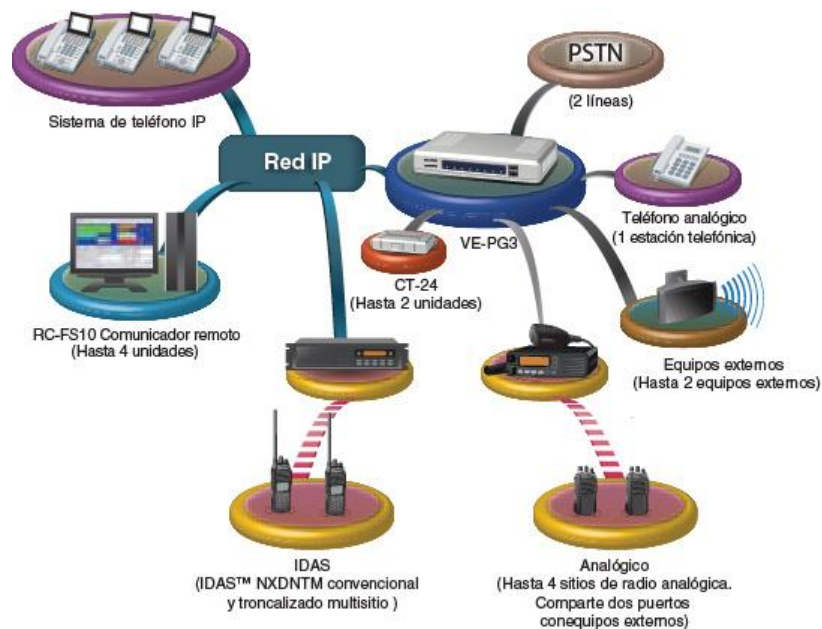


Figura 2.6 Modo Convertidor equipo VE-PG3.

Fuente: (Icom America Inc., 2016).

El modo puente, Figura 2.7, conecta dos o más sitios de radio en una red *IP*, no importando que cada sitio posea diferente banda o tecnología. Por ejemplo, se puede unir un sistema de radio *VHF* en Antofagasta con otro sistema de radio *UHF* en Puerto Montt, (TECTEL, 2015).



Figura 2.7 Modo Puente equipo VE-PG3.

Fuente: (Icom America Inc., 2016).

De similar forma la compañía *Bit Inventions*, presenta en el mercado una solución *RoIP*, esta se basa en una matriz de conmutación digital llamada Nimroi, (figura 2.8), la misma que ofrece servicios detallados: (Bit Inventions, 2015).

- ✓ Compartir el uso de varias radios de forma simultánea entre múltiples operadores.
- ✓ Integrar comunicaciones de radio y telefonía de forma sencilla e intuitiva.
- ✓ Multiconferencia e interconexión de redes de radio.
- ✓ Integración de redes de radio heterogéneas: PMR, Tetra, Nexedge.
- ✓ Funciones avanzadas de telefonía: colas, IVR, buzón de voz
- ✓ Acceder a las grabaciones de todas las comunicaciones con un sólo *click*.
- ✓ Radios y puestos de operador distribuidos por Internet.
- ✓ Gestionar el estado y localización de los recursos de la red.

En otros países como en Japón ya se emplea la tecnología *RoIP*, esto se ve reflejado en lo que presenta ICOM Global en su sitio web (figura 2.9), un sistema robusto y de acuerdo a las necesidades del usuario, indicando características y aplicaciones de sus equipos.

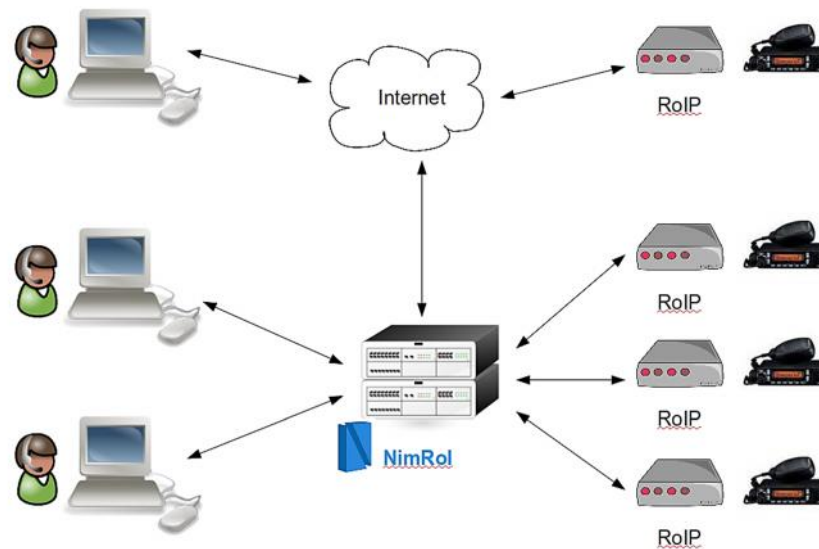


Figura 2.8 Nimroi, integración de radio y telefonía.

Fuente: *(Bit Inventions, 2015)*.

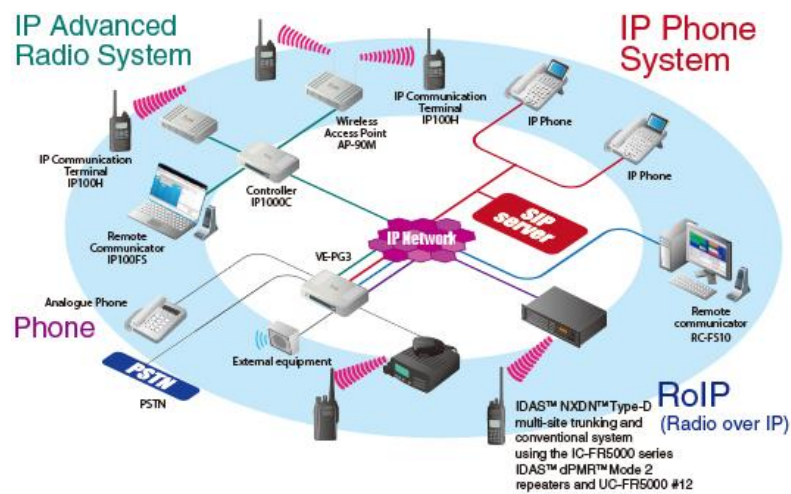


Figura 2.9 Sistema de Interconexión Icom Global.

Fuente: *(Icom Inc, 2015)*.

La tecnología *RoIP* ya funciona en nuestro país (figura 2.10), este caso puede encontrar en el Servicio Integrado de Seguridad ECU-911.

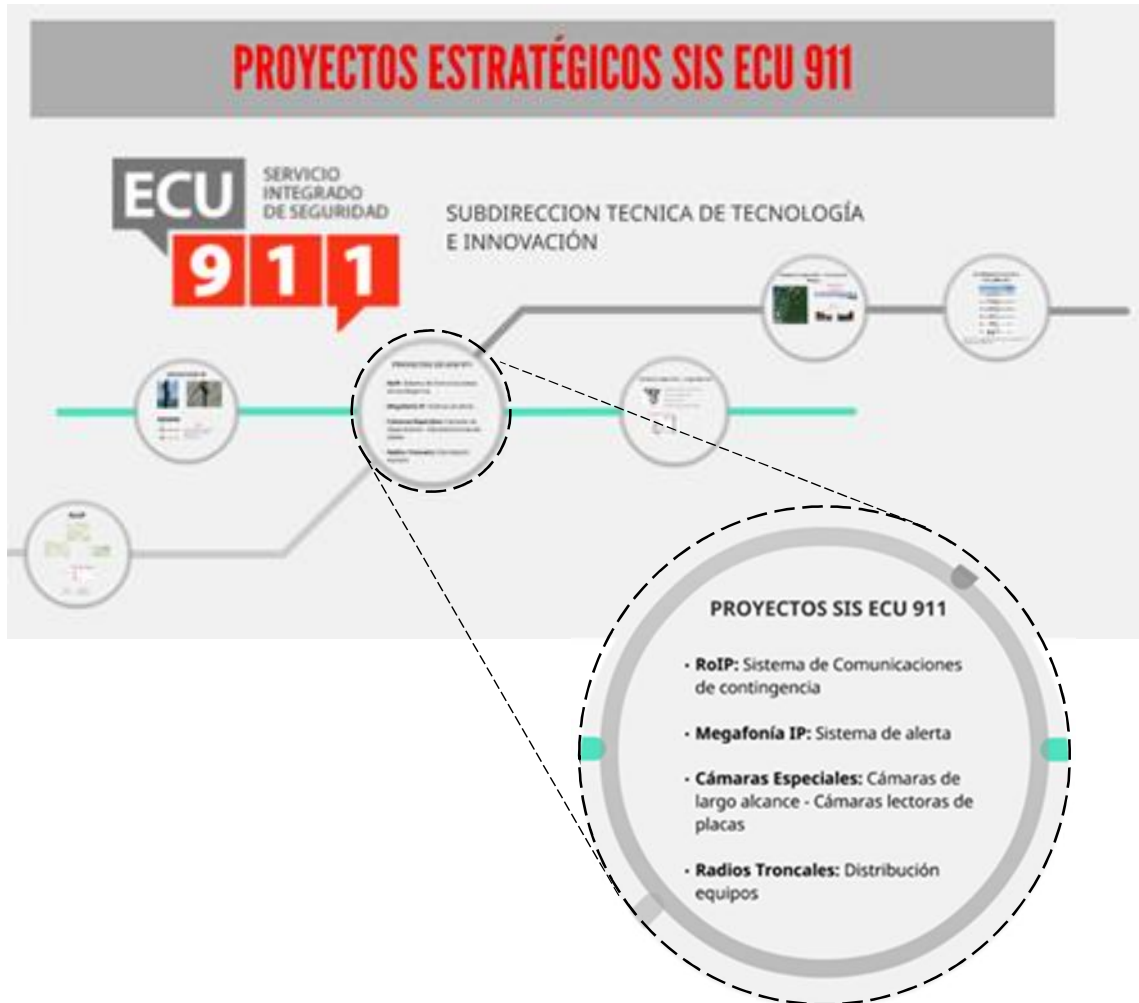


Figura 2.10 Proyecto que se encuentra en el ECU-911.

Fuente: (*Proyectos SIS ECU-911, 2016*).

El cual integra a los diferentes organismos de emergencia del País, Policía Nacional, Bomberos. Uno de estos ejemplos es la comunicación entre el ECU-911 en Loja y un organismo de socorro en el Yantzaza que se ve a continuación en la Figura 2.11.

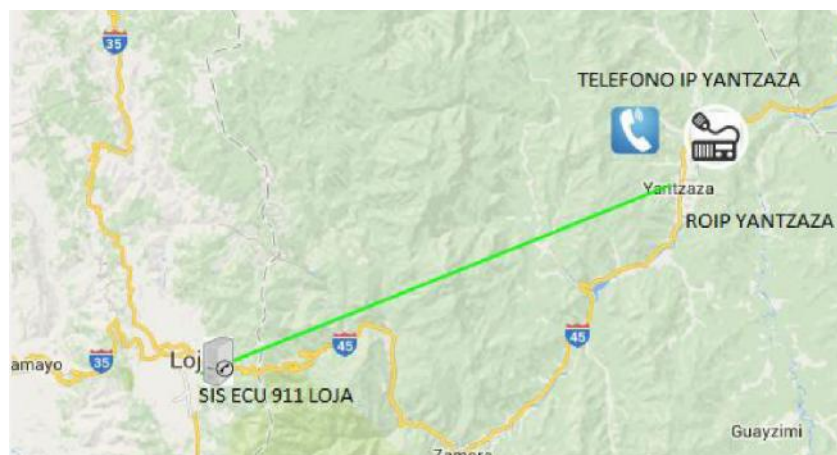


Figura 2.11 Conexión entre Loja y Yantzaza.

Fuente: (*Proyectos SIS ECU-911, 2016*).

La Tabla 2.1 muestra valores iniciales de los equipos distribuidos en el País en cada provincia, para el Sistema Integrado de Seguridad ECU-911.

Tabla 2.1 Conexión entre Loja y Yantzaza.

DISTRIBUCION INICIAL		
Provincia	RoIP	Teléfonos IP
Portoviejo	6	8
Loja	6	8
Ambato	6	8
Esmeraldas	6	8
Quito	3	8
TOTAL	27	40

Fuente: (*Proyectos SIS ECU-911, 2016*).

En la Tabla 2.2, se encuentran valores actuales de los equipos en cada provincia, como se ve, al tener más cobertura usando *RoIP*, se necesitan menos equipos, los mismos que pueden ser usados en otras provincias, para tener mayor cobertura a nivel nacional.

Tabla 2.2 Distribución Actual de equipos RoIP y Teléfonos IP en el País.

DISTRIBUCION ACTUAL		
Provincia	RoIP	Teléfonos IP
Portoviejo	6	8
Loja	5	7
Ambato	5	7
Esmeraldas	6	8
Quito	3	8
Machala	1	1
Macas	1	1
TOTAL	27	40

Fuente: (Proyectos SIS ECU-911, 2016).

CAPÍTULO III

SITUACIÓN ACTUAL

El presente capítulo trata brevemente el estado actual de las comunicaciones dentro de la Tercera División de Ejército Tarqui. Como primera parte se hará una introducción con respecto a las radios troncalizadas para posteriormente indicar el cómo se encuentran sus equipos de comunicación y en que parte ayudará nuestra implementación, la misma que se realizará con los parámetros necesarios para un buen desempeño dentro de lo que son las comunicaciones. No se detallarán marcas, modelos, ni los sitios en donde se encuentran los equipos del sistema troncalizado ni de las radios por motivos de seguridad.

3.1 Sistema Troncalizado

En la Tercera División de Ejército Tarqui se utiliza un Sistema Troncalizado APCO 25, se trata de un estándar de comunicaciones digitales por radio. Esta tecnología es un estándar de TIA (*Telecommunications Industry Association*) y está apoyada por APCO (*Association of Public-Safety Communications Officials-International*), se la conoce también como P25 que es la abreviatura de *Project25*. El sistema troncalizado utilizado une a casi todas las provincias, formando un anillo entre cada uno de sus sitios (se llamará Sitio a cada una de las estaciones de radio enlace), los mismos que están bajo el mando de un Controlador Maestro, el cual permite que se realicen las comunicaciones, el mensaje de voz primero pasa por el Controlador Maestro, para luego llegar a su destino (Figura 3.1), esto se realiza en milisegundos.

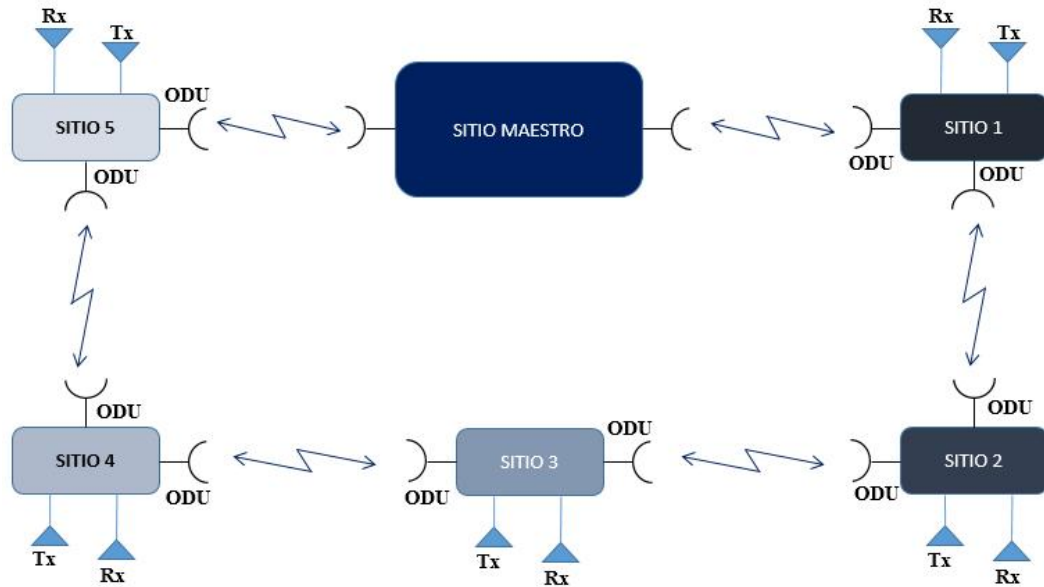


Figura 3.1 Sistema Troncalizado.

3.2 Descripción del Sitio

La figura 3.2 detalla de manera muy general las características de los equipos empleados para realizar radioenlaces en la Tercera Zona Militar División de Ejército Tarqui, se aclara que por razones de seguridad no se pueden especificar cantidades, modelos ni características de los mismos.

Para establecer la comunicación, se necesita un transmisor y receptor para el envío y recepción de información hacia un punto determinado. En la antena de transmisión se encuentra un combinador, el mismo sirve para acoplar múltiples señales externas a una sola salida, en este caso al repetidor. El multiacoplador de recepción permite que varios grupos de receptores sean conectados a una única antena. Los repetidores realizan la asignación de frecuencias que el canal de control utiliza para la respectiva comunicación. El controlador de sitio indica quien o cuales repetidores trabajan como canal de control, siendo un canal de control aquel que está activo durante todo el tiempo. Citando como ejemplo, si la repetidora #3 se encuentra libre, el controlador de sitio envía un código *VCO* (oscilador controlado por voltaje) para establecer la frecuencia e indicar quien se comporta como canal de control. Cabe recalcar que debe existir como mínimo un canal de control y

un canal de voz. El switch sirve para realizar las conexiones que correspondan a cada comunicación en curso. Finalmente el módulo *IDU*, el cual se encarga de la digitalización de la señal, envía la señal hacia los módulos *ODU* y la antena de radioenlace.

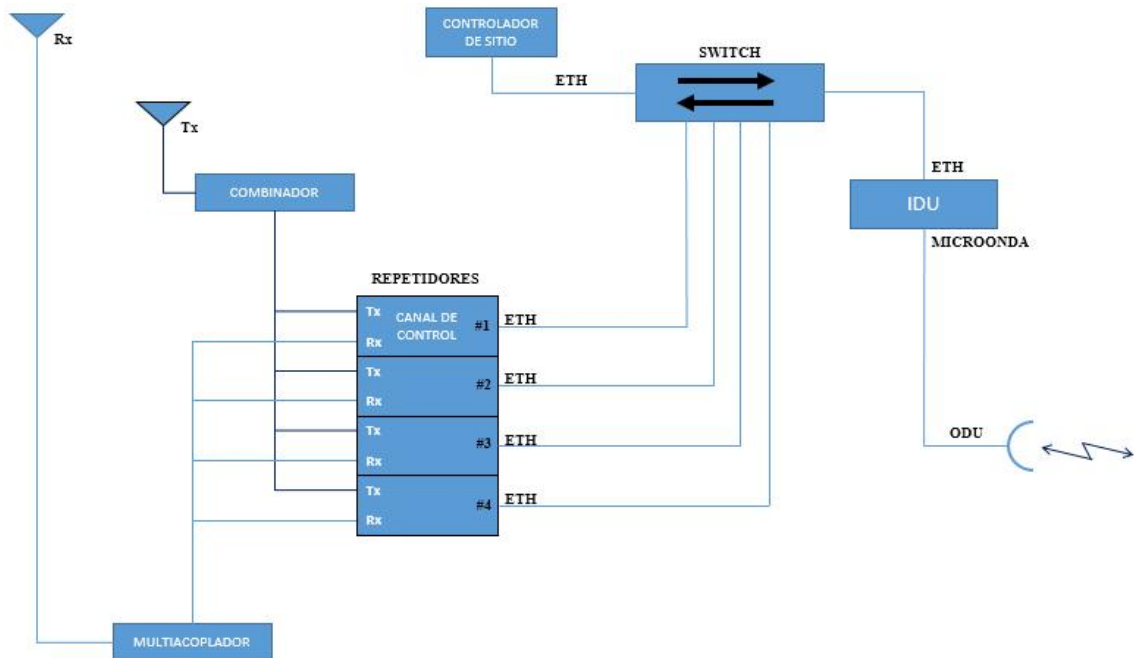


Figura 3.2 Diagrama de equipos que se encuentran en un Sitio dentro del sistema troncalizado.

Debido a que se utilizan microondas de alta frecuencia, se emplea la estructura de dos módulos: un módulo interno *IDU* (*InDoor Unit*) y otro externo *ODU* (*OutDoor Unit*). El *IDU* contiene las funciones de banda base e FI (Frecuencia Intermedia), el módulo *ODU* dispone las funciones de radiofrecuencia y antena, Figura 3.3.

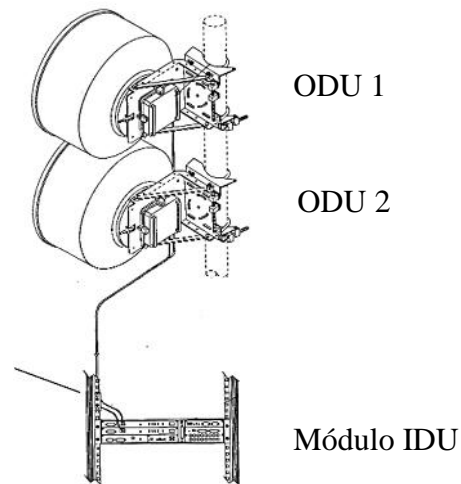


Figura 3.3 Diagrama básico de radioenlaces.

Fuente: (*Radioenlaces Fijos Terrestres Pdh-Sdh*, 2016).

Se pueden citar algunas características del módulo IDU como de los módulos *ODU*, para un mayor conocimiento general, (Ramos, 2010).

Funciones básicas de la unidad interior IDU

- ✓ Típicas de un radio-modem.
- ✓ Modulación y transmisión hacia la *ODU*.
- ✓ Demodulación y entrega d datos al usuario.
- ✓ *MUX/DEMUX*/, *FEC* (control de errores).
- ✓ Preparación de protocolos e interfaces.
- ✓ Telemetría y gestión.
- ✓ Alimentación de energía termina radio.

Funciones básicas de la unidad exterior ODU

- ✓ Conversión entre frecuencias de FI y RF.
- ✓ Amplificación de potencia y de bajo ruido.
- ✓ Control automático de ganancia (CAG).
- ✓ Entrega-recepción de señales a/de la antena.

La figura 3.4 muestra los equipos empleados: en marco amarillo se encuentra el switch de interconexiones, en marco verde un multiplexador que convierte la trama E1 (E1 es un protocolo de transmisión digital que permite la transmisión simultánea de 30 canales de voz) en Ethernet. En marco azul Equipo de Borde, encargado de administrar servicios de antivirus y proxy, en marco rojo se observa el módulo *IDU* (Figura 3.4).

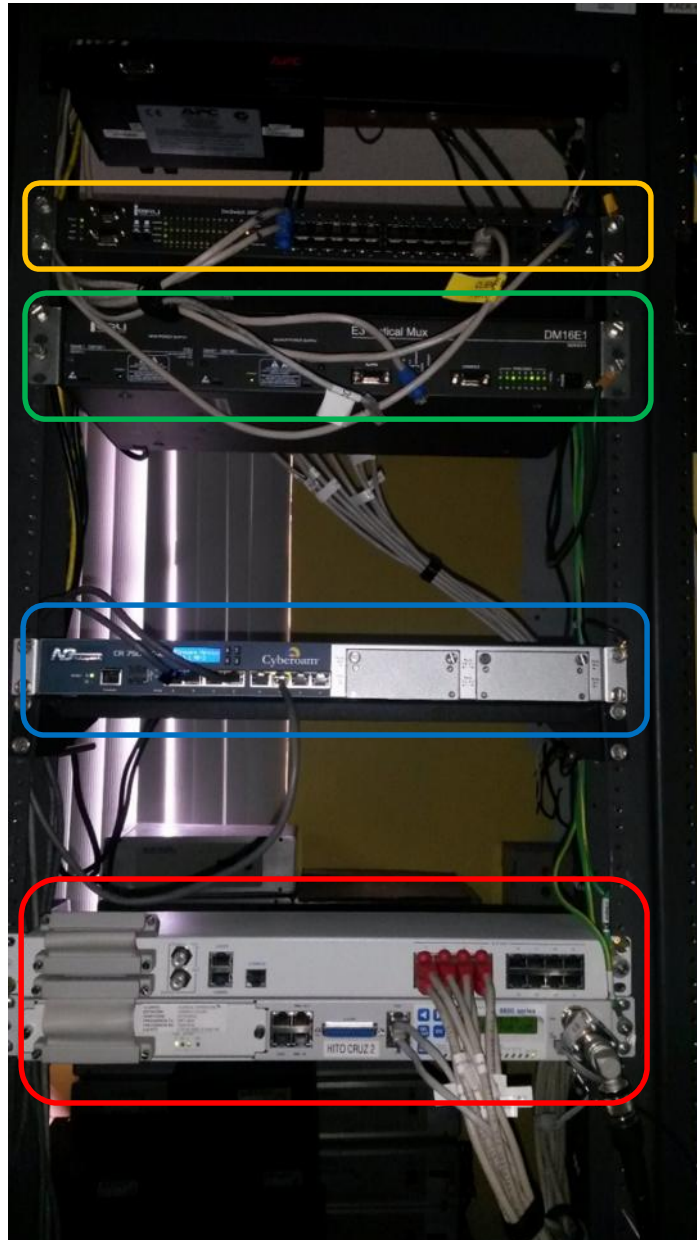


Figura 3.4 Rack de equipos utilizados en radioenlaces.

Se observa en las figuras 3.5 hasta la 3.8, los equipos empleados en el rack, para el radioenlace ubicado en determinado sitio.



Figura 3.5 Switch para interconexiones.



Figura 3.6 Equipo Multiplexador.



Figura 3.7 Equipo de borde.

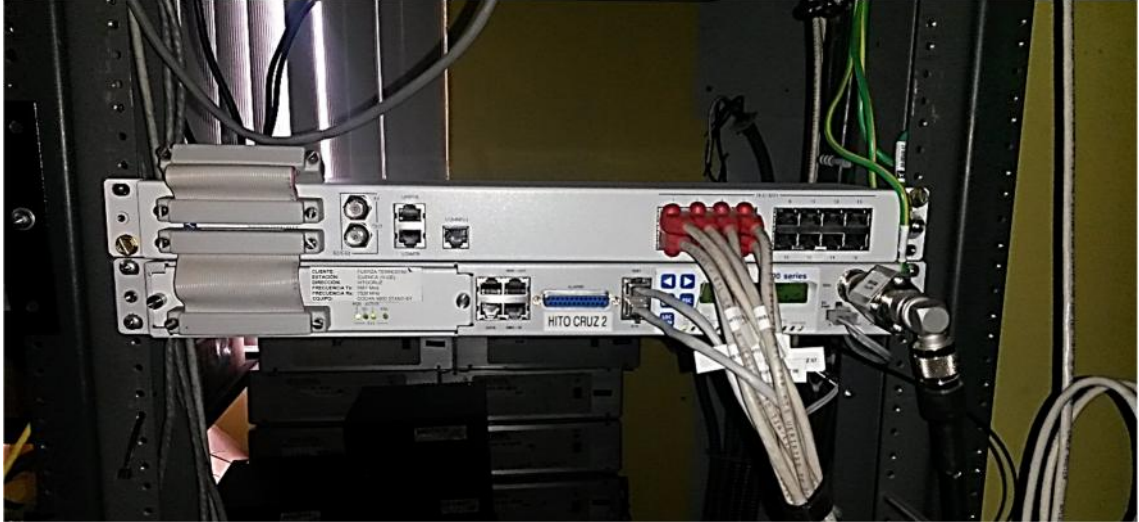


Figura 3.8 Módulo IDU.

Los módulos *ODU* (Figura 3.9) y la antena de radioenlace utilizados en el recinto militar, como se indica en la figura 3.10.



Figura 3.9 Módulos ODU.



Figura 3.10 Módulos ODU y antena de radioenlace.

En el pasado, se usaban equipos de repetidoras para realizar la comunicación hasta una ubicación que no esté dentro de la cobertura del sistema troncalizado, esto hacia más difícil la comunicación ya que si un radio falla todo el sistema de comunicación colapsaba, dejando incomunicado al sitio donde se pretendía llegar con la cobertura de la radio.

Dentro de la Institución militar existen más de 800 equipos que servían como repetidoras móviles (figura 3.11), estos datan de la guerra de 1941. Por su antigüedad están dejando de funcionar, debido a los accesorios que servían de interface entre las radios ya no se dispone de un stock de repuestos.



Figura 3.11 Radio base a emplearse como repetidora móvil.

Casi todo el Territorio Nacional tiene cobertura dentro del Sistema Troncalizado a excepción del Oriente Ecuatoriano. Para realizar una comunicación es necesario realizar varios radioenlaces, lo cual implica tener varias repetidoras y por ende una mayor inversión en equipos, los mismos que representarían una gran inversión para el Estado, lo que conllevaría a nuevos estudios de presupuestos, asignaciones y otros papeleos gubernamentales que darían largas a la solución del problema de comunicaciones. En la actualidad se busca dar uso a equipos que pueden estar en servicio (Figura 3.12), necesitando ya solo una pequeña inversión.



Figura 3.12 Uso de equipos de comunicación.

La cobertura de radio frecuencia se podría extender más si entran en funcionamiento estos equipos que a pesar de su antigüedad demuestran que aún tienen mucho más que dar, evitándose así, crear puesto para repetidoras y tener una mejor cobertura. El tratar de buscar señal para realizar una llamada por celular es cosa común dentro de la ciudad, pero también se da esto en el Oriente, lo que ocasiona que se pierdan llamadas ya sea de emergencia o personales. Otro punto a recalcar es que aun en puntos del Oriente no se cuenta con líneas telefónicas convencionales, comunicándose solamente por radio, si es que no hay problemas con las repetidoras, lo que hace difícil comunicarse o mantener una conversación normal con alguna persona o familiar si esta se encuentra en ese recinto militar.

CAPÍTULO IV

IMPLEMENTACIÓN

4.1 Introducción.

El capítulo presente detalla el proceso realizado, tanto en la configuración de equipos como el diseño de las interfaces respectivas. Además, se explican brevemente algunos conceptos teóricos que serán de utilidad para el entendimiento de la implementación realizada.

4.2 Radio Sobre Protocolo de Internet (RoIP).

Los sistemas *RoIP* son sistemas de radio basados en tecnología *IP*, similar a *VoIP* (Voz sobre protocolo de Internet) pero que incluye la comunicación de dos vías en lugar de solo una llamada telefónica. Se puede también definir como la integración de radios convencionales con las telefonías: convencional, móvil e *IP*. Un sistema *RoIP* está compuesto por una emisora *VHF* ó *UHF*, un servidor telefónico o central *IP*, y un *Gateway* o adaptador que permita integrar ambos mundos. Esta configuración permite que las radios sean visibles por el Servidor *IP* como si se trataran de extensiones adicionales dentro del sistema, efectuándose las comunicaciones con otras extensiones telefónicas y móviles configuradas dentro de la Red telefónica *IP*. De igual manera, se puede configurar un equipo *PC* o *Laptop* que tenga instalado un *Softphone* (software de telefonía *IP*), convirtiéndose en una unidad de comunicación que puede llamar a una extensión telefónica *IP*, a un número telefónico convencional o a un móvil, pero también a una radio, gracias a la bondades de control de la Central *IP*.

4.3 Funcionamiento de RoIP.

La Figura 4.1 muestra el modelo general de funcionamiento, los equipos de radiocomunicación que basen su operatividad en señales analógicas, pueden conectarse con dispositivos de comunicación basados en señales digitales, siendo estos: telefonía *IP*,

equipos de computación, software de comunicaciones (*softphone*), por medio de una red *LAN/WAN*.

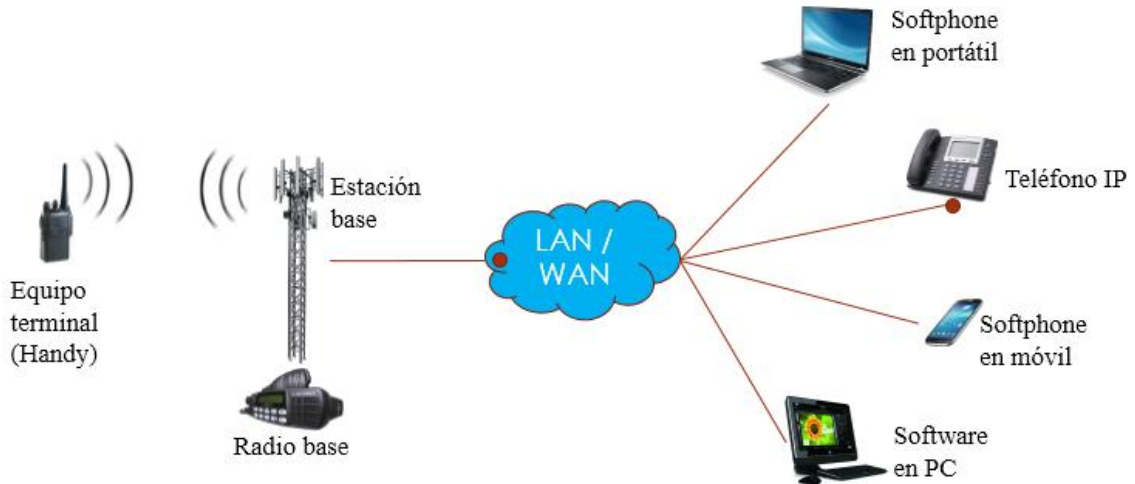


Figura 4.1 Diagrama general de funcionamiento de RoIP.

4.4 Diagramas de bloque de RoIP.

La figura 4.2 detalla el esquema de bloques de un sistema *RoIP*; a la unidad interfaz *RoIP* ingresa audio del tipo analógico, el mismo es dirigido a un convertidor analógico digital el cual lo convierte en paquetes de datos. Al mismo se le designa una dirección *IP* que sirve para reconocer al equipo de radiocomunicación en la red. Por medio de la red *IP* se realiza el envío de la trama de datos. Una vez realizada la identificación de la dirección *IP* del dispositivo destino, se direccionan los datos. Estos datos ingresan a la unidad interfaz *RoIP*, los cuales son desempaquetados y re-ensamblados, se forma una trama que nuevamente ingresa al convertidor digital analógico. Como resultado se tiene una señal de audio de tipo analógico.



Figura 4.2 Diagrama de bloques RoIP.

Fuente: (Fathi, 2012).

El sistema *RoIP* transmite también señales características de los sistemas de radio móvil terrestre, siendo estas las señales de control pulse para hablar (*PTT*, por sus siglas en inglés) y Portadora operada por relé (*COR*, por sus siglas en inglés). Estas señales se envían a través de una red *LAN/WAN* mediante el *gateway* RoIP en formato *IP*.

PTT es una señal de control que se establece cuando el usuario quiere hablar, habilitando el micrófono del equipo terminal para la comunicación, básicamente es un interruptor que al presionarlo permite realizar la comunicación con otro equipo terminal.

COR, es una señal de recepción que indica si una señal está siendo recibida y que el receptor no está en modo squelch (squelch se utiliza para eliminar el ruido de canal cuando el radio no está recibiendo una señal.) *COR* realiza un monitoreo y enciende el radio cuando se genera una señal.

4.5 Protocolos de señalización de VoIP.

Los protocolos de señalización para el servicio de transmisión han evolucionado en los últimos años, debido a que se están incrementando las redes de conmutación de paquetes para transportar tráfico de voz. Para incrementar la calidad de servicio es necesario el uso de recursos que aseguren la óptima capacidad de transporte de la voz, para ello es indispensable el uso de protocolos de señalización.

Para cumplir los requerimientos de señalización existen principalmente tres protocolos: H.323, MGCP y SIP.

H.323 es recomendado por la UIT, el cual define los protocolos para proveer sesiones de comunicación audiovisual sobre paquetes de red donde no se garantiza la calidad de servicio. Se creó a partir de estándares como H.320, *RTP* (Protocolo de Transporte en tiempo Real) y Q.931, de manera que se provea de un mecanismo para el transporte de aplicaciones multimedia en redes *LAN* (Redes de área local). El mismo ha evolucionado de manera muy rápida para dirigir las necesidades de las redes de *VoIP*. H.323 fue el primer estándar de *VoIP* en adoptar el estándar de *RTP* para transportar audio y vídeo sobre redes *IP*. La figura 4.3 detalla el modelo del protocolo H.323, con sus respectivas secciones. *Terminales*: dispositivos finales que utilizan los usuarios para realizar la comunicación de voz o video. *MCU*: unidad de control multipunto, equipo que gestiona conferencias en las que participan más de dos terminales. *Gateway*: equipo que hace posible que una red H.323 se interconecte con otro tipo de red de voz. *Gatekeeper*: se encarga de agrupar los terminales, *Gateway* y *MCU* de una red de voz-video para poder controlar y gestionar sus comunicaciones de una manera centralizada.

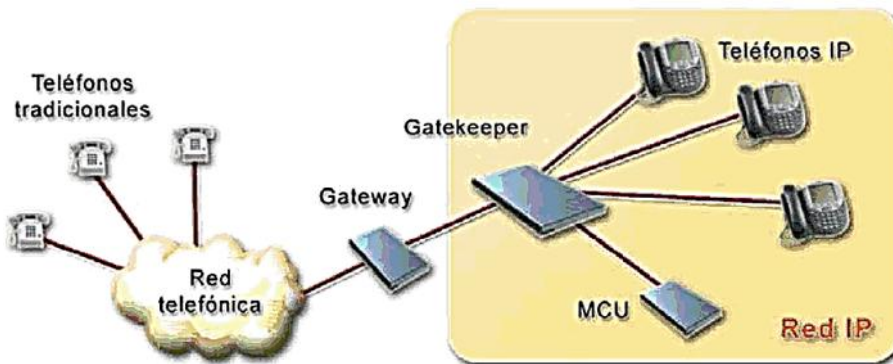


Figura 4.3 Modelo H.323.

Fuente: (Caballar, 2008).

MGCP (protocolo de control de puerta de enlace) es un protocolo de control de dispositivos, donde un *gateway* (puerta de enlace) esclavo es controlado por un *gateway* maestro. Sirve para el control de los media *gateway* (MG), que forman la interfaz entre la red de circuitos y la red de paquetes. *MGCP* le permite a un usuario con un número telefónico localizar el equipo de destino y establecer una sesión de *VoIP*. *SIP* (protocolo de inicio de sesión) es un protocolo de control estándar para la inicialización, modificación y finalización de sesiones interactivas de usuarios en las que forman parte vídeo, voz, mensajería instantánea. Fue aceptado como protocolo de señalización en noviembre de 2000, desplazando al estándar H.323. *SIP* es un protocolo cliente-servidor similar al *HTTP* (protocolo de transferencia de hipertexto). Las configuraciones realizadas, utilizan el protocolo de señalización *SIP* explicado anteriormente.

4.6 Diagrama general de conexiones y direccionamiento IP

La figura 4.4 detalla el esquema general de la red implementada. Por razones de seguridad, las direcciones *IP* utilizadas serán reemplazadas por otras, razón por la cual las configuraciones respectivas han tenido constantes cambios ya que las pruebas fueron realizadas en diferentes equipos y por ende con diferentes redes de acceso. Las direcciones *IP* que se mantuvieron fijas son las ingresadas en el MikroTik RB750, junto con las direcciones *IP* asignadas a cada host. La parte que corresponde a la implementación realizada corresponde desde el router MikroTik RB750 hacia cada uno de los hosts.

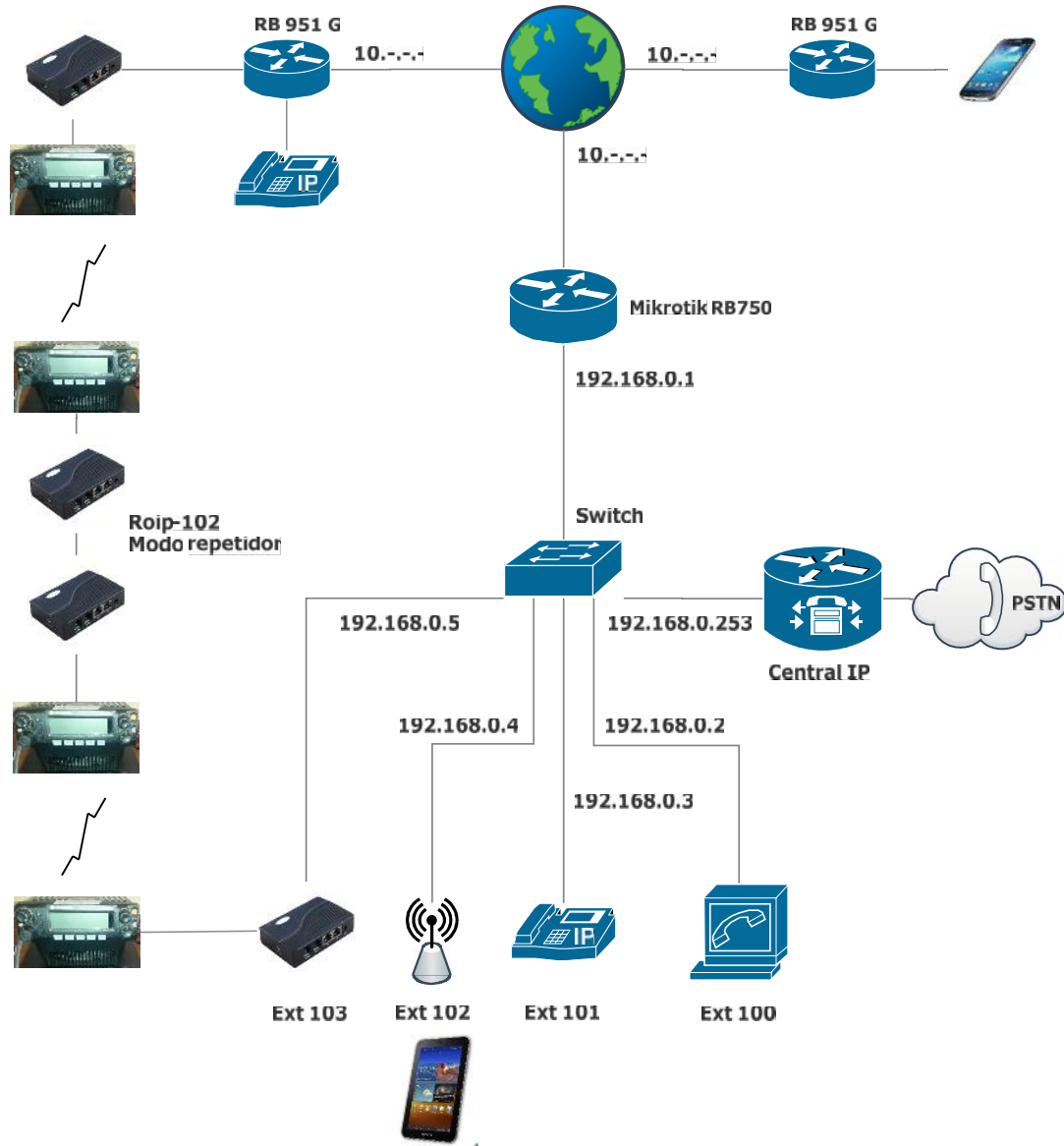


Figura 4.4 Diagrama de conexiones y direccionamiento IP.

4.7 Configuración de Router MikroTik RB750 para servicios de internet a hosts.

La figura 4.5 muestra el acceso al router empleado, mediante el software “Winbox”, descargado desde el sitio [web www.mikrotik.com](http://www.mikrotik.com).

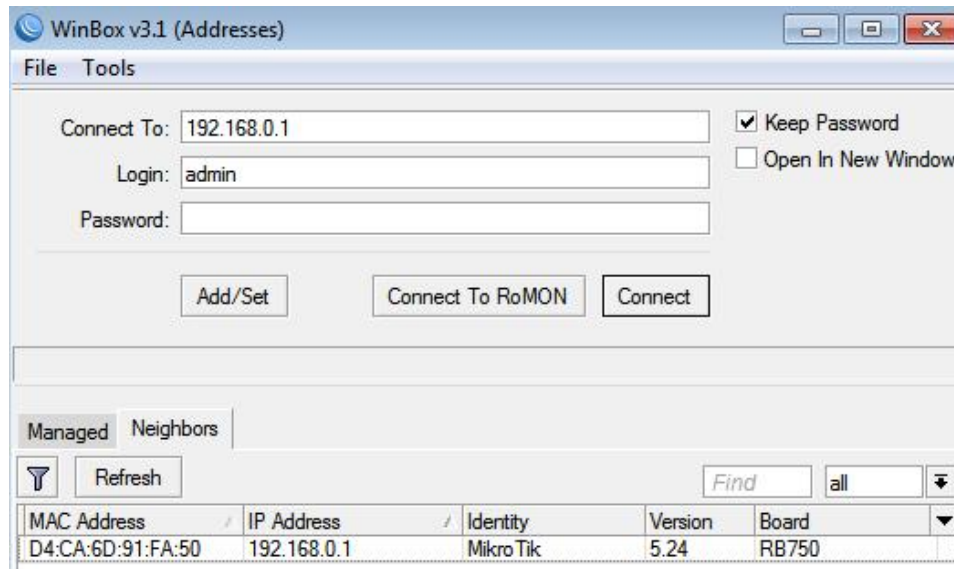


Figura 4.5 Acceso a Router MikroTik RB750.

En la opción: “*Interfaces*”, se procede a configurar los puertos respectivos para ingreso del servicio de internet, y salida a los clientes en la red respectiva. En este caso se designa el puerto 1 como puerto “*WAN*” y el puerto 2 como puerto “*LAN*”. La figura 4.6 detalla las configuraciones mencionadas.

The screenshot shows the 'Address List' configuration table. It has a toolbar with icons for adding, deleting, enabling, disabling, and refreshing. The table has the following data:

Address	Network	Interface
10.23.0.200/24	10.23.0.0	WAN
192.168.0.1/24	192.168.0.0	LAN

Figura 4.6 Configuración de puertos en Router MikroTik RB750.

En la opción: *IP, DNS*, se configura el dominio de servidor con la dirección *IP* “10.23.0.253”, para el Sistema de nombres de dominio (por sus siglas en inglés DNS), correspondiente a “8.8.8.8”. Además, se habilita “*Allow Remote Request*” para permitir que el equipo MikroTik atienda peticiones de *DNS*. La figura 4.7 muestra las configuraciones citadas.

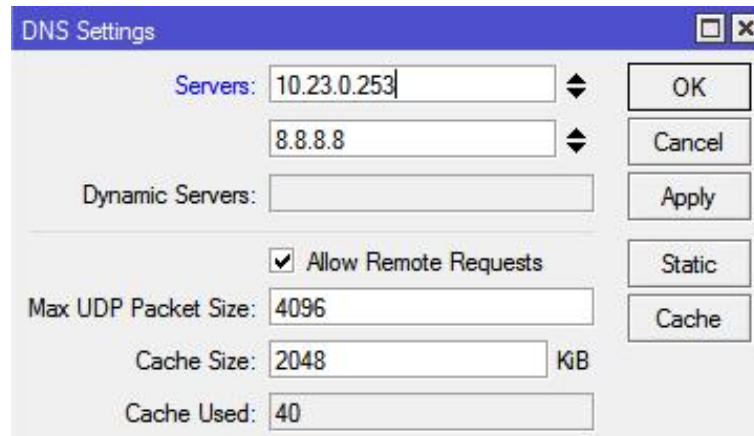


Figura 4.7 Configuración de DNS.

Se procede a realizar un nateo en la redes, Traducción de Direcciones de Red (por sus siglas en inglés, NAT) es un mecanismo utilizado por *routers* IP para intercambiar paquetes entre dos redes que asignan mutuamente direcciones incompatibles. En la opción *IP, Firewall, Nat, General*, Figura 4.8, se coloca en la pestaña “*Out Interface*”, la opción “*WAN*”.

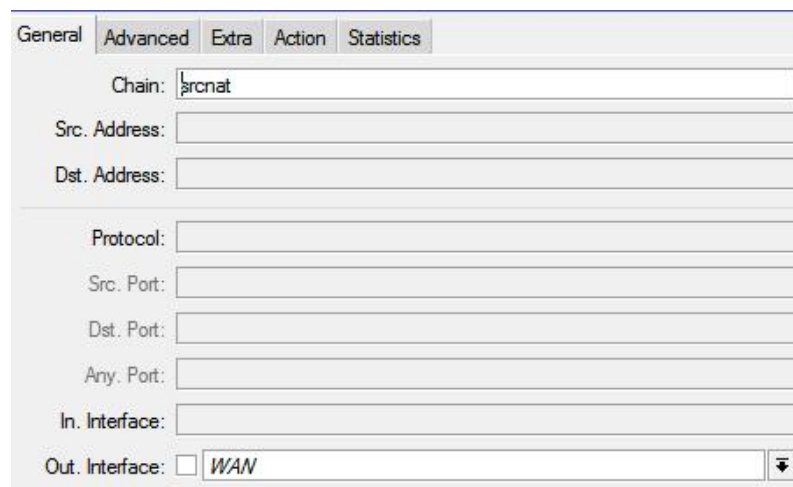


Figura 4.8 Configuración de NAT, parte 1.

En la opción: *IP, Firewall, Nat, Action*, se elige *masquerade*. Figura 4.9

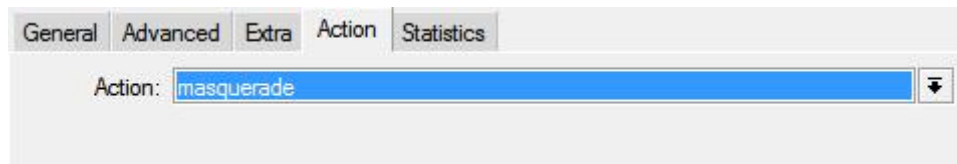


Figura 4.9 Configuración de NAT, parte 2.

En la opción: *IP, Routes* (Figura 4.10) se habilita el *gateway*, ingresando la dirección *IP 10.23.0.253*, una vez dada de alta la dirección indicada, se puede verificar que la misma se encuentre como “*accesible*”.

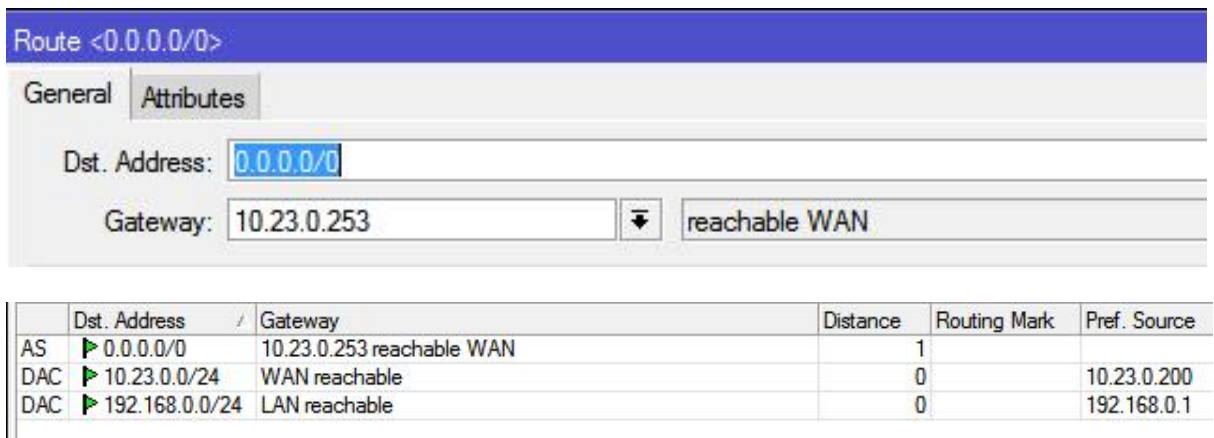


Figura 4.10 Configuración de gateway

Mediante la opción *Terminal*, se puede verificar la conectividad a internet, al realizar *ping* a la dirección “10.23.0.200” y al dominio www.google.com. (Figura 4.11).

```

[admin@MikroTik] > ping 10.23.0.200
HOST                SIZE  TTL  TIME  STATUS
10.23.0.200         56   64  8ms
10.23.0.200         56   64  6ms
10.23.0.200         56   64  6ms
10.23.0.200         56   64  6ms
10.23.0.200         56   64  6ms
    sent=5 received=5 packet-loss=0% min-rtt=6ms avg-rtt=6ms max-rtt=8ms

[admin@MikroTik] > ping www.google.com
HOST                SIZE  TTL  TIME  STATUS
200.55.230.79      56   60  48ms
200.55.230.79      56   60  2ms
200.55.230.79      56   60  44ms
200.55.230.79      56   60  84ms
200.55.230.79      56   60  2ms
    sent=5 received=5 packet-loss=0% min-rtt=2ms avg-rtt=36ms max-rtt=84ms

[admin@MikroTik] >

```

Figura 4.11 Verificación de servicio de internet en MikroTik RB750.

4.8 Configuración de MikroTik RB750 como servidor VPN

Dentro de las pruebas realizarse, se tuvo como meta adicional realizar llamadas entre equipos mediante el uso de redes virtuales *VPN* (por sus siglas en inglés, Virtual Private Network) para no tener limitaciones en la comunicación a realizarse. Por motivos de seguridad y para verificar la implementación de la red planteada, se realizaron llamadas desde una red externa a la tercera zona Militar de Tarqui hacia un domicilio y con la red interna de la Universidad del Azuay.

4.8.1 Habilitar servidor PPTP.

Opción: *PPP, PPTP Server*, (Figura 4.12) se habilita el uso del servidor para *VPN*, en la casilla *Enabled*, las demás opciones vienen predefinidas.

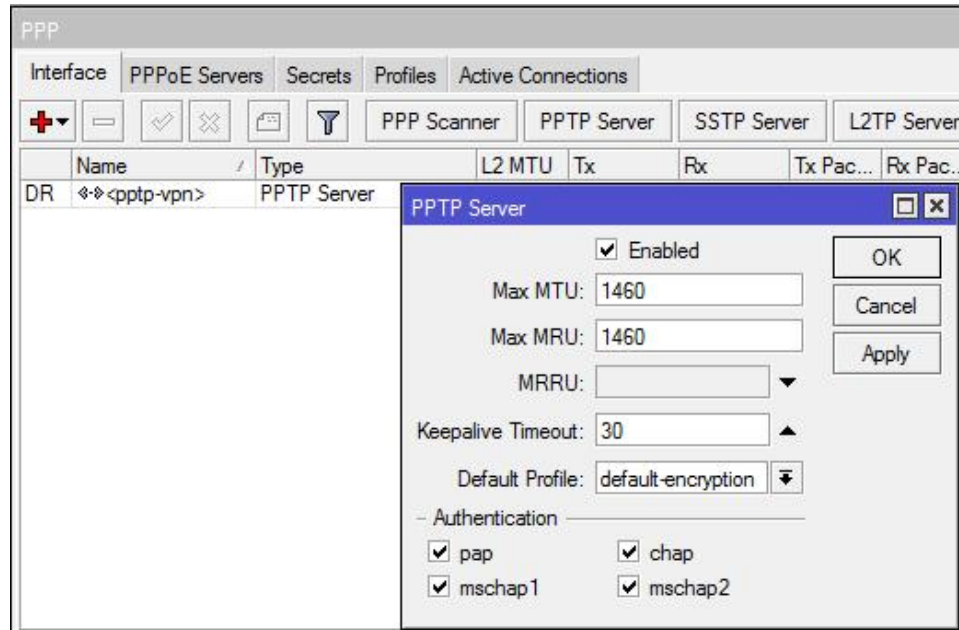


Figura 4.12 Habilitación de servidor PPTP.

Opción: *IP, IP POOL* (Figura 4.13) se elige el rango de direcciones *IP* que serán asignados a los clientes que se conecten a la *VPN*.

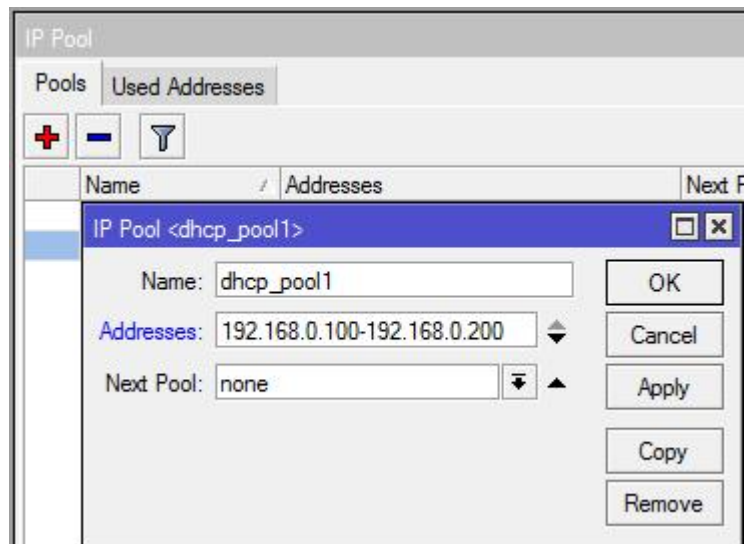


Figura 4.13 Rango de direcciones IP mediante DHCP para conexiones a VPN.

Opción: *PPP, Profiles* (Figura 4.14), se procede a crear el perfil de la *VPN*, como dirección IP de *gateway* 192.168.0.1, rango de direcciones *dhcp_pool1*, servidores *DNS* 8.8.8.8 y 8.8.4.4.

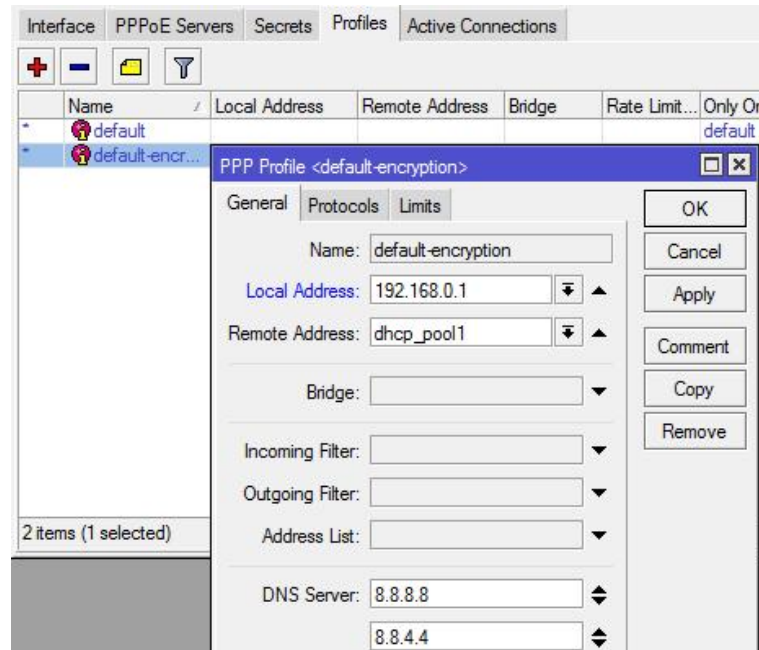


Figura 4.14 Perfil de red VPN.

Opción: *PPP, Secrets* (Figura 4.15), se elige el nombre de la red virtual y la clave de acceso, servicio a emplear *PPTP*.

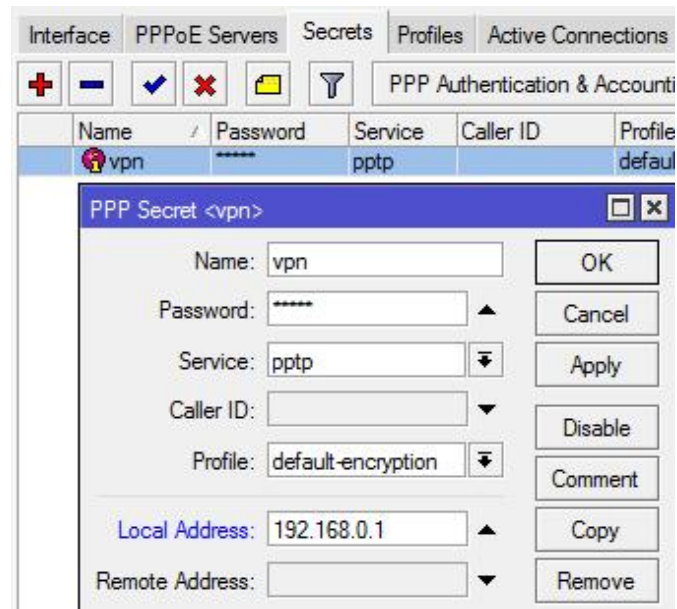


Figura 4.15 Parámetros de acceso para VPN.

Opción *PPP*, *Interface* (Figura 4.16), se observa como la red *VPN* se encuentra activa.

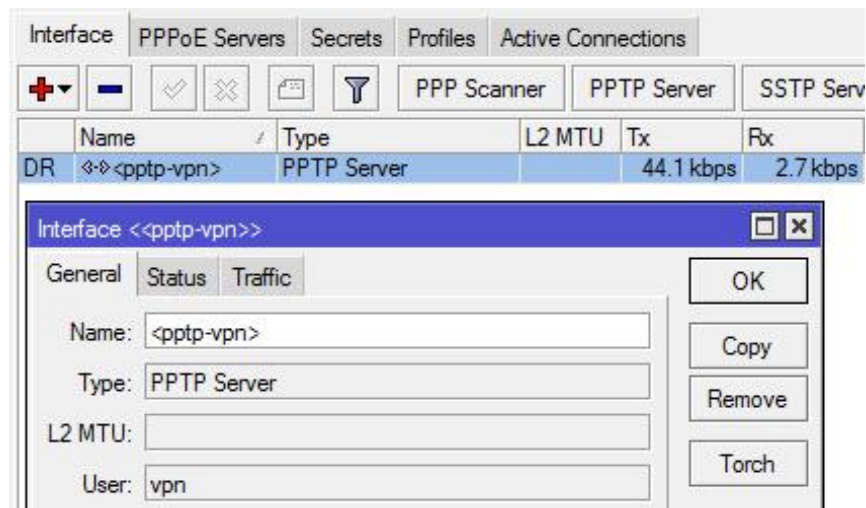


Figura 4.16 Red VPN Activa.

Opción: *Interface*, *Interface List* (Figura 4.17) se selecciona *Proxy-ARP* para el puerto 2 puerto *LAN*, esta configuración permite la comunicación entre hosts que se encuentren en una misma red física, pero en la cual sus direcciones de red son diferentes.

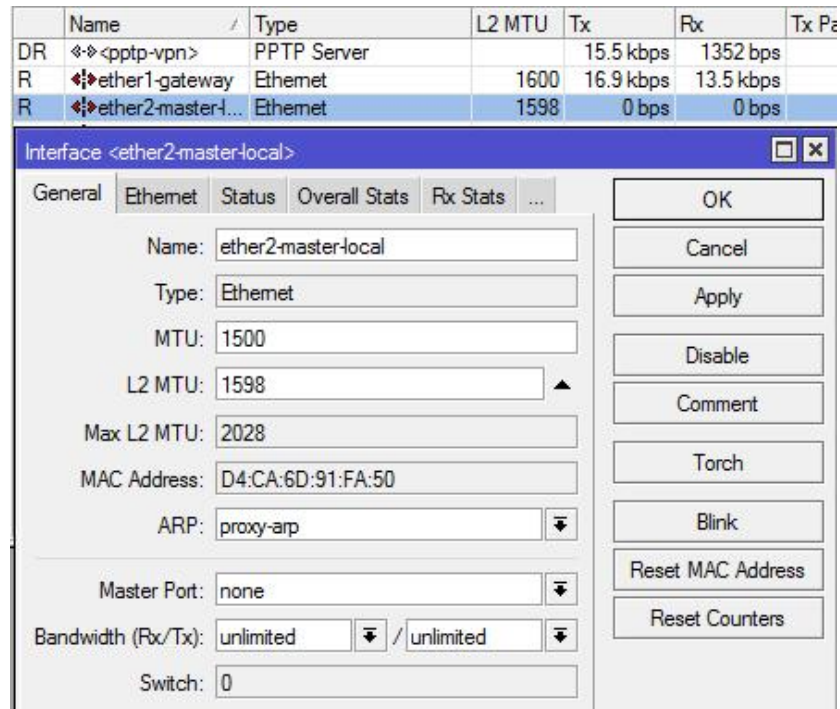


Figura 4.17 Proxy ARP en puerto de red LAN.

Opción: *System, Clock* (Figura 4.18), se procede a configurar la hora como la fecha en el equipo, de esta manera se puede ejecutar la utilidad *dyndns*, que se explica más adelante.

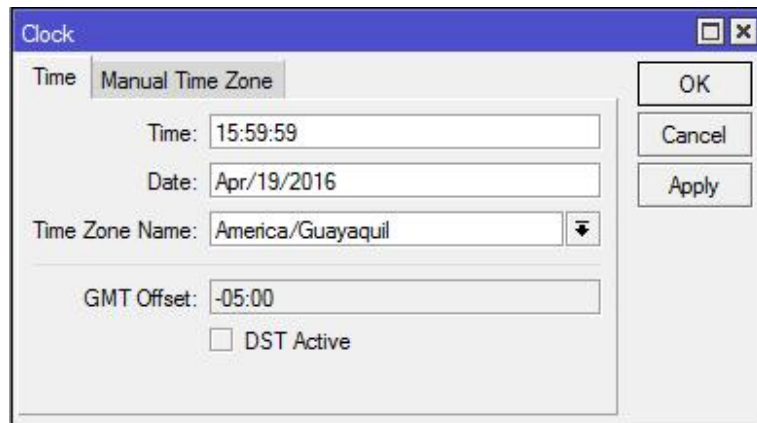


Figura 4.18 Configuración de hora y fecha.

Opción: *System, Script List* (Figura 4.19) se crea el perfil de *dyndns*, el mismo sirve para hacer más fácil el acceso a una red VPN, mediante el uso de un dominio que es más fácil de recordar que una dirección *IP*.

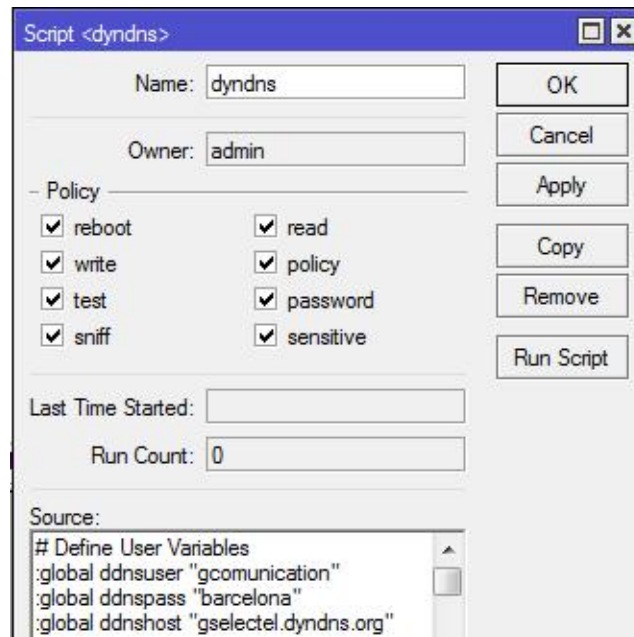


Figura 4.19 Script para ejecución de dyndns.

Opción: *System, Scheduler* (Figura 4.20), es necesario colocar la línea de código: `/system script run dyndns`, y seleccionar la opción *Start Time: startup*, de lo contrario el mismo no se ejecuta.

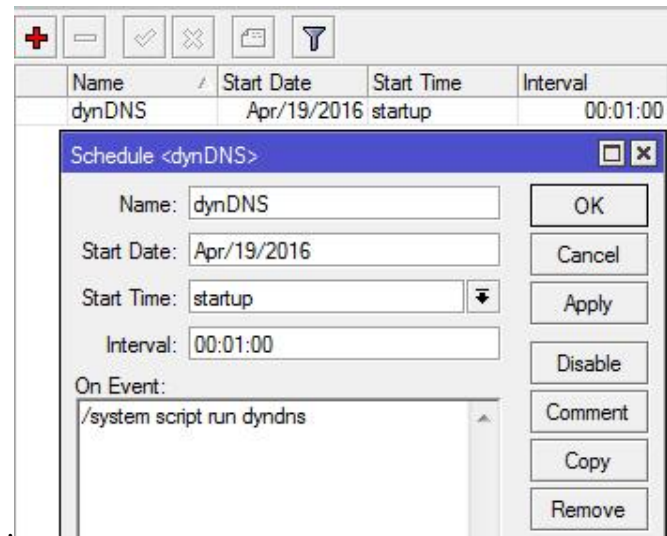


Figura 4.20 Habilitación de script para dyndns.

4.9 Configuración de Central IP Elastix.

La figura 4.21 muestra el acceso a la Central IP Elastix, mediante el navegador web de preferencia, ingresando en la barra de navegación la dirección IP: 192.168.0.253; nombre de usuario y contraseña asignados.



Figura 4.21 Acceso a Central IP Elastix NLX-Series.

Mediante la opción: Sistema, *Network*, se configura la dirección *IP* para el acceso por *Ethernet*, siendo la misma 192.168.0.253, dirección *IP* de *gateway*: 192.168.0.1 (Figura 4.22).



Figura 4.22 Configuración de puerto Ethernet en Central Elastix.

4.10 Extensiones en Central IP Elastix NLX-Series.

Mediante la opción PBX, *PBX Configuration*, se crean las extensiones de los equipos a ser configurados.

4.10.1 Extensión asignada a equipo portátil.

Se procede a crear las extensiones que servirán para verificar la comunicación entre los diferentes periféricos que estén dentro de la red, empezando por el equipo portátil, eligiendo como opción: *Generic SIP Device* (Figura 4.23).



Add an Extension

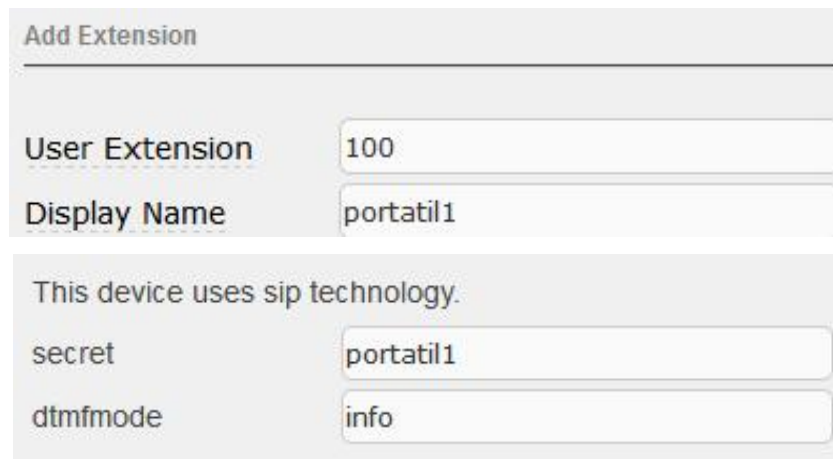
Please select your Device below then click Submit

Device

Device

Figura 4.23 Tipo de extensión a crearse.

Se asignó la extensión: 100 y como nombre referente: portatil1, contraseña de extensión: portatil1, modo de marcación al realizar *PTT* con los equipos *RoIP-102: info* (Figura 4.24).



Add Extension

User Extension

Display Name

This device uses sip technology.

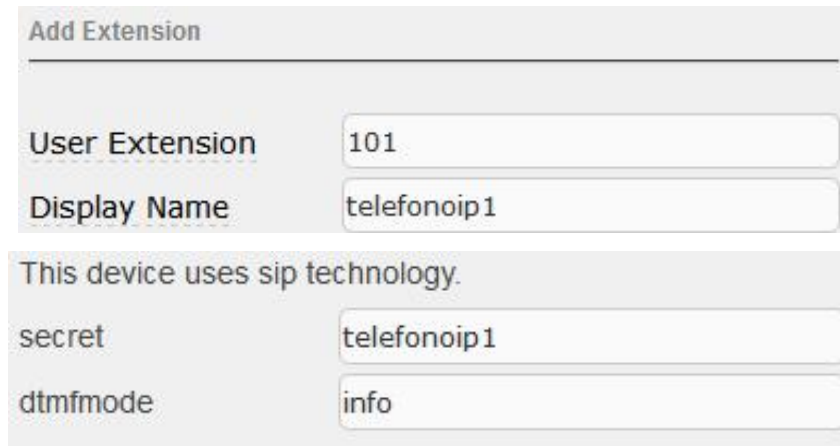
secret

dtmfmode

Figura 4.24 Características de la extensión 100.

4.10.2 Extensión asignada para Teléfono IP Grandstream GVX3240.

De igual manera, se configura la extensión referente al teléfono *IP* Grandstream GVX3240, como extensión se asignó la 101, contraseña: telefonoip1 y modo de marcación: *info* (Figura 4.25).

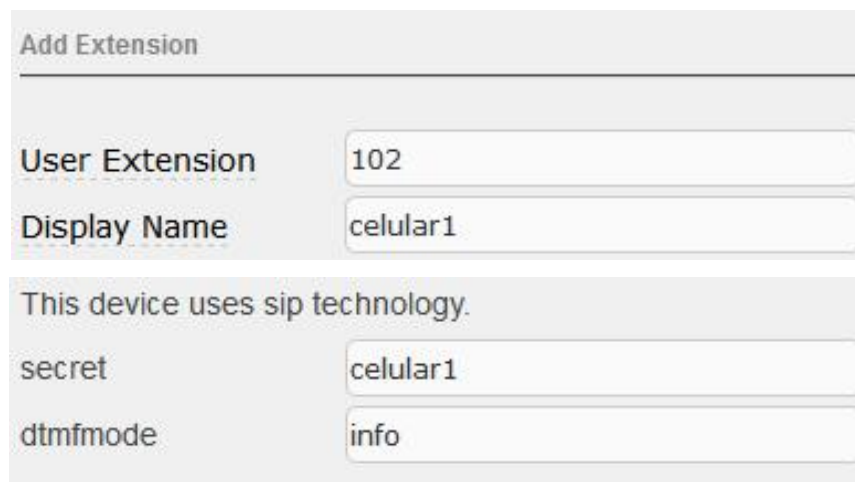


Add Extension	
User Extension	101
Display Name	telefonoip1
This device uses sip technology.	
secret	telefonoip1
dtmfmode	info

Figura 4.25 Configuración de equipo portátil como extensión 101.

4.10.3 Extensión para celular mediante Softphone.

De igual manera, se crea la extensión respectiva a utilizarse en un equipo *Smartphone*. La figura 4.26 detalla, el número de extensión se designó como: 102, nombre de extensión: celular1, contraseña: celular1 y modo “*info*” para realizar *PTT* con el dispositivo *RoIP-102* respectivo.



Add Extension	
User Extension	102
Display Name	celular1
This device uses sip technology.	
secret	celular1
dtmfmode	info

Figura 4.26 Configuración de celular como extensión 102.

4.10.4 Extensión para equipo RoIP-102.

Se crea la extensión correspondiente al equipo *RoIP-102* con los datos, extensión: 103, nombre de extensión *roip1*, contraseña: *roip1* y modo marcación: *info* (Figura 4.27).

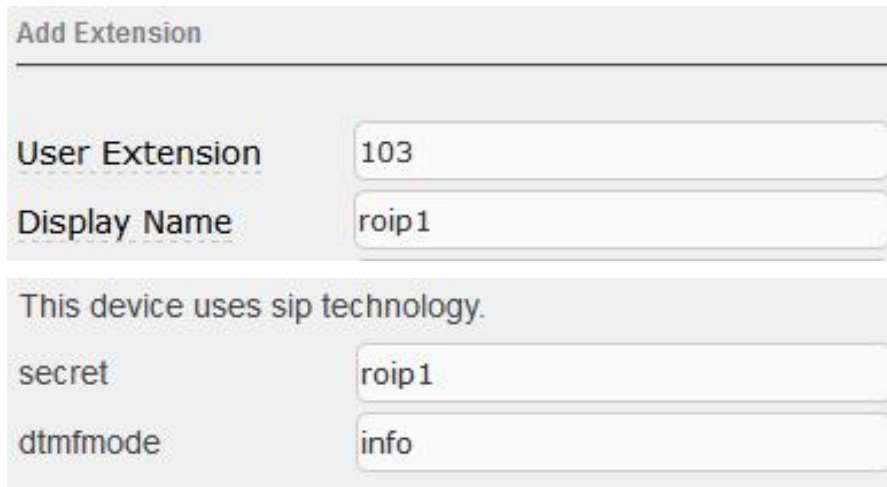


Figura 4.27 Configuración de equipo RoIP-102 como extensión 103.

En la opción: *PBX, Operator Panel*, (Figura 4.28) se verifica el estado activo de las extensiones, siendo este de color naranja oscuro.

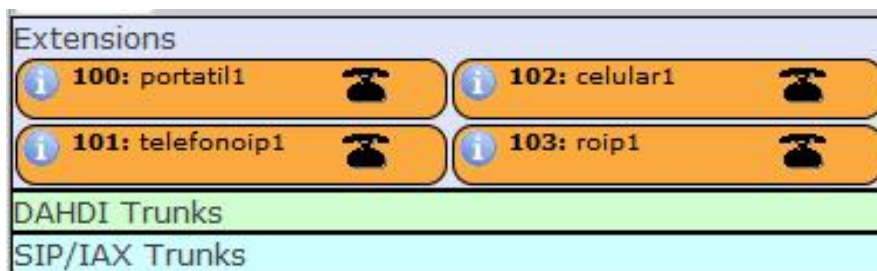
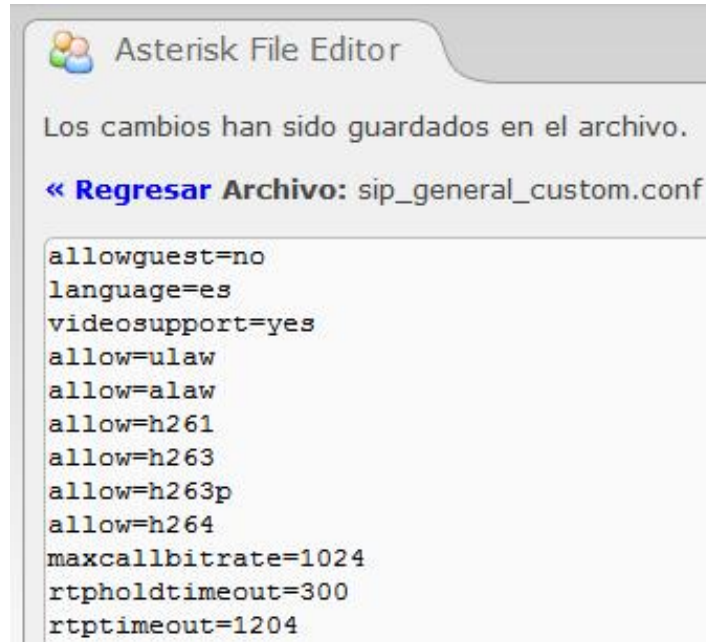


Figura 4.28 Estado activo de las extensiones respectivas.

Adicionalmente, para que las llamadas se ejecuten sin inconvenientes al utilizar el protocolo de señalización de *VoIP, SIP*, se agrega el siguiente código (Figura 4.29),

mediante la opción: *PBX, Tools, Asterisk File Editor*, mostrar filtro: *sip_general_custom.conf*.



The screenshot shows the Asterisk File Editor window. At the top, it says "Asterisk File Editor" with a logo. Below that, a message states "Los cambios han sido guardados en el archivo." (Changes have been saved to the file). A blue link says "<< Regresar Archivo: sip_general_custom.conf". The main area displays the following configuration code:

```
allowguest=no
language=es
videosupport=yes
allow=ulaw
allow=alaw
allow=h261
allow=h263
allow=h263p
allow=h264
maxcallbitrate=1024
rtpholdtimeout=300
rtptimeout=1204
```

Figura 4.29 Código para protocolo de señalización SIP.

4.11 Configuración adicional para cada extensión.

Cada equipo tiene su método de configuración, a continuación se detallan los parámetros respectivos a tomarse en cuenta.

4.11.1 Configuración para portátil mediante Softphone.

Mediante el software gratuito para aplicaciones *Softphone* “Zoiper” (Figura 4.30), ubicado en el sitio web www.zoiper.com, se emplea para darle la función de extensión *IP*, siendo estos: equipos de escritorio (*PC*), *laptop*, *Tablet* o celulares. En este caso se detalla para la portátil en cuestión.



Figura 4.30 Software para aplicaciones Softphone Zoiper.

En la opción: Configuración, Crear una cuenta nueva, se elige tipo “SIP” (Figura 4.31).

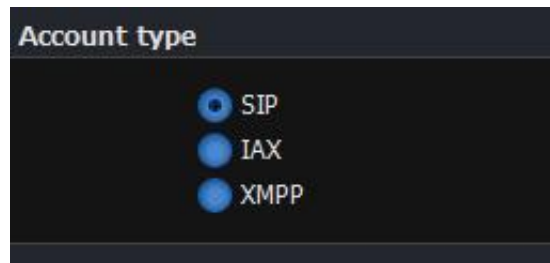


Figura 4.31 Tipo de cuenta SIP para Softphone.

La figura 4.32 detalla, casilla: *user*, el número de extensión correspondiente: 100, clave de acceso definida en la central *IP*, y como dominio la dirección *IP* de la Central Elastix: 192.168.0.253.

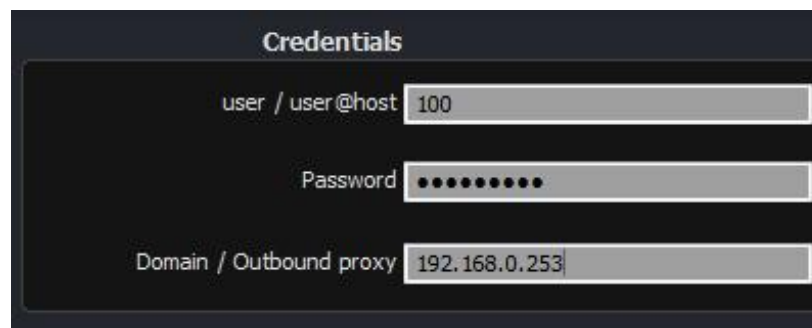


Figura 4.32 Configuración de softphone en portátil

Se procede a confirmar que los datos sean los mismos asignados en la central *IP* (Figura 4.33).

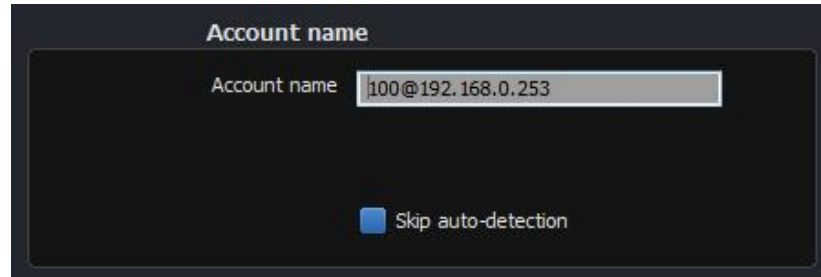


Figura 4.33 Confirmación de datos para softphone en portátil.

Se puede verificar que la extensión se encuentre activa, mediante el visto bueno indicado en la esquina superior izquierda de la figura 4.x. Al ingresar en el menú: Configuración, Preferencias, *Advanced*, se selecciona la opción: Usar *DTMF SIP INFO*, para habilitar *PTT* con el equipo *RoIP-102* (Figura 4.34).

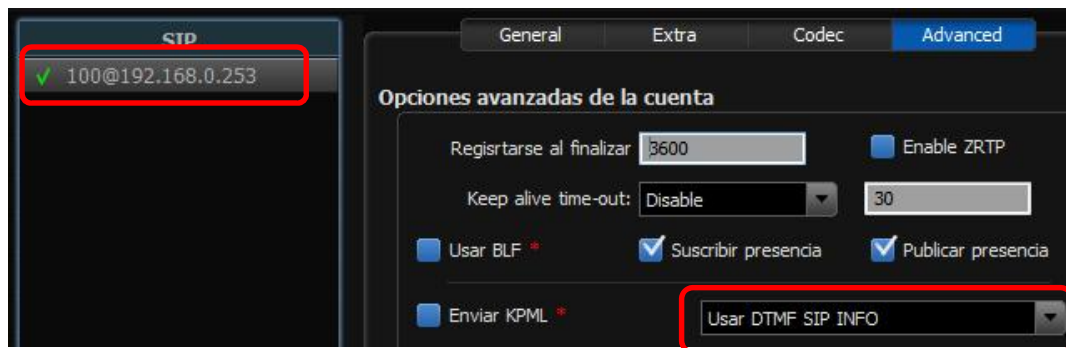


Figura 4.34 Configuración para realizar PTT con equipo RoIP-102.

La figura 4.35 detalla la configuración de la tarjeta de red del equipo portátil. Mediante la opción: Conexiones de red, Propiedades, Propiedades de protocolo IPv4, se ingresa como dirección *IP* estática: 192.168.0.2, *gateway*: 192.168.0.1 y máscara de subred: 255.255.255.0.

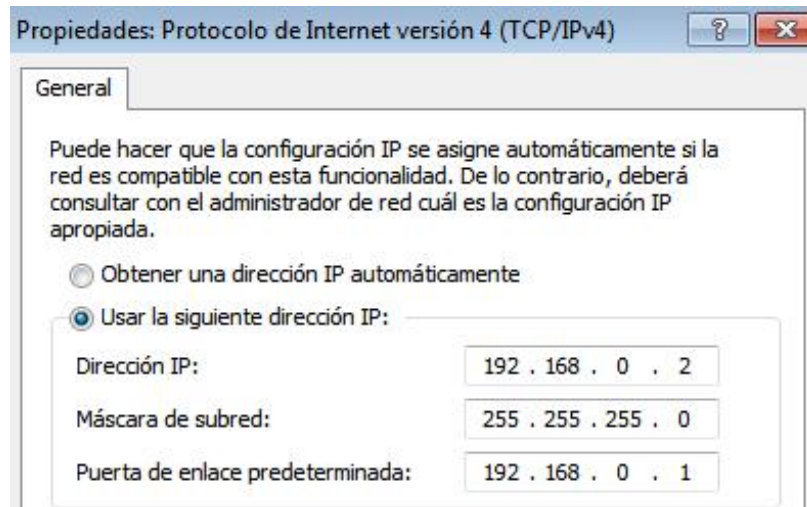


Figura 4.35 Configuración de tarjeta de red en equipo portátil.

4.11.2 Configuración para Teléfono IP Grandstream GXV3240.

Se accede al teléfono IP mediante la dirección *IP* por defecto (Figura 4.36), la misma se reemplaza por la correspondiente detallada en el esquema general.



Figura 4.36 Ingreso a Teléfono IP Grandstream GXV3240.

En la opción: Configuraciones de red, Mantenimiento, se procede a configurar la dirección *IP* estática, siendo la misma 192.168.0.3, como dirección de *gateway* se designó 192.168.0.1 (Figura 4.37).

Dirección IP :	192	168	0	3
Mascara de Subred :	255	255	255	0
Gateway por Defecto :	192	168	0	1
Servidor DNS 1 :	8	8	8	8
Servidor DNS 2 :	8	8	4	4

Figura 4.37 Configuración de dirección IP estática.

Mediante la opción: Configuraciones generales, Cuenta, Cuenta 1, se ingresan los parámetros para activar la cuenta, nombre de cuenta: teléfonoip1, servidor *SIP* la dirección *IP* de la Central Elastix: 192.168.0.253, ID de usuario y de autenticación *SIP* 101 (Figura 4.38).

Cuenta Activa :	<input checked="" type="checkbox"/> Sí
Nombre de la Cuenta :	telefonoip1
Servidor SIP :	192.168.0.253
ID de Usuario SIP :	101
ID de Autenticación SIP :	101
Contraseña de Autenticación SIP :	

Figura 4.38 Configuración de parámetros en teléfono IP Grandstream GXV3240.

Mediante la Opción, Configuración de *códec*, Cuenta, Cuenta 1, (Figura 4.39) se selecciona la opción: *SIP INFO* para habilitar el *PTT* a realizarse con el equipo *RoIP-102*

DTMF :	<input type="checkbox"/> In audio <input type="checkbox"/> RFC2833 <input checked="" type="checkbox"/> SIP INFO
Tipo de Payload DTMF :	101

Figura 4.39 Configuración de marcado SIP INFO.

Mediante la opción: Estado de las cuentas, Estado (Figura 4.40) se verifica que la extensión se encuentre activa.

Cuenta	Extensión	Servidor SIP	Estado
Cuenta 1 :	101	192.168.0.253	Registrado

Figura 4.40 Estado del Teléfono IP Grandstream GXV3240.

En la pantalla del Teléfono IP Grandstream GXV3240 (Figura 4.41) se verifica que las configuraciones respectivas sean las correctas, la indicación luminosa verde indica que la extensión se encuentra activa.

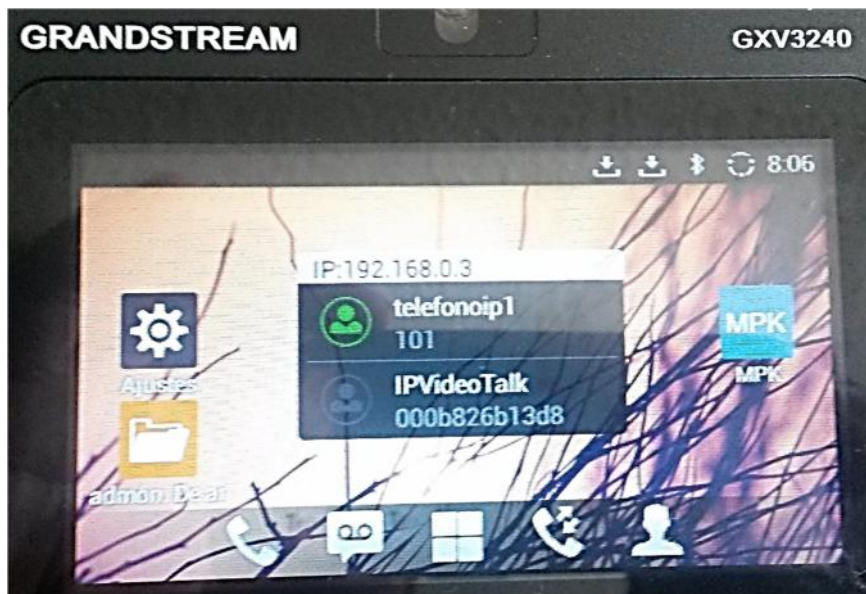


Figura 4.41 Estado del Teléfono IP Grandstream GXV3240.

4.11.3 Configuración de celular mediante Softphone.

Para la conexión de equipos celulares, se utilizó el router *wireless* TP-Link TL-WR340G, mediante la opción: *Network, WAN* (Figura 4.42), como dirección *IP*: 192.168.0.4, máscara de subred: 255.255.255.0 y dirección *IP* de *gateway*: 192.168.0.1.

IP Address:	192.168.0.4	
Subnet Mask:	255.255.255.0	
Default Gateway:	192.168.0.1	(Optional)

Figura 4.42 Configuración de IP estática en Router TP-Link.

4.11.4 Configuración para Smartphone mediante softphone.

De igual manera, se descarga la aplicación Zoiper para android, desde la tienda virtual *Play Store*. En la figura 4.43, Opción: Ajustes, Cuentas, se ingresa como nombre de cuenta: celular1, dominio: 192.168.0.253, nombre de usuario: 102, en la opción Características, se debe elegir *DTMF SIP INFO* numérico, para realizar *PTT* con el equipo *RoIP-102*.

Nombre de la cuenta
celular1

Autenticación

Host
192,168,0,253

Nombre de usuario
102

Clave

DTMF
SIP INFO numérico

Figura 4.43 Configuración de extensión 102 en Smartphone.

Se verifica que la extensión se encuentre activa (Figura 4.44) en la ventana principal de la aplicación softphone.

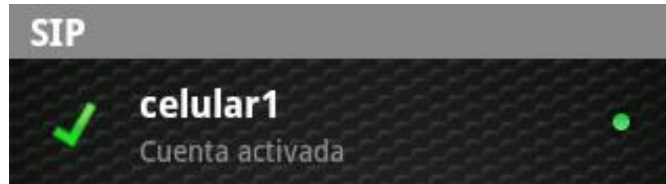


Figura 4.44 Estado activo de softphone en celular.

4.11.5 Configuración para equipo RoIP-102.

La configuración del equipo RoIP-102 se realiza mediante la conexión del puerto *LAN* (figura 4.45). Como dirección *IP* de fábrica se ingresa 192.168.8.1.

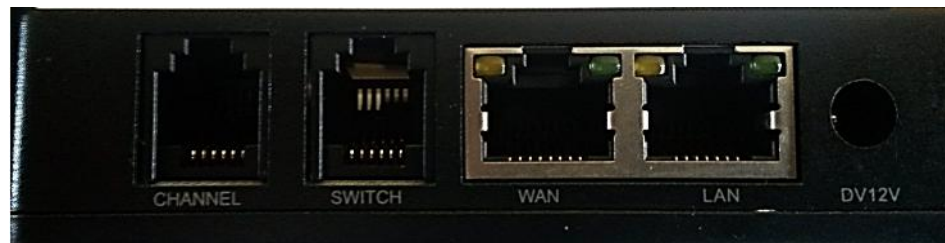


Figura 4.45 Puertos del equipo RoIP-102.

La figura 4.46 muestra los parámetros para configurar el *RoIP-102* siendo los mismos los siguientes: dirección *IP* estática para el puerto *WAN*: 192.168.0.5, dirección de *gateway*: 192.168.0.1.

Network Configuration			
LAN Port	Static IP	PC Port	Static IP
IP Address	192.168.0.5	IP Address	192.168.8.1
Subnet Mask(optional)	255.255.255.0	Subnet Mask	255.255.255.0
Default Route	192.168.0.1	DHCP Server	<input checked="" type="radio"/> Enable <input type="radio"/> Disable
Primary DNS		Starting Address	192.168.8.100
Secondary DNS(optional)		Ending Address	192.168.8.120
		Static DNS(optional)	

Figura 4.46 Configuración de dirección IP estática en equipo RoIP-102.

Como parámetros de configuración (Figura 4.47), *Group SIP Number* y *Authentication ID*: 103, *SIP Proxy* corresponde a la dirección IP de la central: 192.168.0.253, *Register Expiry(s)*: 300 como valor default, contraseña la misma ingresada el momento de crear la extensión respectiva: roip1. Se debe verificar que la opción *Outband DTMF type*, se encuentre como *SIP INFO*, con esto los demás equipos pueden realizar *PTT* hacia el RoIP-102.

Call Settings	
<input checked="" type="radio"/> Group 1	Advanced<<
Group SIP Number	103
SIP Proxy	192.168.0.253
Register Expiry(s)	300
Authentication ID	103
Password	•••••
SIP Local Port Mode	Fixed
RoIP Keep-alive	<input checked="" type="radio"/> Enable <input type="radio"/> Disable
Signaling Port	5060
Outband DTMF type	SIP INFO
Signaling QoS	None

Figura 4.47 Configuración de equipo RoIP-102 como extensión 103.

En el panel de estado (Figura 4.48) se observa *PC Port*: 192.168.8.1 como la dirección IP *default*. Una vez realizadas las configuraciones anteriores, se utiliza el puerto WAN indicado en la figura 4.x para sincronizar el equipo RoIP-102 con la central IP. Se observa *Group 1 Status: LOGIN*, esto indica que el equipo se encuentra sincronizado con la Central IP.

Status	
Phone Information	
Serial Number	ROIP102T15042963
Firmware Version	ROIPT-1.01-8
Hardware Version	RoIP-1
Group 1 Status	LOGIN
Network Information	
Lan Port	192.168.0.5
Lan MAC	38:3F:10:03:1F:96
PC Port	192.168.8.1
PPPoE	Disabled
Default Route	192.168.0.1

Figura 4.48 Estado del equipo RoIP-102.

De manera similar para la configuración de los equipos *RoIP-102* en modo repetidora, se ingresa a cada equipo *RoIP-102* mediante el puerto *LAN* con la dirección *IP* default: 192.168.8.1. Para el segundo *RoIP-102* con motivo de diferenciarlos, se cambió la dirección *IP default*: 192.168.8.2., se tendrá las siguientes opciones:

4.11.5.1 RoIP-102 Proxy en modo repetidor.

Se asignaron los siguientes parámetros detallados en la Figura 4.49: Dirección *IP WAN*: 192.168.0.110, número de extensión: 400, *SIP Proxy*: 192.168.0.110, *Registry Expiry(s)*: 60, la opción *Outband DTMF type*: *SIP INFO*. Tanto la dirección *IP WAN* como la dirección *SIP Proxy* deben ser las mismas, ya que este equipo se debe sincronizar consigo mismo.

RoIP Registration Mode Remote Control>>

Network Configuration

LAN Port	<input type="text" value="Static IP"/>	PC Port	<input type="text" value="Static IP"/>
IP Address	<input type="text" value="192.168.0.110"/>	IP Address	<input type="text" value="192.168.8.1"/>
Subnet Mask(optional)	<input type="text"/>	Subnet Mask	<input type="text" value="255.255.255.0"/>
Default Route	<input type="text"/>	DHCP Server	<input checked="" type="radio"/> Enable <input type="radio"/> Disable
Primary DNS	<input type="text"/>	Starting Address	<input type="text" value="192.168.8.100"/>
Secondary DNS(optional)	<input type="text"/>	Ending Address	<input type="text" value="192.168.8.120"/>
		Static DNS(optional)	<input type="text"/>

Call Settings

Group 1 Advanced<<

Group SIP Number	<input type="text" value="400"/>	SIP Local Port Mode	<input type="text" value="Fixed"/>
SIP Proxy	<input type="text" value="192.168.0.110"/>	RoIP Keep-alive	<input checked="" type="radio"/> Enable <input type="radio"/> Disable
Register Expiry(s)	<input type="text" value="60"/>	Signaling Port	<input type="text" value="5060"/>
Authentication ID	<input type="text"/>	Outband DTMF type	<input type="text" value="SIP INFO"/>
Password	<input type="text"/>	Signaling QoS	<input type="text" value="None"/>
Auto Dial Number	<input type="text"/>		Media Settings>>
Hot Line Number	<input type="text"/>		

Figura 4.49 Configuración de RoIP-102 Proxy en modo repetidor.

4.11.5.2 RoIP-102 Peer en modo repetidor.

De manera similar, en la figura 4.50, se accede mediante el puerto LAN, dirección IP: 192.168.8.2. Como dirección IP WAN se asignó: 192.168.0.120, numero de extensión: 500, Registry Expiry(s): 90, este valor da una demora al momento que el equipo RoIP extensión “500” se sincroniza con el equipo RoIP extensión: 400. La dirección IP de SIP Proxy es la referida al equipo RoIP extensión 400: 192.168.0.110, esto es para que la sincronización entre estos dos equipos se pueda realizar. El valor Auto Dial Number: 400.

RoIP Registration Mode Remote Control>>

Network Configuration

LAN Port	<input type="text" value="Static IP"/>	PC Port	<input type="text" value="Static IP"/>
IP Address	<input type="text" value="192.168.0.120"/>	IP Address	<input type="text" value="192.168.8.2"/>
Subnet Mask(optional)	<input type="text" value="255.255.255.0"/>	Subnet Mask	<input type="text" value="255.255.255.0"/>
Default Route	<input type="text"/>	DHCP Server	<input type="radio"/> Enable <input checked="" type="radio"/> Disable
Primary DNS	<input type="text"/>		
Secondary DNS(optional)	<input type="text"/>		

Call Settings

Group 1 Advanced<<

Group SIP Number	<input type="text" value="500"/>	SIP Local Port Mode	<input type="text" value="Fixed"/>
SIP Proxy	<input type="text" value="192.168.0.110"/>	RoIP Keep-alive	<input checked="" type="radio"/> Enable <input type="radio"/> Disable
Register Expiry(s)	<input type="text" value="90"/>	Signaling Port	<input type="text" value="5060"/>
Authentication ID	<input type="text"/>	Outband DTMF type	<input type="text" value="SIP INFO"/>
Password	<input type="text"/>	Signaling QoS	<input type="text" value="None"/>
Auto Dial Number	<input type="text" value="400"/>		Media Settings>>
Hot Line Number	<input type="text"/>		

Figura 4.50 Configuración de RoIP-102 Peer en modo repetidor.

4.12 Circuito de interface para equipos RoIP-102.

La figura 4.51 detalla el diagrama general establecido para la interconexión de dos radio bases mediante los equipos *RoIP-102*, siendo Ubicación 1 y Ubicación 2 las radios bases a emplearse.

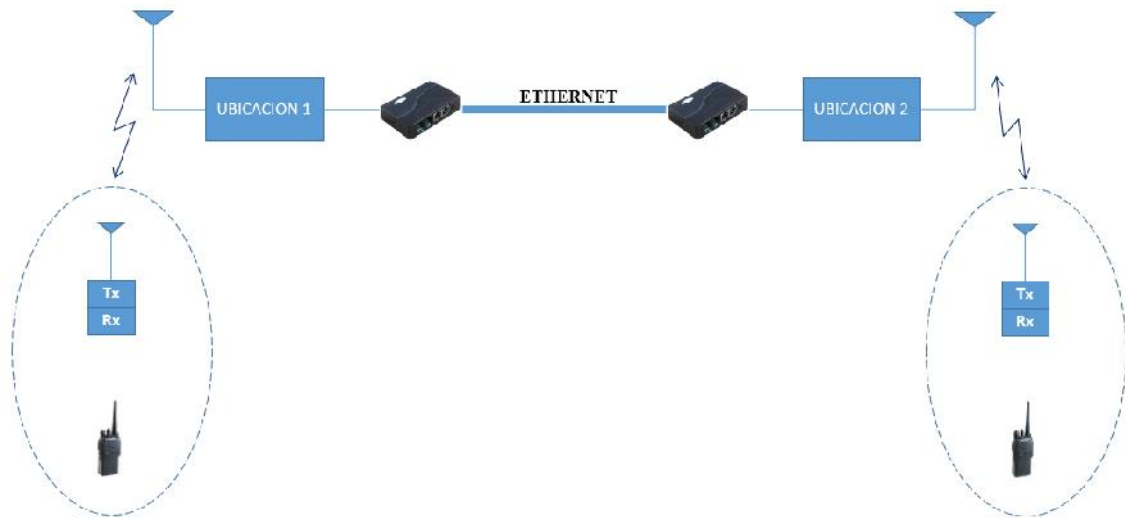


Figura 4.51 Diagrama general de equipos RoIP-102 para la interconexión de dos radio bases.

Se detalla brevemente la conexión general entre Radio Bases y los equipos *RoIP-102* (Figura 4.52), las señales TX, RX, así como *PTT* y *COR* (mencionadas anteriormente) difieren entre radio y radio, se deberá verificar la ubicación de los pines en los cables de conexión correspondientes según la radio base que se emplee.

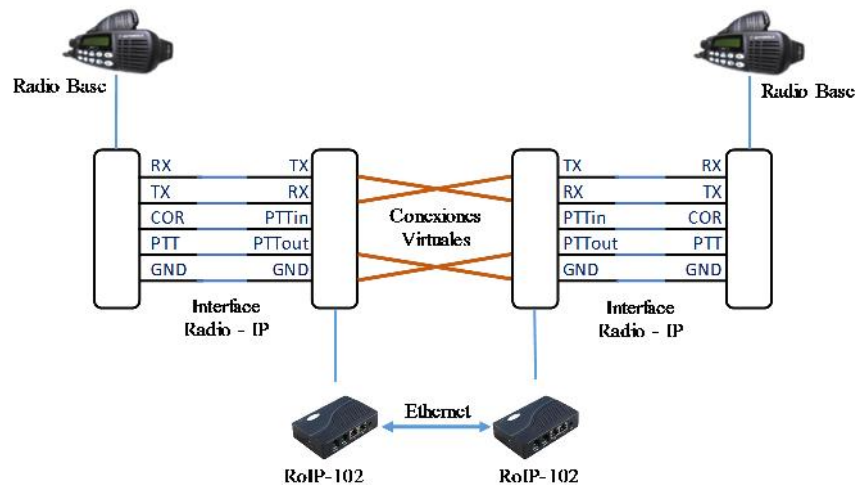


Figura 4.52 Conexión general entre radios Radio Bases y RoIP-102.

La figura 4.53 detalla las conexiones del cable MIL-C-3432E desde la radio base 1 y la tarjeta de interface del equipo *RoIP-102*. Para facilidad de la implementación, se utilizó el *pin N: Vcc 12V* que es la fuente de alimentación de cada radio base, para alimentar los otros circuitos que se diseñaron.



Figura 4.53 Conexiones entre cable MIL-C-3432E y la radio base 1.

El conector del cable MIL-C-3432E tiene sus pines con la siguiente distribución, esto se observa en la figura 4.54.



Figura 4.54 Conector y distribución de pines cable MIL-C-3432E.

La figura 4.55 detalla las conexiones del conector Motorola desde la radio base 2 y la tarjeta de interface del equipo RoIP-102. De esta manera en ambos casos ya no se emplearon las fuentes de alimentación propias de los RoIP, aprovechando el espacio físico que estos hubiesen ocupado.

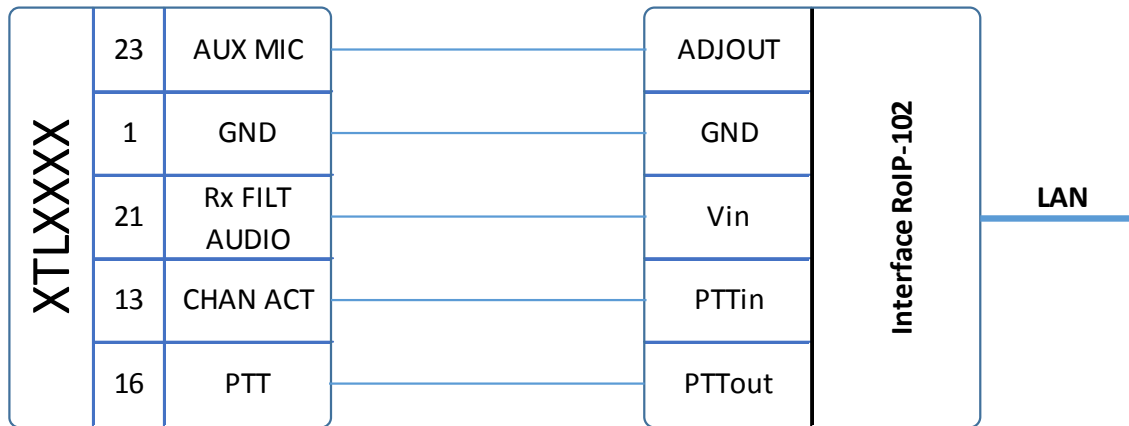


Figura 4.55 Conexiones entre cable con conector Motorola y la radio base 2.

El conector y cable Motorola está distribuido de la siguiente forma, según se indica en la Figura 4.56.



Figura 4.56 Conector y distribución de pines cable Motorola.

CAPÍTULO V

RESULTADOS

Introducción

El presente capítulo refleja los resultados obtenidos, pruebas realizadas durante todo el proceso de implementación así como el diseño piloto y final de la interface para los equipos *RoIP-102*.

5.1 Interface para las radios con el RoIP-102

5.1.1 Cálculo de ancho de pista para placa de interface.

El diseño del interface se realizó previo investigación de requerimientos de los equipos a ser conectados, las mismas que son:

- ✓ Puertos a conectar del equipo *RoIP-102*.
- ✓ Alimentación del equipo *RoIP-102*.
- ✓ Conversión de audio analógico en audio digital de la radio.
- ✓ Tipos de conectores disponibles.

El cálculo de la pista de la tarjeta *PCB* se rige a la norma IPC -2221 “*General Standard on Printed Board Design*”, (Tabla 5.1), la misma que presenta la siguiente fórmula:

$$\text{Ancho de pista} = \frac{\left[\frac{I}{(k_1 * \Delta T^{k_2})} \right]^{\frac{1}{k_3}}}{(L * 1,378)}$$

Tabla 5.1 Descripción de las constantes de la fórmula para calcular el ancho de la pista en una PCB

Nomenclatura	Definición
I	Corriente máxima a circular por la pista.
k_1	Constante definida por la norma IPC-222, 0,024 para pistas internas y 0,048 para pistas externas.

k_2	Constante definida por la norma IPC-222, 0,44 para pistas internas y externas.
k_3	Constante definida por la norma IPC-222, 0,725 para pistas internas externas.
T	Aumento de temperatura, esta define qué tanto más, por encima de la temperatura ambiente, se va a calentar la pista una vez se le aplique la corriente programada.
L	Espesor del cobre de la placa, medidas estándar 1, 2 y 3 oz/ft ² , es decir, 35, 70 y 105 micras (um).
1,378	Constante de conversión de milímetros a pulgadas.
39,37	Constante de conversión de milésimas de pulgada a milímetros.

Sustituyendo los datos respectivos, se tiene que el ancho de pista a diseñar corresponde a 0.3004 mm.

$$\text{Ancho de pista} = \frac{\left[\frac{1}{(0,048 * 10^{0,44})} \right]^{0,725}}{(1 * 1,378)}$$

$$\text{Ancho de pista} = \frac{[7,5641]^{0,725}}{(1 * 1,378)}$$

$$\text{Ancho de pista} = \frac{16,2960}{1,378}$$

$$\text{Ancho de pista} = 11.8258 \text{ mil}$$

$$\text{Ancho de pista} = \frac{11.8258 \text{ mil}}{39.37}$$

$$\text{Ancho de pista} = 0.3004 \text{ mm}$$

5.1.2 Diseño de tarjeta interface mediante Proteus Design Suite™.

La tarjeta de interface dispone de un circuito temporizador usando un amplificador operacional y un relé. Normalmente los equipos *RoIP-102*, al momento de ser energizados, tienen un tiempo mínimo para sincronizarse y estar activos. El equipo *RoIP-102* en configuración *proxy* debe ser el primero en inicializarse, seguido del equipo *RoIP-102* en configuración *peer*. Mediante pruebas realizadas, se confirmó que la diferencia de

encendido entre cada RoIP-102 debe ser de 8 a 10 segundos, con este tiempo se garantiza que los dos equipos se sincronicen sin problemas. El diseño del circuito, se realizó mediante el software para diseño de circuitos PCB, *Proteus Design Suite™*. La figura 5.1 muestra el esquema general con los elementos a emplearse.

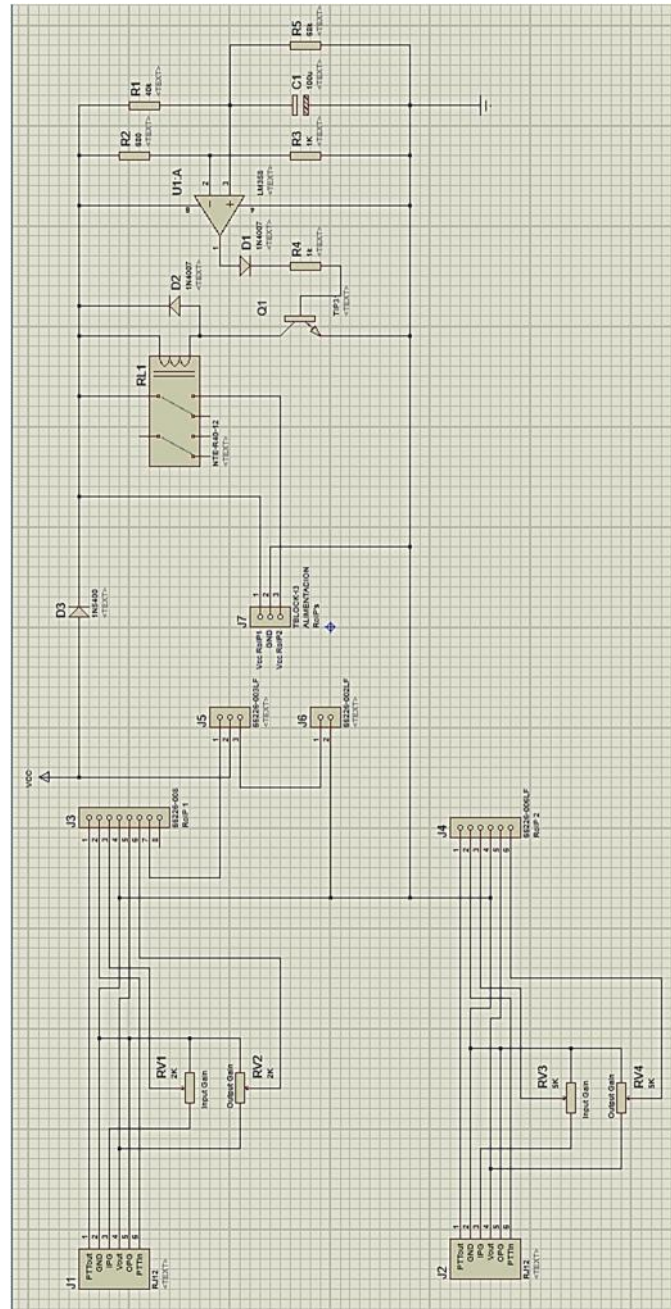


Figura 5.1 Esquema de la Interface del RoIP con las radio bases.

La disposición de los elementos en la *PCB* del circuito, están distribuidos de la siguiente forma (figura 5.2), en los extremos de la tarjeta están las interfaces de los *RoIP* con las Radio Bases, y en la parte central de la tarjeta se encuentra el circuito temporizador, es el que ayudará a que los dos equipos *RoIP* se sincronicen de una manera adecuada.

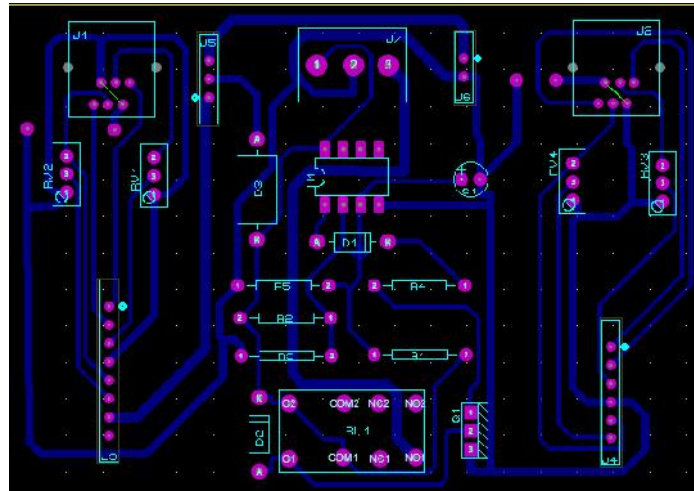


Figura 5.2 Esquema PCB diseñado en Proteus.

La figura 5.3 detalla mediante vista 3D la disposición física de los componentes que se utilizaron.

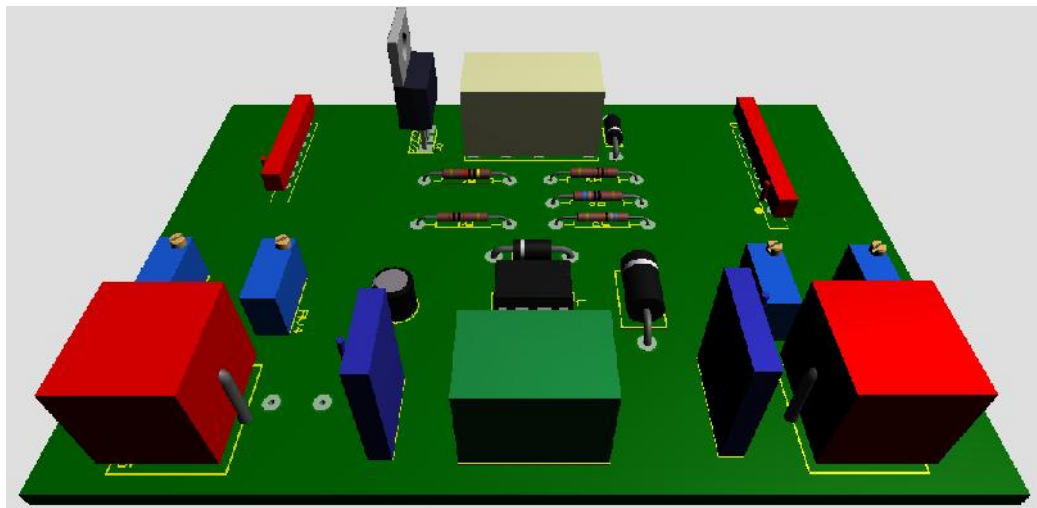


Figura 5.3 Esquema PCB diseñado en Proteus en vista 3D.

Se procedió a obtener el circuito impreso de interface mediante el uso de cloruro férrico (Figura 5.4).



Figura 5.4 Uso de cloruro férrico para obtener el circuito impreso.

La Figura 5.5 muestra la *PCB* luego de que el ácido férrico hizo su trabajo, después se procede al montaje de los componentes electrónicos respectivos.

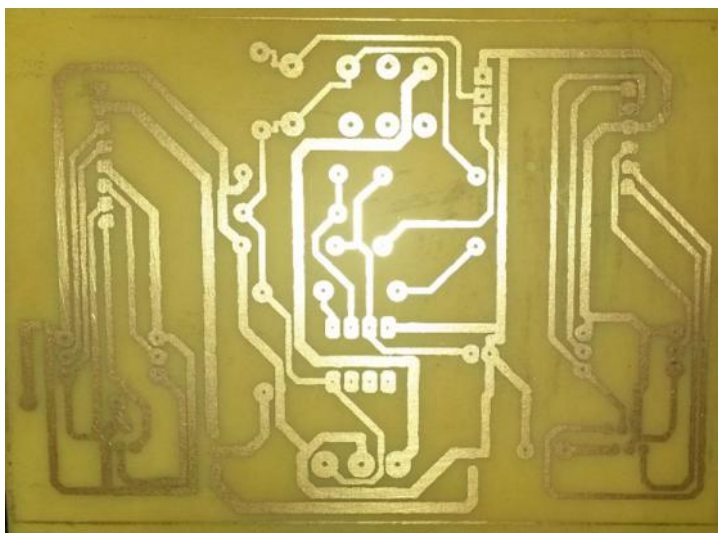


Figura 5.5 Placa PCB.

Se procedió a desarmar la caja del relé original de las radios (Figura 5.6a hasta 5.6f), para nuestro fin se utilizó el conector hembra del cable MIL-C-3432E.



Figura 5.6a



Figura 5.6b

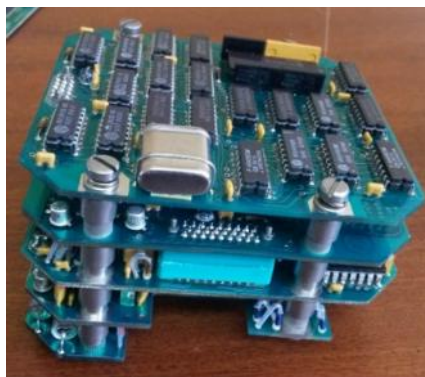


Figura 5.6c



Figura 5.6d



Figura 5.6e



Figura 5.6f

Figura 5.6 Secuencia de desarmado del relé original de la radio base (a, b) Caja original, (c) Tarjeta interna (d, e), Conectores a emplearse, (f) Tapa metálica

Al tener el conector fuera del relé, se procedió a desoldar los cables originales que estaban conectados (Figura 5.7), para luego soldar un cable de conexión multifilar en el conector hembra del cable MIL-C-3432E, la figura 5.8 muestra las conexiones en los pines C, M, B, F, E y N anteriormente citados.



Figura 5.7 Conector hembra del cable MIL-C-3432E con sus conexiones originales.



Figura 5.8 Conexiones en conector hembra MIL-C-3432E.

La figura 5.9 muestra la tarjeta de interface ya completa, la misma que será ensamblada junto con las tarjetas de los equipos *RoIP-102* dentro de la caja del relé.



Figura 5.9 Placa final para interface de equipos *RoIP-102*.

Una vez ya terminada de ensamblar la tarjeta que servirá como interface, se realizaron pruebas de la misma (figura 5.10), antes de realizar el montaje junto a los equipos *RoIP-102*.



Figura 5.10 Prueba del interface, previo montaje dentro de la caja del relé.

Como penúltimo paso se colocó la tarjeta de interface y las tarjetas de los *RoIP*-102 dentro de la caja del relé, acomodando todo debidamente aislado de la carcasa metálica. Esto se aprecia en la figura 5.11.



Figura 5.11 Placa interface y placas de los RoIP colocadas dentro de la caja del relé.

Finalmente se cerró la caja del relé y se conectaron las radio bases (Figura 5.12), se hicieron nuevamente pruebas respectivas (figura 5.13), verificando el correcto funcionamiento del interface diseñado.



Figura 5.12 Interface entre la radio bases y los RoIP en funcionamiento.



Figura 5.13 Prueba realizada con la caja final de interface.

Previo a este interface se realizó otro prototipo (Figuras 5.14, 5.15 y 5.16), este otro interface está dentro de una caja plástica, que por motivos de mayor duración, espacio y mejor seguridad al momento de transportar se vio una mejor opción armar el interface dentro de la caja del relé original.

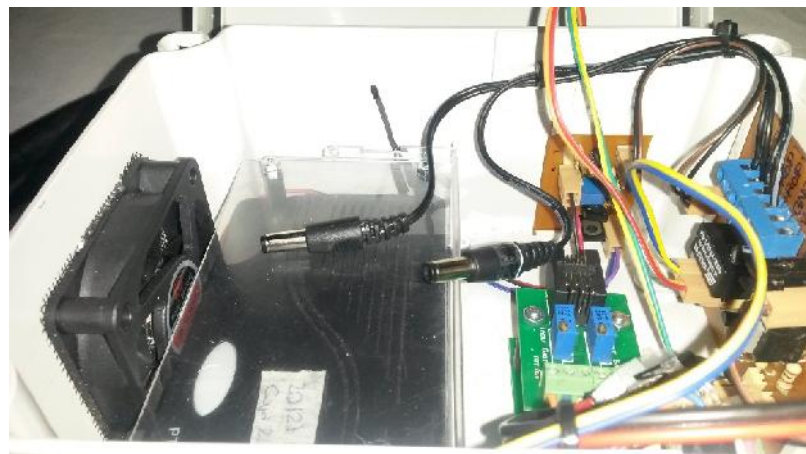


Figura 5.14 Caja interface plástica (armado).



Figura 5.15 Caja interface plástica (vista lateral).



Figura 5.16 Caja interface plástica (final).

5.2 Pruebas realizadas mediante llamadas realizadas entre equipos.

Para verificar la correcta configuración de los equipos, se realizaron llamadas entre los diferentes hosts detallados en el diagrama de conexiones y direccionamiento *IP* detallado en la Figura 4.4, siendo estas desde la extensión 100 a la extensión 104.

5.2.1 Llamada entre equipo portatíl y Teléfono IP1

Se detalla en las Figuras 5.17, 5.18 y 5.19.



Figura 5.17 Estado de llamada en softphone (portatil1 y telefonoip1).



Figura 5.18 Estado de llamada en Teléfono IP (portatil1 y telefonoip1).

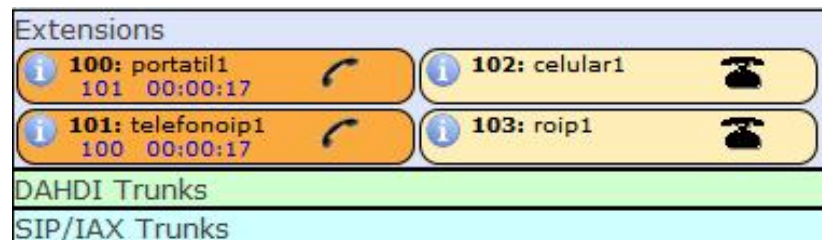


Figura 5.19 Estado de llamada en la Central IP (portatil1 y telefonoip1).

5.2.2 Llamada entre Teléfono IP1 y celular1.

Se detalla en las Figuras 5.20 y 5.21.

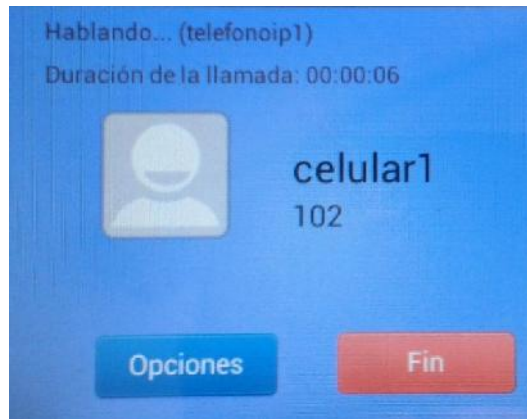


Figura 5.20 Estado de llamada Teléfono IP (telefonoip1 y celular1).

Extensions	
<i>i</i> 100: portatil1	<i>i</i> 102: celular1 101 00:00:12
<i>i</i> 101: telefonoip1 102 00:00:12	<i>i</i> 103: roip1
DAHDI Trunks	
SIP/IAX Trunks	

Figura 5.21 Estado de llamada en la Central IP (telefonoip1 y celular1).

5.2.3 Llamada entre portátil1 y celular1.

Se detalla en las Figuras 5.22 y 5.23.



Figura 5.22 Estado de llamada en softphone (portátil1 y celular1).

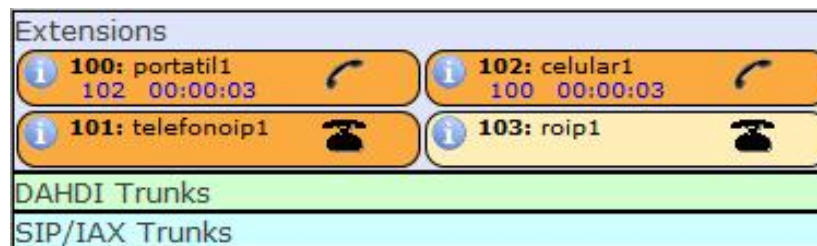


Figura 5.23 Estado de llamada en la Central IP (portátil1 y celular1).

5.3 Llamadas realizadas a equipo RoIP-102.

Al realizar la llamada de un equipo hacia el *RoIP*-102, se activa el *PTT* en estado alto al seleccionar el número 1 y, *PTT* en estado bajo al seleccionar el número 0. El *led* de color verde se enciende al recibir 1 y se apaga al recibir 0. Esta prueba se verifico en cada llamada efectuada.

5.3.1 Llamada realizada entre Portátil1 y RoIP-102.

Se detalla en las Figuras 5.24, 5.25 y 5.26.



Figura 5.24 Estado de llamada en softphone (portátil y roip1).



Figura 5.25 PTT entre portátil y RoIP-102

Extensions	
100: portatil1 103 00:00:04	102: celular1
101: telefonoip1	103: roip1 100 00:00:04
DAHDI Trunks	
SIP/IAX Trunks	

Figura 5.26 Estado de llamada en la Central IP (portatil1 y roip1).

5.3.2 Llamada realizada entre Teléfono IP y RoIP-102

Se detalla en las Figuras 5.27 y 5.28).



Figura 5.27 PTT entre Teléfono IP y RoIP-102.

Extensions			
100:	portatil1		
102:	celular1		
101:	telefonoip1		
	103 00:00:02		
103:	roip1		
	101 00:00:02		
DAHDI Trunks			
SIP/IAX Trunks			

Figura 5.28 Estado de llamada en Central IP (telefonoip1 y roip1).

5.3.3 Llamada realizada entre celular1 y RoIP-102

Se detalla en las Figuras 5.29 y 5.30.



Figura 5.29 PTT entre celular1 y RoIP-102.

Extensions	
100: portatil1	102: celular1 103 00:00:05
101: telefonoip1	103: roip1 102 00:00:05
DAHDI Trunks	
SIP/IAX Trunks	

Figura 5.30 Estado de llamada en la Central IP (celular 1 y roip1).

5.4 Llamadas realizadas mediante conexión por VPN

Como prueba adicional, se realizaron llamadas entre los diferentes hosts, mediante la conexión de una red virtual. Con esto se garantiza que las configuraciones y comunicación se realicen sin problema, a más de elevar los niveles de seguridad dentro de la red correspondiente.

La figura 5.31 muestra los hosts que se encuentran conectados a la VPN, cada uno tiene asignada una dirección IP dinámica mediante DHCP, con el objetivo de evitar conflicto con las direcciones IP estáticas asignadas a los host del diagrama general de direccionamiento.

The screenshot shows the PPP configuration page with the 'Active Connections' tab selected. A table lists three active connections:

	Name	Service	Caller ID	Encoding	Address	Uptime
L	vpn	pptp	186.43.193.18	MPPE1...	192.168.10.200	00:37:54
L	vpn	pptp	186.70.227.69	MPPE1...	192.168.10.198	00:11:22
L	vpn	pptp	186.43.193.18	MPPE1...	192.168.10.199	00:09:04

Figura 5.31 Conexión de hosts a la VPN.

Se observa en la Figura 5.32 los niveles de transmisión de datos, durante cada una de las llamadas.

The screenshot shows the 'Interface List' with a table of data transmission statistics:

	Name	Type	L2 MTU	Tx	Rx	Tx Pac...	Rx Pac...
DR	<pptp-vpn-1>	PPTP Server		94.1 kbps	98.3 kbps	52	52
DR	<pptp-vpn-2>	PPTP Server		79.2 kbps	79.2 kbps	50	50
DR	<pptp-vpn>	PPTP Server		13.0 kbps	950 bps	2	3
R	ether1-gateway	Ethernet	1600	237.2 kbps	240.6 kbps	106	129
R	ether2-master-l...	Ethernet	1598	192.2 kbps	188.0 kbps	102	102

Figura 5.32 Transmisión de datos durante las llamadas en la VPN.

Las figuras 5.33, 5.34 y 5.35 detallan el panel de control en la central IP Elastix, en donde se registran las llamadas realizadas entre host.

The screenshot shows the 'Extensions' panel in Elastix with several active calls:

Extension	Label	Status
100	portatil1	Active (00:00:05)
101	telefonoip1	Active
102	celular1	Active
103	roip1	Active
104	celular2	Active (00:00:05)
105	celular3	Active

Below the extensions, there are sections for 'DAHDI Trunks' and 'SIP/IAX Trunks'.

Figura 5.33 Llamada realizada mediante VPN (portátil1 y celular2).

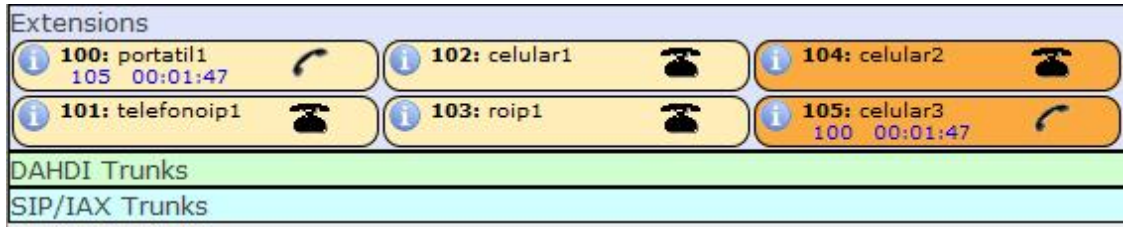


Figura 5.34 Llamada realizada mediante VPN (portátil1 y celular2).

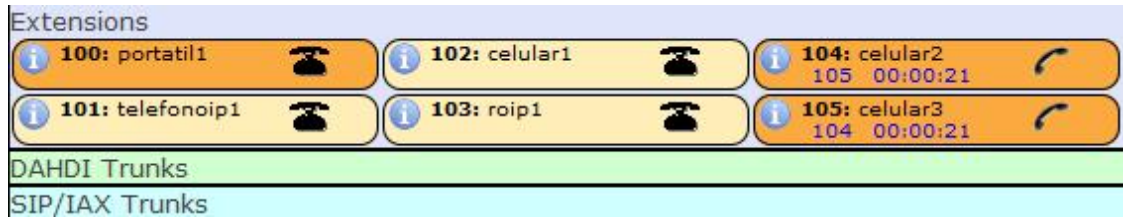


Figura 5.35 Llamada realizada mediante VPN (celular2 y celular3).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Conclusiones:

- Los sistemas de telecomunicación digitales son el futuro referido a métodos de comunicación, para nuestro proyecto se utilizaron los servicios de internet que permiten comunicar equipos mediante interfaces que se basen en el uso de redes virtuales.
- Se entregaron dos cajas de interface para los equipos RoIP-102, siendo estas un prototipo y modelo final. Varios cambios se realizaron durante el diseño del circuito *PCB*, se tomaron en cuenta algunas observaciones para el armado, optimización de espacio dentro de las cajas, a más que el material sea resistente al medio ambiente.
- Las pruebas realizadas en la tarjeta de interface para los equipos *RoIP-102*, cumplieron los requerimientos para su correcto funcionamiento. Al momento estas interfaces se encuentran en funcionamiento en zonas al aire libre, dicha localización es restringida y se encuentra bajo el cuidado de las autoridades de la Tercera Zona Militar de Tarqui.
- Las pruebas realizadas con la Central *IP* y los host se realizaron sin problemas. La configuración de los equipos RoIP-102, router Mikrotik RB750 y Central *IP* Elastix, se realizó tomando en cuenta los procedimientos correctos para enrutamiento, así como la configuración más adecuada para cada uno de ellos.
- La implementación de los diferentes hosts: Teléfonos *IP*, equipos portátiles y *PC* de escritorio, celulares, *tablets* y demás que permitan comunicarse mediante el uso de *software* de comunicación *Softphone*, ayudara al mejoramiento de las comunicaciones en el recinto militar, además de la reutilización de los diferentes modelos de radio bases existente en dicho lugar.

Recomendaciones:

- El diseño del circuito *PCB* puede mejorarse, tomando en cuenta el espacio y las nuevas necesidades que se presenten. Se recomienda utilizar un filtro, en caso que las comunicaciones presenten ruido al momento de realizarse.
- Al momento existen equipos *RoIP* versión 320, los mismos presentan más prestaciones y bondades en comparación que los equipos *RoIP-102*. Obviamente el precio de los mismos tiene una diferencia considerable. Se recomienda implementar dichos equipos con el objetivo de mejorar el proyecto actual.
- Si el servidor *VPN* se encuentra en un nivel de jerarquía menor en relación a otro router, se recomienda realizar en el router de frontera, un re-direccionamiento de puertos apuntando hacía el servidor *VPN*.

BIBLIOGRAFIA



- Arcotel*. (2016). Obtenido de <http://www.arcotel.gob.ec>
- Bit Inventions. (2015). *Bit Inventions*. Recuperado el 26 de diciembre de 2015, de <http://www.bitinventions.com>
- Bonilla Rivas, W. A. (2015). *Interconexión de Radios de VHF con Plantas Telefónicas IP*. San Salvador.
- Caballar, J. A. (2008). *VoIP: La telefonía de Internet*. Madrid: Clara de la Fuente Rojo.
- Ejército Ecuatoriano. (2015). Obtenido de Ejército Ecuatoriano: www.ejercitoecuadoriano.mil.ec
- Fathi, F. (MAYO de 2012). RADIO OVER INTERNET PROTOCOL (ROIP). Recuperado el 12 de octubre de 2015
- Guanín Pilco, C. J., & Bustillos Allauca, E. M. (2011). *Implementación de un sistema de radio frecuencia con VoIP bajo Software Libre para el Consejo Provincial de Chimborazo*. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Icom America Inc. (2016). *ICOM*. Recuperado el 26 de diciembre de 2015, de www.icomamerica.com/es
- Icom Inc. (2015). *ICOM Global*. Obtenido de <http://www.icom.co.jp>
- Jaramillo Laverde, E. O. (2014). *Sistema de telecomunicaciones RoIP (radio over IP) con la fusión de las tecnologías analógicas y digitales para mejorar la comunicación entre los radioaficionados del Ecuador*. Quito: Universidad Politécnica Salesiana.
- Ofcom. (2015). *Ofcom*. Recuperado el 12 de Noviembre de 2015, de Independent regulator and competition authority: <http://www.ofcom.org.uk>
- Proyectos SIS ECU-911. (2016). Recuperado el 2 de enero de 2016, de <https://prezi.com>
- Radioenlaces Fijos Terrestres Pdh-Sdh. (2016). *radiocomunicaciones.net*. Obtenido de www.radiocomunicaciones.net
- Ramos, F. (2010). *Radiocomunicaciones*. Marcombo Ediciones técnicas.
- Riofrío Córdova, A. A. (2015). *Solucion Basada en RoIP como sistema alternativo o complementario para servicios troncalizados complementarios de misipon crítica*. Quito: Universidad Pontificia Católica del Ecuador.
- TECTEL. (26 de Diciembre de 2015). *Tectel*. Obtenido de <http://74.115.212.250/~tectel>
- UIT. (2015). *UIT*. Obtenido de <http://www.itu.int>

Unidos con Israel. (1 de marzo de 2015). *Unidos con Israel, El movimiento mundial por Israel*. (© Unidos con Israel 2016) Recuperado el 26 de diciembre de 2015, de <http://unitedwithisrael.org/es>

ANEXOS

Anexo 1: Oficio de aceptación referido a la implementación del tema de tesis “Integración de Sistemas de Telefonía IP con Sistemas Convencionales de Radio Frecuencia”, por parte de la Tercera División de Ejército “Tarqui”.

REPÚBLICA DEL ECUADOR

 **EJÉRCITO ECUATORIANO**
TERCERA DIVISIÓN DE EJÉRCITO “TARQUI” 

EL ECUADOR HA SIDO ES
Y SERÁ PAIS AMAZÓNICO

Oficio N° 15-IIIDE-cc-204

Cuenca, viernes, 30 de octubre de 2015

Asunto: Oficio

Doctor
Hugo Torres
**DIRECTOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
DE LA UNIVERSIDAD DEL AZUAY**


Presente


De mi consideración

En referencia a la solicitud de fecha 22 de octubre del 2015, por medio del presente manifestó la aceptación para que el señor José Mauricio Guamán Sinchi con código 24278 y el señor Darío Fernando Astudillo con código 25695, estudiantes de la carrera de Ingeniería Electrónica, realicen la implementación del tema de tesis “INTEGRACIÓN DE SISTEMAS DE TELEFONIA IP CON SISTEMAS CONVENCIONALES DE RADIO FRECUENCIA” y comunicarles que el horario de acceso a las instalaciones del Fuerte Militar “TARQUI” ha sido establecido de lunes a viernes de 7:30 hasta las 9:30, en el periodo comprendido del 4 de noviembre del 2015 hasta el 31 de marzo del 2016, horarios y fechas que se cumplirán estrictamente.

Además solicitarles a los estudiantes que se apeguen a las normas establecidas dentro del Fuerte Militar Tarqui, manteniendo completa **confidencialidad** de la información que se les otorgue y de las zonas en las cuales tengan acceso.

Atentamente,
DIOS, PATRIA Y LIBERTAD


Roberto Rubio Mesías
General de Brigada
COMANDANTE



GVG/MTT

www.ejercitodeecuador.mil.ec Calle Hno. Miguel s.n. y Rafael María Arizaga
Teléfono: 072839574 / 072832823

Anexo 2: Certificado de finalización referido al tema de tesis “Integración de Sistemas de Telefonía IP con Sistemas Convencionales de Radio Frecuencia”, por parte de la Tercera División de Ejército “Tarqui”.

REPÚBLICA DEL ECUADOR



EL ECUADOR A SIDO ES
Y SERÁ PAÍS AMAZÓNICO

EJÉRCITO ECUATORIANO
TERCERA DIVISIÓN DE EJÉRCITO “TARQUI”



Cuenca, lunes, 15 de julio del 2016

Señor Ingeniero
Germán Zúñiga
DECANO DE LA FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DE LA UNIVERSIDAD DEL AZUAY
Presente.-

De mi consideración:

Mediante la presente pongo a su conocimiento que el Señor DARIO FERNANDO ASTUDILLO AGUILERA, con número de cédula 010337604-2, código 25695 y el Señor JOSÉ MAURICIO GUAMÁN SINCHI, con número de cédula 010238006-0, código 24278, estudiantes de la Escuela de Ingeniería Electrónica de la Facultad de Ciencia y Tecnología, culminaron con total satisfacción la implementación del tema de tesis “INTEGRACION DE SISTEMAS DE TELEFONIA IP CON SISTEMAS CONVENCIONALES DE RADIO FRECUENCIA” en la Tercera División de Ejército “TARQUI”, la misma que inicio el 4 de noviembre del 2015, hasta el 15 de abril del 2016 en el horario que se les estableció.

Es todo en cuanto puedo informar.

Atentamente,



MAYOR MIGUEL TARIA
COMANDANTE DE LA CC III DE “TARQUI”