

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y
ELECTRÓNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**

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

**“ESTUDIO PARA LA MIGRACIÓN DEL SISTEMA
TRONCALIZADO DE LA FUERZA TERRESTRE DEL
ECUADOR DE UNA PLATAFORMA SMARTZONE A
UNA PLATAFORMA APCO P25 IP”.**

SRTA. GEOCONDA IVONNE CEVALLOS TACURI

SANGOLQUI – ECUADOR

2010

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente proyecto de grado titulado **“ESTUDIO PARA LA MIGRACIÓN DEL SISTEMA TRONCALIZADO DE LA FUERZA TERRESTRE DEL ECUADOR DE LA PLATAFORMA SMARTZONE A LA PLATAFORMA APCO P25 IP”**, ha sido desarrollado por en su totalidad por la Srta. Geoconda Cevallos

Atentamente

Ing. Darío Duque
DIRECTOR

Ing. José Robles Salazar
CODIRECTOR

RESUMEN DEL PROYECTO DE GRADO

El presente estudio para la migración del Sistema troncalizado de la Fuerza Terrestre del Ecuador de la plataforma SmartZone a la plataforma APCO P25 IP. Se basa en la necesidad de modernizar el sistema actual y adoptar nuevas tecnologías como es la tecnología IP.

La plataforma que ofrece APCO P25 IP es la acogida por la Fuerza terrestre del Ecuador ya que facilita una sutil migración del sistema troncalizado actual que es el SmartZone a APCO P25 IP. APCO está basado en el proyecto 25 que es una norma a nivel mundial. Además la tecnología IP está actualmente involucrada en todos los ámbitos de las comunicaciones de ahí la importancia de realizar un cambio en la tecnología que posee la FTE, para así estar preparados y listos a acoger nuevas tendencias tecnológicas que se originen a partir del protocolo IP.

Además que con esta nueva tecnología se pueden dar un sinnúmero de aplicaciones y aprovechar al máximo la migración del sistema troncalizado.

Al ser APCO la tecnología de migración a implantarse en la FTE los costos se reducen ya que al ser compatible con SmartZone se puede hacer rehusó de la infraestructura ya instalada de SmartZone, solo requiere un cambio en el Master Site y configuraciones en los sitios de repetición que en el documento se describen.

En resumen se tratará sobre todas las ventajas, beneficios, características, canalización, costo beneficio, etcétera.

DEDICATORIA

Hay muchas personas a quienes dedicarles mi proyecto de tesis ya que me han apoyado, ayudado y han aconsejado.

Este proyecto de grado le dedico a mi padre que es por quien siempre me esmerado y ha sido mi ejemplo a seguir, es por quien desee algún día ser ingeniera, a él y todas sus buenas enseñanzas gracias.

AGRADECIMIENTOS

Primero a Dios quien me ha dado salud, paciencia, sabiduría y la capacidad para alcanzar mis metas y objetivos.

Agradezco a mis padres por todo el apoyo que me han brindado porque me ha sabido guiar por el mejor camino, porque siempre ha habido de su parte un sabio consejo.

A quienes me alentaron y comprendieron siempre hermanos, mi enamorado, amigos, director y codirector, gracias a todos ellos. También a las personas miembros de la DISICOME porque siempre me prestaron toda la ayuda que yo he necesitado

PRÓLOGO

En la actualidad vivimos en un mundo que crece enormemente en el campo tecnológico todo está actualmente relacionado con el mundo de la tecnología. Hay muchos ingenieros, técnicos, científicos y demás personas en el mundo que se dedican a hacer nuestra vida mucho más fácil.

El mundo actual se orienta todo hacia IP, todo está relacionado con esto.

Las comunicaciones no son la acepción es más, es el medio que más se ha desarrollado con las nuevas tendencias tecnológicas. La necesidad de la comunicación y de mejorarla siempre nos llevara a actualizar y mejorar las comunicaciones.

El Ejército como fuerza de defensa del territorio, zona o país se ve en la necesidad constante de comunicarse para informar la situación, sea cual fuere la circunstancia.

La Fuerza Terrestre del Ecuador posee un sistema de comunicaciones que cumple con las finalidades para las cuales fue implementado, pero se ve ahora en la necesidad de modernizar este sistema troncalizado a IP, para avanzar a la par con un mundo tecnológico en desarrollo, porque no se puede ver una fuerza tan importante dentro del país con una tecnología de menores características a comparación con el resto de Latinoamérica o el mundo.

De allí la necesidad de adquirir una nueva tecnología que priorice la voz ante los datos, ya que en circunstancias reales la comunicación es por medio de mensajes de voz que se deben llevar a cabo en el momento oportuno con la prioridad de que se le otorgue a cada una de estas llamadas, dándole a las llamadas la importancia que cada una de ellas amerite.

Es importante que se busque una tecnología que optimice los recursos y asegure el cumplimiento de las misiones encomendadas a la Fuerza Terrestre. Además de que garantice su compatibilidad con la tecnología actual para poder hacer rehusó de los equipos instalados actualmente.

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	IX
ÍNDICE DE FIGURAS.....	X
GLOSARIO.....	XI
CAPITULO I.....	13
INTRODUCCIÓN.....	13
1.1 ANTECEDENTES.....	13
1.2 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	16
1.3 ALCANCE.....	17
1.4 OBJETIVOS.....	18
1.4.1 OBJETIVO GENERAL.....	18
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
1.5 METODOLOGÍA.....	19
1.6 RESUMEN DE LOS CAPÍTULOS.....	20
1.6.1 Capítulo I: Introducción.....	20
1.6.2 Capítulo II: Marco Teórico.....	20
1.6.3 Capítulo III: Migración de SmartZone 3.z a APCO P25 IP.....	20
1.6.4 Capítulo IV: Análisis Financiero.....	20
1.6.5 Capítulo V: Conclusiones y Recomendaciones.....	20
CAPITULO II.....	21
MARCO TEÓRICO.....	21
2.1 SITUACIÓN ACTUAL.....	21
2.1.1 Sistema troncalizado SmartZone versión 3.z.....	21
2.1.2 Características del sistema troncalizado SmartZone versión 3.z.....	22
2.1.3 Descripción del sistema de radio.....	30
2.1.4 Zonas de cobertura del sistema troncalizado.....	34
2.2 SISTEMA TRONCALIZADO APCO P25 IP.....	36
2.2.1 Características del Sistema Troncalizado APCO P25.....	38
2.2.2 SmartZone 3.z vs. APCO P25.....	39
CAPITULO III.....	41
MIGRACIÓN DE SMARTZONE 3.Z A APCO P25 IP.....	41
3.1 ANÁLISIS Y REGULACIÓN DEL ESPECTRO A SER UTILIZADO.....	41
3.1.1 Eficacia Espectral.....	49
3.1.2 Calidad de Audio Mejorada.....	50
3.2 ANÁLISIS DE LA TECNOLOGÍA DEL SISTEMA APCO P25.....	51
3.2.1 Descripción del Sistema.....	51
3.2.2 Componentes del Sistema ASTRO 25.....	52
3.2.3 Sitio Maestro.....	53
3.2.4 Sitios de Repetición.....	54

3.2.5 Diagrama del Sistema.....	55
3.3 VENTAJAS DE APCO P25.....	59
3.3.1 Interoperabilidad.....	59
3.3.2 Retro Compatibilidad.....	60
3.3.3 Capacidad de Encriptación.....	60
3.3.4 Ventajas de ASTRO 25.....	61
3.4 INTEGRACIÓN TECNOLÓGICA SMARTZONE 3.Z A APCO P25.....	66
3.4.1 Evolución desde la plataforma de circuitos conmutados.....	67
3.5 DISEÑO EN LA RED DE ACCESO.....	68
3.5.1 Cálculo de Canales.....	68
3.5.2 Ejemplos de Cálculos.....	71
3.5.3 Controlador Principal y Secundarios.....	96
3.6 DISEÑO EN LA RED DE TRANSPORTE.....	76
3.7 INTEGRACIÓN DE SERVICIOS DEL SISTEMA TRONCALIZADO.....	80
3.7.1 ASTRO 25.....	80
3.7.2 Movilidad.....	81
3.7.3 Usuario.....	81
3.7.4 Consola de Despacho.....	82
3.7.5 Gestión de Red.....	83
3.7.6 Sitios de Repetición.....	83
3.7.7 Datos del Sistema.....	83
3.7.8 Encriptación de Voz.....	83
3.7.9 Suscriptores.....	84
3.8 EQUIPOS NECESARIOS PARA LA MIGRACIÓN DEL SISTEMA TRONCALIZADO.....	85
Capítulo IV.....	94
ANÁLISIS FINANCIERO.....	94
4.1 PRESUPUESTO DE EQUIPO YA IMPLEMENTADO SMARTZONE 3.Z.....	94
4.2 PRESUPUESTO DE EQUIPO A IMPLEMENTAR APCO P25.....	98
4.2.1 Controlador Principal y Secundarios.....	98
4.2.2 Análisis costo beneficio.....	101
Capítulo V.....	103
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	103
5.1 CONCLUSIONES.....	103
5.2 RECOMENDACIONES.....	105

ÍNDICE DE TABLAS

Capítulo I

Tabla 1.1. Sitios de Repetición Trunking Existentes a ser migrados.....	14
Tabla 1.2. Sitios de Repetición que se encuentran fuera de servicio.....	15

Capítulo II

Tabla 2.1. Descripción Sitio de Principal 1997.....	30
Tabla 2.2. Detalle de suscriptores.....	30
Tabla 2.3. Sitios de Repetición y canalización.....	31
Tabla 2.4. Terminales trunking existentes.....	33

Capítulo III

Tabla 3.1. Características del Sistema según contrato concesión de frecuencias.....	42
Tabla 3.2. Atribución de Bandas de Frecuencias.....	47
Tabla 3.3. Sitios con su número de terminales.....	70
Tabla 3.4. Resultados Aplicación Fórmulas.....	74

Capítulo IV

Tabla 4.1. Fase I.....	95
Tabla 4.2. Fase II.....	95
Tabla 4.3. Fase III.....	96
Tabla 4.4. Modernización radio enlaces.....	96
Tabla 4.5. Fase IV.....	97
Tabla 4.6. Inversión en Radio Portátiles y móviles.....	97
Tabla 4.7. Total Inversión SmartZone.....	97
Tabla 4.8. Costo Estimado de la migración.....	100
Tabla 4.9. Costo Beneficio.....	102

ÍNDICE DE FIGURAS E IMÁGENES

Capítulo II

Figura 2.1. Zonas de cobertura con radios portátiles.....	34
Figura 2.2. Zonas de cobertura con radios móviles.....	35

Capítulo III

Figura 3.1. Eficiencia espectral P25.....	49
Figura 3.2. Comparación de canal análogo a P25 en la Fase I.....	50
Figura 3.3. Diagrama de zonas ASTRO@25.....	51
Figura 3.4. Diagrama Sitio maestro.....	54
Figura 3.5. Diagrama Sitios de Repetición.....	54
Figura 3.6 Diagrama del sistema.....	55
Figura 3.7. Visión de los sistemas ASTRO 25.....	56
Figura 3.8. Arquitectura Actual SmartZone.....	57
Figura 3.9. Arquitectura ASTRO 25.....	58
Figura 3.10. Actualización de Sitios de Repetición Existentes.....	58
Figura 3.11. Compatibilidades.....	60
Figura 3.12. Cambio de Arquitectura.....	61
Figura 3.13. Cuadros de diseños de integración de redes tradicionales a IP.....	63
Figura 3.14. Plataforma ASTRO 25 flexible.....	64
Figura 3.15. Arquitectura ASTRO basada en Circuitos.....	67
Figura 3.16. ASTRO 25 Arquitectura basada en paquetes.....	67
Figura 3.17. Sistema troncalizado en el Ecuador.....	76
Figura 3.18. Forma de acceso a Cerro Salinas, Bomboli y Zapallo.....	78
Figura 3.19. Forma de Acceso a la región Sur del País.....	78
Figura 3.20. Acceso por medio de Carshau e Igualata.....	79
Figura 3.21. Acceso por medio de Cruz Loma.....	79
Figura 3.22. Eje Principal de Acceso.....	80

GLOSARIO

AGRUCOMGE	Agrupamiento de Comunicaciones y Guerra Electrónica
APCO	Association of Public-Safety Communications Officials- International (APCO)
APIC	APCO interfaz del proyecto 25
Backbone	Principales conexiones troncales
C4FM	Constant Envelope Frequency Modulation
CAI	Interfaz Común sobre el Aire
CAPPTG	Compliance Assessment Processes and Procedures Task Group
CGFT	Comandancia General de la Fuerza Terrestre
COMACO	Comando Conjunto
CQPSK	Compatible Differential Offset Quadrature Phase Shift Keying
Datagram	Es una unidad de transferencia básica asociada a una red de conmutación de paquetes
DIU	Digital interfase unit
dBm	Es el nivel de potencia en decibelios en relación a un nivel de referencia de 1 mW
DSMA	Digital Sense Multiple Access
DVI-XL	Es una variante de DVP-XL
DVP-XL	Es una propiedad de Motorola encryption algorithm using 32bit key encryption.
E1	Es un formato de transmisión digital
EVEN	Bit de paridad fija de modo que hay un número par de bits
FDMA	Frequency Division Multiple Access
FTE	Fuerza Terrestre del Ecuador
GOS	Grado de servicio
GSM	Global System for Mobile Communications
HDS	Sitios de datos de alta velocidad
HPD	Sitio de datos de alto rendimiento
IMBE	Es un Vocoder
IP	Internet protocol
IV&D	Integrated Voice and Data

LAN	local area network
ODD	Bit de paridad fija de modo que hay un número impar de bits
OTAR	Over The Air Re-keying
P25	Proyecto 25
PABX	Private Automatic Branch Exchange
PBX	Private Branch Exchange
PSC	Servicio de Comunicación Personal
PSTN	public switched telephone network
PTT	Push to Talk “Pulsar para Hablar”
Quantar	Repetidor inteligente
R2	Región 2
RF	Radio Frecuencia
RSSI	Intensidad de fuerza de la señal recibida
SmartZone	Plataforma propietaria de las características del sistema troncalizado (Zona inteligente)
T1	Es estándar de entramado y señalización para transmisión digital de voz y datos.
UCS	United Communication Services Limited
UHF	Ultra High Frequency
VHF	Very High Frequency
WAN	wide area network
ZDMS	Zone Defect Management with Slipping
ZSS	Protección de cortocircuito con control

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

La Fuerza Terrestre del Ecuador posee un sistema troncalizado en la plataforma SmartZone versión 3.z la cual ha venido funcionando a lo largo de 12 años dando cumplimiento a las tareas encomendadas. Y para que pueda dar un buen servicio se ha mejorado y actualizado.

Las actualizaciones se han llevado a cabo a lo largo de los 12 años. A continuación se resume el proceso de actualización del sistema troncalizado.

En el año de 1997 se instaló el Sistema Troncalizado en su primera fase, su sitio principal está en la ciudad de Cuenca y dispone de siete sitios de repetición.

En su segunda fase, en el año 2001 se realizó la ampliación del Sistema Troncalizado hacia el sector Norte del país, con la implementación de 6 nuevos sitios de repetición.

En su tercera fase, en el año 2004 se realizó la ampliación del Sistema Troncalizado en el sector Norte del país, que comprendió en el cambio de un sitio de repetición y la instalación de uno nuevo.

En el año 2008 se realizó la modernización de los radio enlaces digitales marca Moseley a Microondas marca CODAN (Equipos de microondas de banda ancha).

En el año 2009 se realizó la ampliación del sistema troncalizado, en su cuarta fase, que permitió la creación de 3 nuevos sitios de repetición.

Realizando un resumen económico de lo invertido por la fuerza terrestre del Ecuador en infraestructura y equipos del Sistema Troncalizado sería de alrededor de: \$ 15.532.000,00 dólares americanos, por lo que se torna importante no desechar toda esta inversión ya realizada, sino que se debe actualizar este sistema que ya viene funcionando por un lapso de 12 años en forma consecutiva con la plataforma SmartZone versión 3.z.

El sistema troncalizado de la Fuerza Terrestre del Ecuador posee 17 sitios de repetición distribuidos a lo largo del país. En la Tabla 1.1 se detalla el nombre con el que se identifica a los sitios y con su correspondientemente provincia.

Tabla. 1.1. Sitios de Repetición Trunking Existentes a ser migrados

	Sitio	Provincia
1	Cerro Las Cuevas	Carchi
2	Cotacachi	Imbabura
3	Condorcocha	Pichincha
4	Puengasí	Pichincha
5	Paschoa	Pichincha
6	Pilisurco	Tungurahua
7	Cacha	Chimborazo
8	Cerro Azul	Guayas
9	Hito Cruz	Azuay
10	Portete	Azuay
11	Chilla	El Oro
12	Morupe	Loja
13	Motilón	Loja
14	Villonaco	Loja
15	Zapallo	Esmeraldas
16	Bombolí	Santo Domingo de los Tsachilas
17	Salinas	Santa Elena

De los 17 sitios de repetición mencionados en la Tabla 1.1 Cinco de ellos se encuentran fuera de servicio, los sitios y razón se detallan en la Tabla 1.2.

Tabla. 1.2. Sitios de Repetición que se encuentran fuera de servicio.

#	Sitio de repetición	Novedad
1	HITOCRUZ	Se encuentra fuera de servicio el repetidor Quantar ¹ número 3 debido a problemas en la tarjeta de control del equipo.
2	CHILLA	Se encuentra fuera de servicio el repetidor Quantar número 3 debido a problemas en la tarjeta de control del equipo.
3	MOTILÓN	Se encuentra fuera de servicio el repetidor Quantar número 3 debido a problemas en la tarjeta de control del equipo.
4	VILLONACO	Se encuentra fuera de servicio el repetidor Quantar número 2 debido a problemas en la tarjeta de control del equipo.
5	PASOCHOA	Se encuentra fuera de servicio el repetidor Quantar número 4 debido a problemas en la tarjeta de control del equipo.

¹ Quantar: Repetidor inteligente

1.2 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

La FTE al disponer de un sistema con ciertas limitaciones de crecimiento en capacidad, cobertura y calidad de servicio se ve en la necesidad de migrar a un sistema troncalizado de excelentes cualidades técnicas, es por esto que debe migrar su sistema troncalizado a una plataforma IP. La infraestructura tecnológica, aplicaciones y servicios en una plataforma IP son de características flexibles y escalables.

Para poder migrar, es importante el rehusó de los equipos ya instalados por lo que se analizará una nueva plataforma compatible con el sistema troncalizado actual y que cumpla con todas las necesidades de la Fuerza Terrestre.

La migración permitirá proporcionar una mayor flexibilidad, cobertura y seguridad de la operación del sistema de comunicaciones troncalizado de la Fuerza Terrestre brindando un servicio confiable, permitiendo además, controlar y coordinar las acciones entre los diferentes Servicios y Unidades Militares sin que éstas pierdan su privacidad, salvaguardando la integridad personal, optimizando los recursos y asegurando el cumplimiento de las misiones encomendadas a la FTE.

El proyecto de tesis planteado analizará la plataforma que se utilizará para la migración del sistema troncalizado de la FTE. La plataforma de APCO P25 IP es de un estándar americano al igual que la plataforma SmartZone, de ahí que se haga el estudio bajo los mismos estándares Americanos de tal manera que la migración se realice de manera natural.

Como se indicó anteriormente se escogerá la plataforma APCO P25 IP, el cual utiliza Acceso Múltiple por División de Frecuencia (FDMA), basado en el proyecto 25 lo que es compatible con el sistema troncalizado actual SmartZone 3.z logrando compatibilidad con planes de frecuencia existentes, coexistencia con sistemas instalados y provee convergencia de servicios de voz y datos.

El sistema troncalizado APCO P25 IP satisface completamente las necesidades de la Fuerza Terrestre del Ecuador, dotándole de tecnología IP y de una buena relación costo beneficio de ésta.

Al margen de que un sistema basado en IP va a ofrecer básicamente servicios similares a los que puede ofrecer un sistema convencional, la mayor ventaja es que se simplifica el tratamiento de la información, el sistema transmite paquetes de la misma forma, ya sea voz o datos. La importancia radica en que se puede integrar estas dos plataformas, siendo estándares Americanos con un gran porcentaje de reutilización de los equipos que se tiene en la plataforma SmartZone 3.z.

1.3 ALCANCE

El proyecto lograra un estudio completo de la migración del sistema troncalizado SmartZone 3.z a APCO P25 IP donde se identificará y recomendará las nuevas interfaces, protocolos, beneficios, características y servicios que la migración aportara en beneficio para la Fuerza FTE.

Como se menciona, la finalidad del proyecto de grado es realizar un estudio completo para la migración del sistema troncalizado a una plataforma IP y consecuentemente, terminado el estudio se recomendará la actualización de los 17 puntos de repetición mencionados en la tabla 1.1.

Por tanto se debe realizar el estudio que tenga en cuenta la expansión del sistema troncalizado, es decir que la nueva plataforma del sistema troncalizado este susceptible a expansión, que sea capaz de adaptar a si misma nuevos puntos de repetición, debido a que la FTE siempre debe mantener una constante comunicación con todos los batallones y no en todos posee un sistema troncalizado por lo que es necesario la creación de nuevos sitios de repetición del sistema troncalizado.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General

Realizar un estudio para la migración del sistema troncalizado de la Fuerza Terrestre del Ecuador de la plataforma SmartZone a la plataforma APCO P25 IP, proporcionando interoperabilidad, cobertura, flexibilidad y seguridad a las actividades encomendadas a la Fuerza Terrestre a nivel Nacional.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Determinar la situación actual del sistema troncalizado SmartZone versión 3.z.
- Analizar la plataforma de comunicaciones, para modernizar el sistema de comunicaciones troncalizado SmartZone versión 3.z, que dispone la Fuerza Terrestre al estándar APCO P25 IP.
- Analizar la migración del Sistema troncalizado a tecnología IP considerando la actual infraestructura y equipos tanto en la red de acceso como en la red de Transporte.
- Analizar la integración de servicios actuales y futuros de las dos plataformas como sistemas troncalizados.
- Establecer costo-beneficio de esta migración a través de un análisis financiero de la nueva plataforma APCO P25 IP

1.5 METODOLOGÍA

La metodología a emplear en el desarrollo del estudio es la investigación.

La investigación es esencial en el proceso del conocimiento, porque no basta con percibir. Es necesario comprender y explicar, para poder predecir.

La investigación a realizarse será dependiendo del origen de información: documental, según el objeto del estudio: aplicada y según el nivel de medición y análisis de la información: cualitativa

La investigación documental se empleará para la elaboración del marco teórico – conceptual para formar un cuerpo de ideas del estudio.

La investigación Aplicada perseguirá fines de aplicaciones directas e inmediatas. Busca la aplicación sobre una realidad circunstancial antes que el desarrollo de teorías.

La investigación cualitativa, se basará en el análisis subjetivo e individual, con una investigación interpretativa, referida a lo particular.

1.6 RESUMEN DE LOS CAPÍTULOS

1.6.1 Capítulo I: Introducción

En este capítulo se realizará una presentación del estudio, en el cual se podrán ver los objetivos, antecedentes, justificación, metodología para el desarrollo del estudio, el alcance del Estudio y un breve resumen de los capítulos que van a estar presentes en la presente tesis.

1.6.2 Capítulo II: Marco Teórico

Este capítulo se mostrará la situación actual del sistema troncalizado SmartZone 3.z, características y descripción del sistema troncalizado APCO P25 IP.

1.6.3 Capítulo III: Migración de SmartZone 3.z a APCO P25 IP.

En este capítulo se realizará la comparación y análisis de ingeniería de los sistemas troncalizados SmartZone Versión 3.z y APCO P25 IP, sus ventajas, desventajas y finalmente la unificación necesaria para la migración entre plataformas.

1.6.4 Capítulo IV: Análisis Financiero

En este capítulo se mostrarán los costos invertidos ya en el sistema troncalizado Smartzone 3.z y los costos de modernización a APCO P25 IP, además se mostrará un estudio costo beneficio del análisis de factibilidad de la migración de sistemas.

1.6.5 Capítulo V: Conclusiones y Recomendaciones

En este capítulo se mostrarán las conclusiones a las que se han llegado al final del presente estudio para la migración de los sistemas troncalizados SmartZone 3.z a APCO P25 IP y también se darán recomendaciones a ser aplicables una vez finalizado el análisis de factibilidad.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 SITUACIÓN ACTUAL

La FTE posee un sistema troncalizado el cual ha venido operando durante 12 años cumpliendo con todas las tareas encomendadas, brindando seguridad, estabilidad y objetividad en el proceso. A continuación se analiza el sistema troncalizado SmartZone 3.z

2.1.1 Sistema troncalizado SmartZone versión 3.z

Es un Sistema Troncal que utiliza Sitios Múltiples con un número variable de Repetidores para cubrir áreas geográficas como una región, estado o país.

Siempre se ha requerido soluciones prácticas y seguras a la creciente necesidad de comunicación, para ofrecer una respuesta rápida a las mismas. La respuesta a estos requerimientos ha sido la tecnología de comunicación con su sistema de radio troncalizado SmartZone de Motorola.

El Sistema troncalizado SmartZone es el encargado de integrar a todas las repetidoras que se encuentran a lo largo y ancho del país.

El sistema troncalizado SmartZone que Motorola implementó para la FTE es un sistema de radio comunicaciones de área extendida que utiliza técnicas de transmisión múltiple, control y señalización digital para ofrecer máxima eficiencia en el uso de los canales de voz.

SmartZone fue una de las generaciones de sistemas troncalizados más avanzados en el mercado que cumplía con las necesidades de comunicaciones para áreas geográficas extensas. Su avanzado diseño permitió a la FTE. Realizar una amplia gama de comunicaciones individuales y de grupo utilizando varios niveles de prioridad a través de toda el área de cobertura del sistema, sin sacrificar facilidad de uso, sin competir por el uso de un canal de radiofrecuencia, ni sintonizar ningún canal en sus terminales para la transmisión de la información.

2.1.2 CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA TRONCALIZADO SMARTZONE VERSIÓN 3.Z

El sistema de comunicaciones troncalizado SmartZone posee varias características las cuales han sido aprovechadas por la FTE. Características que se mencionan a continuación.

- **Transmisión múltiple, control y señalización digital para optimizar los canales de voz.**

a) La programación y capacidad de memoria del Controlador de Zona ahora es de 3000 identificaciones para radios y 60 grupos de conversación administrables en consola.

b) Registro Automático En Sitio

El registro automático en sitio toma lugar cuando un radio circula de un sitio a otro. Los radios desempeñan esta función para mantener el controlador de zona actualizado con su posición.

c) Asignación Dinámica De Sitios

Asignación dinámica permite que el Controlador de Zona, asigne repetidores solo en los sitios donde se encuentran los radios del grupo que

están solicitando servicio. Como todos los radios tienen que enviar su identificación y sitio actual, el parámetro de Asignación Dinámica permite que el Controlador construya tablas de relaciones entre unidades, grupos, y sitios. El controlador entonces puede utilizar esta tabla para asignar repetidores solo en los sitios donde el grupo solicitante tiene miembros.

d) Intensidad de la fuerza de la señal recibida (RSSI)

Un radio usuario recibe el RSSI² para ayudar a determinar cuándo esta debería cambiar automáticamente su sitio de afiliación. El radio compara la fuerza de la señal de RF recibida de un canal de control en el sitio actual, con las señales recibidas de los sitios adyacentes. Los radios mantienen una lista de hasta 7 sitios adyacentes clasificados de acuerdo a la fuerza de la señal de RF. En la mayoría de los casos, cuando el radio recibe una señal del sitio adyacente que esta significativamente fuerte, este se desafila del sitio actual y se afilia con el nuevo sitio. Esta función actúa en conjunto con la de sitio preferido descrito a continuación.

e) Operación En Sitio Preferido.

La operación en sitio preferido es una característica del sistema que permite a un radio buscar el sitio de operación preferido, cuando se encuentra en el área de traslape entre dos sitios. Solo se puede programar un sitio preferido por personalidad, ninguno por grupo.

Esta característica ayuda con el uso eficiente de los recursos de canal. Si un grupo normalmente opera alrededor de un sitio, este puede cambiar a un sitio adyacente cuando se encuentran al extremo del área de cobertura. El cambio puede ser provocado por un desvanecimiento momentáneo del canal de voz asignado o una señal más fuerte de otro canal de control. Debido a la superposición de cobertura, es posible que el radio todavía esté al alcance del sitio preferido.

² RSSI: Término usado comúnmente para medir el nivel de fuerza de las señales recibidas en las redes inalámbricas

f) Exclusión De Sitio Ocupado.

Permite a usuarios seleccionados, solicitar otorgamiento de una llamada de grupo aun cuando uno o más sitios no tienen repetidores disponibles. Está operación solamente es aplicable a llamadas de grupo y no se puede usar para llamadas privadas. Sin exclusión del sitio ocupado, la solicitud no recibe servicio, hasta que un canal esté disponible en todos los sitios donde hay miembros del grupo registrados. Esto asegura que todos los miembros escuchan el mensaje.

La solicitud para exclusión de sitio será considerada una vez. La llamada tomará lugar en todos los sitios apropiados con un canal disponible. Los suscriptores en otros sitios se unirán a la llamada cuando un canal de voz se encuentre disponible en esos sitios.

g) Acceso De Usuario Crítico.

Permite que el Administrador del sistema pueda especificar hasta dieciséis (16) suscriptores por cada grupo, que deben estar incluidos en una llamada, si están actualmente afiliados a ese grupo. La llamada no puede comenzar hasta que un canal esté disponible en todos los sitios donde se encuentran los usuarios críticos afiliados.

h) Acceso por Preferencia

Permite que uno o más canales en uso sean reasignados a otra llamada. Esto ocurre al interrumpir la llamada en proceso en ese sitio y ser reasignado el usuario con ese canal.

Las llamadas con la prioridad más baja son las interrumpidas en los sitios donde el canal es necesitado por el usuario con esta capacidad. Generalmente llamadas que son interrumpidas en un sitio, pueden continuar en los otros sitios de repetición donde no se necesitan canales de voz para esta llamada. Esta es una capacidad muy poderosa y debe ser asignada a aquellos usuarios que requieran un canal de voz inmediatamente, sin tener que hacer una llamada de emergencia. Permite que usuarios importantes obtengan un canal inmediatamente.

i) Reagrupación Dinámica

Característica que permite que un supervisor por medio del Terminal de Gerencia cambie temporalmente la asignación de un radio en específico, a un grupo de conversación diferente al que normalmente pertenece, sin tener que reprogramar la estación. Para efectuar la reagrupación dinámica de una unidad de radio, esta unidad debe tener la capacidad de soportar dicha reagrupación y tener programado un canal para esta función.

Una vez que termine la emergencia el operador del Terminal de Gerencia, por medio de otro comando, debe reasignar estos individuos a sus grupos de conversación originales.

Esta reorganización ocurre mediante seriales de radio frecuencia (RF) emitidas por el canal de control del Sistema Troncalizado. Esto significa que las reagrupaciones dinámicas no afectan el rendimiento del sistema ya que no se ocupa un canal de voz para realizar dichas reagrupaciones.

j) Inhibición Selectiva de Unidades

Este comando inhabilita totalmente el radio y no le permite realizar ni recibir llamadas de ningún tipo, incluso no podrá escuchar el tráfico de comunicaciones de su propio grupo. El radio proveerá una indicación al Terminal de Gerencia de que la inhabilitación ha sido exitosa o no. De no ocurrir la inhabilitación el terminal continuará enviando la señal hasta que el radio quede inhabilitado exitosamente.

Por medio de otro comando, el terminal de gerencia, puede reincorporar el radio al sistema y este procederá a funcionar normalmente.

k) Densidad Variable

A diferencia de algunos sistemas de área expandida, el sistema Troncalizado de la F.T. "Smartzone", no requiere que cada sitio en el sistema tenga el mismo número de repetidores. Cada sitio puede ser equipado con el número de repetidores necesarios para la densidad de tráfico en ese sitio.

1) Área de Cobertura

Es importante mencionar que en toda el área de cobertura la calidad del audio es la misma, es decir tanto si el transceptor se encuentra cerca del repetidor o si se encuentra en las fronteras de la cobertura del sitio de repetición troncalizado.

- **Capacidad de hasta 28 canales por sitio.**

La característica de itinerancia RSSI extiende la capacidad de comunicación más allá del alcance de un emplazamiento con un solo enlace y permite la comunicación transparente. Al pasar de un emplazamiento a otro, dotado de telefonía de grupo cerrado, el radioteléfono conmutará y pasará a la señal más intensa que encuentre disponible.

- 48 sitios de repetición.
- Asignación dinámica de sitio.
- Repetidores inteligentes.
- 28 repetidores por sitio.
- 48.000 identificaciones individuales.
- 4.000 identificaciones de grupo.

- **Posibilidad de realizar varios tipos de llamadas:**

Los sistemas troncalizados permiten al usuario hacer una variedad de llamadas que son:

a) Llamadas de grupos: existen dos tipos básicos de llamada de grupos.

a.1) En Grupos De Conversación: esta es la unidad básica de comunicación de voz y representa comunicación regular de despacho entre múltiples usuarios; todos los radios están divididos en grupos de comunicación particulares. Los grupos generalmente están organizados a través de líneas departamentales, en el Ejército unidades militares.

Las personas dentro de un grupo pueden comunicarse con otros miembros del mismo grupo pero no con miembros de grupos diferentes.

a.2) Llamadas De Multigrupo: Un multigrupo es un grupo de grupos de conversación. Esto permite a los radios usuarios, transmitir un mensaje para dos o más grupos de conversación simultáneamente en el mismo canal de voz. La operación se puede conducir en uno de estos modos:

a.2.1) Multiselección. El enlace en este caso está activo solamente mientras el despachador está transmitiendo. Cuando el Despachador libera su PTT los usuarios regresan a sus grupos independientes de comunicación.

a.2.2) Parche. El enlace está activo hasta que el despachador físicamente lo desactiva. Todos los radios en los grupos involucrados pueden escuchar la comunicación de cualquier usuario que transmita un mensaje.

b) Llamadas Selectivas: son llamadas para un usuario específico.

b.1) Llamadas De Alerta: permite que un despachador, u otro radio, le envíe una señal de aviso a una unidad individual. Esto elimina la necesidad de intentar hacer contacto continuamente con un radio desatendido. Una unidad que recibe una Llamada de Alerta emitirá un tono y, si está equipado con pantalla, desplegará la identificación de la unidad que está llamando. La señal de alerta (tono o despliegue) se repetirá periódicamente hasta que el operador confirme su recepción apretando el PTT. La alerta continúa hasta que el usuario presione el PTT.

b.2) Conversación Privada: permite que los radios en el sistema, adecuadamente equipados, puedan conducir conversaciones privadas sin que los usuarios del mismo grupo de conversación escuchen. El operador entra en el modo de Conversación Privada, selecciona un radio marcando su identificación en el teclado, y presiona el PTT para iniciar la llamada. El radio que hace como objetivo recibe dos tonos que le indican al operador que ha recibido una llamada de Conversación Privada.

c) Señal De Emergencia

Una Señal de Emergencia consiste de una ráfaga de datos, que envía un radio al despachador por medio del canal de control. La utilización del canal de control, permite que los despachadores reciban una notificación instantánea de la condición de emergencia, aun, cuando el sistema está ocupado.

d) Llamada De Emergencia

Una Llamada de Emergencia será enviada por el canal de control cuando el radio está en modo de Emergencia y el PTT está presionado. Mientras que una señal de emergencia no requiere el uso de canal de voz, una llamada de emergencia sí lo requiere. Cuando recibe la señal de emergencia seguida por el PTT, el controlador asigna el más alto nivel de prioridad para acceso a un canal de voz al que mando la emergencia.

e) Interconexión Telefónica

Añade a las capacidades de un sistema Troncalizado, extendiendo su rango de comunicación, al uso de las facilidades telefónicas de servicio público.

- **Tiempo de acceso al canal de comunicación inmediato.**

En un sistema trunking todos los canales de tráfico pueden ser empleados para servir a un usuario. Su principal ventaja es la de asignar dinámicamente los canales según sea necesario y en tiempo real, con un tiempo de establecimiento de la comunicación inmediato.

Una vez analizadas las características del sistema troncalizado SmartZone 3.z de la FTE se toma en consideración que para la actualización tecnológica deberá operar en la banda de frecuencias de los 800 MHz, también deberá ser de tecnología troncalizada, en una plataforma completamente digital basada en el protocolo de comunicación P25 de APCO, de tipo abierto en la interfaz de aire (CAI) y de tecnología IP debiendo cumplir los requerimientos mínimos que se especifican a continuación:

1. Método de Acceso	FDMA
2. Modulación	C4FM. Definido por Proyecto25
3. Vocoder	IMBE. Definido por Proyecto25
4. Velocidad de Canal	9.6 Kbps
5. Ancho de Banda	12.5 Khz.

2.1.3 Descripción del sistema de radio

- **Infraestructura del sistema troncalizado**

En la Tabla 2.1 se muestra la infraestructura que se posee en el sitio principal del sistema troncalizado. El número de suscriptores de la tabla 2.1 corresponden a la primera fase, se hace referencia en la Tabla 2.2.

Tabla. 2.1. Descripción Sitio de Principal 1997

SITIO PRINCIPAL 1997	
Controlador de zona	1
Manejador del controlador	1
Matriz de audio embassy	1
Banco de canales	1
Sistema de interconexión telefónica	1
Unidades de interfase DIU	29
Consolas de despacho	3
Suscriptores	587

Tabla. 2.2. Detalle de suscriptores.

SISTEMA TRONCALIZADO DE LA FUERZA TERRESTRE

RESUMEN EQUIPOS SUSCRIPTORES

fase	portátil				ASTRO SPECTRA		ASTRO SPECTRA		ASTRO XTL 5000		ASTRO XTL 1500		TOTAL
	XTS3000		XTS 4250	XTS 2250	W7		W4		W4		W4		
	MODELO III	MODELO I	MODELO I	MODEL 1.5	FIJA	VEHICULAR	FIJA	VEHICULAR	FIJA	VEHICULAR	FIJA	VEHICULAR	
I	10	458			10	10	65	34					587
II	5	100					16						121
III			49						5	8			62
IV				86							8	43	137
TOTAL	15	558	49	86	10	10	81	34	5	8	8	43	907

En la tabla 2.3 se muestran todos los sitios de repetición que han sido instalados con el número de canales que a cada uno de ellos corresponde.

Tabla. 2.3. Sitios de Repetición y canalización.

	SITIO	Actual
1	Cerro Las Cuevas	5 CANALES
2	Cotacachi	5 CANALES
3	Condorcocha	5 CANALES
4	Puengasí	5 CANALES
5	Paschoa	5 CANALES
6	Pilisorco	5 CANALES
7	Cacha	5 CANALES
8	Cerro Azul	4 CANALES
9	Hito Cruz	4 CANALES
10	Portete	3 CANALES
11	Chilla	5 CANALES
12	Morupe	5 CANALES
13	Motilón	3 CANALES
14	Villonaco	4 CANALES
15	Zapallo	4 CANALES
16	Bombolí	4 CANALES
17	Salinas	4 CANALES
		75 CANALES

- **UPGRADE SITIOS DE REPETICIÓN SMARTZONE EXISTENTES**

Los 17 sitios de repetición troncalizados SmartZone y 75 canales de voz marca Motorola modelo Quantar existentes, descritos anteriormente en la tabla 2.3, operan en la banda de 800 MHz, tienen la capacidad actual de transmitir voz trabajando en modo Digital con una velocidad del canal de control de 3.6 kbps y permiten migrar a la versión P25 completamente Digital con una velocidad del canal de control de 9.6 kbps, mediante el cambio de tarjetas dentro de la unidad interna y la adición de nuevos componentes de red que soporten el protocolo. Se realizará el upgrade respectivo a los mencionados sitios de repetición y canales de voz con el objeto de aprovechar al máximo la infraestructura existente.

Las repetidoras existentes se migrarán mediante actualización de software y/o adición de tarjetas para pasarlas a modo de operación digital P25 trunking. Los sistemas de antenas existentes serán conservados y expandidos según el caso para el crecimiento de canales y se agregarán en los sitios existentes los elementos de control de sitio y comunicación IP con el sitio central. Para los sitios nuevos se utilizarán equipos de similares características.

- **UPGRADE EQUIPOS TERMINALES TRONCALIZADOS**

Los 772 equipos terminales troncalizados Digitales SmartZone marca Motorola, descritos más adelante en la Tabla 2.4, operan en la banda de 800 MHz, tienen la capacidad actual de transmitir voz trabajando en modo mixto Análogo / Digital con una velocidad del canal de control de 3.6 kbps y permiten migrar a la versión P25 completamente Digital con una velocidad del canal de control de 9.6 kbps, mediante la actualización de software. Se deberá realizar el upgrade respectivo a las mencionadas unidades suscriptoras con el objeto de aprovechar al máximo el equipamiento existente.

Los terminales con capacidad de transmisión de datos, podrán ser habilitados para tal función mediante la adición de una licencia de software.

Tabla. 2.4. Terminales trunking existentes

OPERACIÓN	MODELO RADIO	CANTIDAD	TOTAL
DIGITAL	XTS-3000	573	772
	XTS2250	86	
	XTS4250	49	
	XTL2500	51	
	XTL5000	13	
TOTAL			772

2.1.4 Zonas de cobertura del sistema troncalizado.

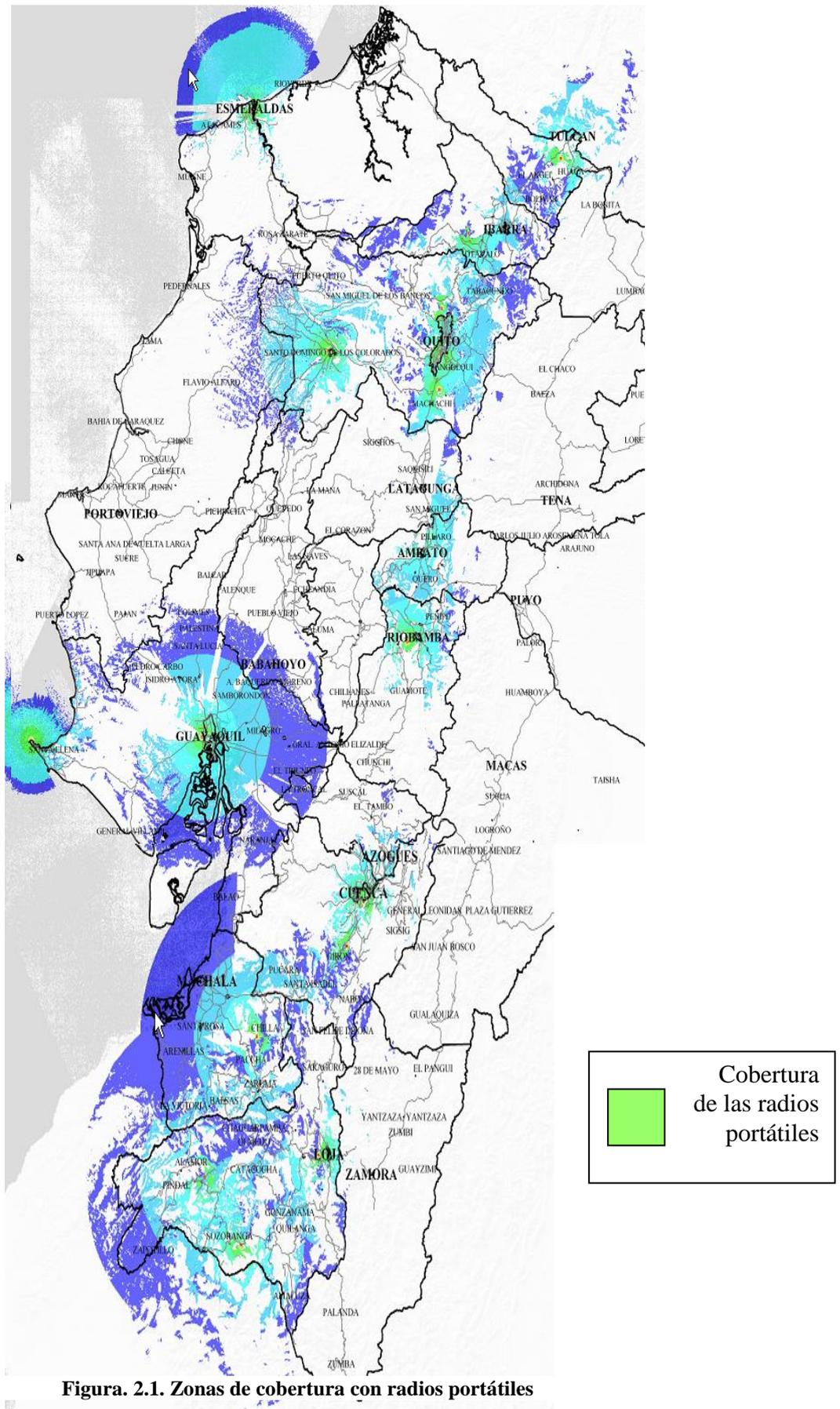


Figura. 2.1. Zonas de cobertura con radios portátiles

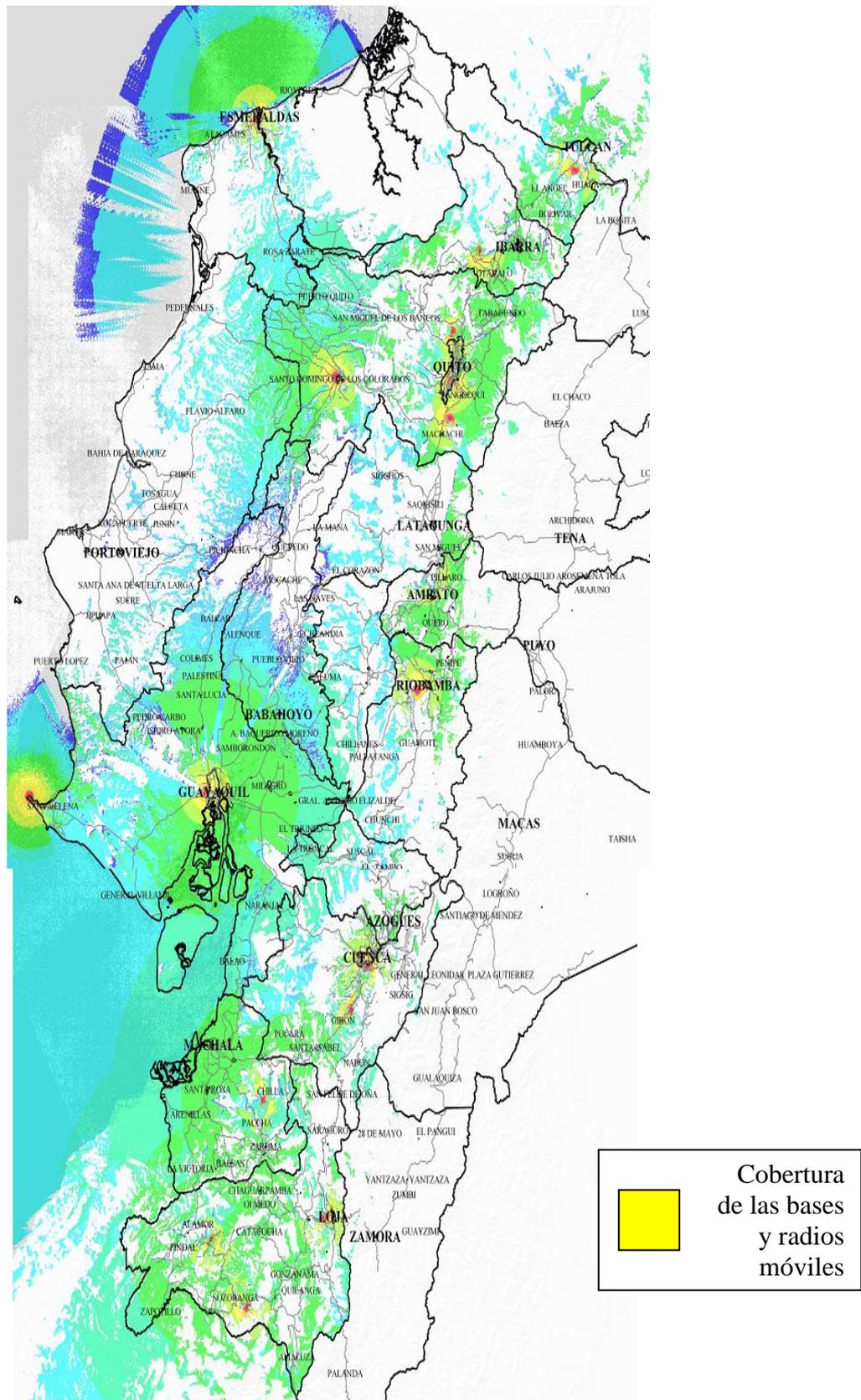


Figura. 2.2. Zonas de cobertura con radios móviles

2.2 SISTEMA TRONCALIZADO APCO P25 IP

El proyecto está encaminado en dotar a la FTE de un Sistema Integrado de Comunicación troncalizado de Voz y Datos, utilizando una tecnología Digital que cumpla con el estándar APCO P25, que comprenda la reutilización de los equipos existentes en los sitios de repetición actuales, la actualización tecnológica de estos equipos mediante software y cambio de cada uno de los sitios existentes será actualizado a la versión P25 permitiendo así el mayor aprovechamiento de las repetidoras y sistemas. El sitio maestro central será también actualizado para luego complementar con la ampliación. De igual manera el sistema de consolas de despacho se actualizará y ampliará para dar servicio a la mayor cantidad de grupos del proyecto.

Descripción general.

El Proyecto 25 es un estándar abierto desarrollado por APCO³ inicialmente para el mercado norteamericano. Dado que el estándar define los parámetros de troncalización y de interfaz de aire común para los sistemas de comunicaciones troncalizados, diferentes fabricantes pueden ofrecer interoperabilidad con sistemas y suscriptores basados en el Proyecto ASTRO 25 CAI. Además, por ser un estándar abierto, se ofrece a los fabricantes bastante flexibilidad para implementar la arquitectura de sus sistemas.

La propuesta de Motorola para el Proyecto 25 se denomina ASTRO25 y es una solución completamente digital con el mejor rendimiento posible y es una excelente solución técnica para satisfacer los requerimientos de instituciones de seguridad pública.

Para este sector, ofreciendo algunas funcionalidades esenciales que no pueden ser resueltas por sistemas de redes celulares GSM como las llamadas de grupo (uno a muchos), talkaround u operación back-to-back. Estos sistemas están disponibles en las bandas de VHF, UHF (403 MHz a 520 MHz), y 800 Mhz.

Algunas funcionalidades deben ser soportadas tanto por la infraestructura de comunicaciones así como por las unidades suscriptoras. ASTRO-P25 permite

³ APCO: Association of Public Safety Communications Officials

interoperabilidad con suscriptores de otros fabricantes compatibles con ASTRO-P25, sin embargo, algunas de las funcionalidades avanzadas de Motorola pueden no ser soportadas en los suscriptores de otros fabricantes.

El diseño modular de ASTRO-P25 permite crecimiento escalable con soluciones de tamaño pequeño, mediano y de gran capacidad. Adicionalmente, estas plataformas consideran la operación en el rango de 12.5 kHz de ancho de canal permitiendo optimizar el uso de las frecuencias. Esto es un aumento de eficiencia 2:1 hoy, cuando la Fase II esté disponible se logrará una eficiencia 4:1

ASTRO IP

Es una red de comunicaciones digitales compatible con la norma del Proyecto APCO 25. Posee una arquitectura modular para dar servicios desde una cobertura en el ámbito local hasta una cobertura a escala nacional. Posee un procesamiento prácticamente en tiempo real de las llamadas a través de toda la red por medio de una arquitectura plana y permite la utilización de servicios a lo largo de toda la red sin restricciones. Es un sistema altamente seguro y protege las comunicaciones contra intrusos por medio de encriptación avanzada. Es una red altamente confiable, con enrutamiento automático por medio de técnicas estándares de la industria de las comunicaciones. Es una red redundante / tolerante a fallas con componentes no prioritarios.

En esta plataforma IP los componentes principales de la red se comunican basados en el protocolo IP, las señales de audio, datos y control son transportadas como paquetes IP. Con IP está garantizada el acceso a más capacidades y servicios ahora y en el futuro gracias a su aceptación mundial como el protocolo estándar en redes digitales. Permite fácil migración y actualización a mejoras y estándares futuros a medida que estos evolucionan. Estas son redes menos complejas por medio de enlaces virtuales en vez de físicos y se transporta todo tipo de información de la misma manera.

En resumen, IP es el punto común entre el ambiente LAN y el sistema de radio.

Básicamente la plataforma ASTRO SmartZone, tecnología que dispone la Fuerza Terrestre evolucionó a la plataforma ASTRO-P25 por medio de la incorporación de los

elementos necesarios para la interconexión de los principales componentes utilizando el protocolo IP. Así, el conmutador de audio (AEB) que era el principal elemento de concentración de tráfico en el sitio maestro de un sistema SmartZone pasó a ser reemplazado por una red LAN cuya función primordial es permitir el flujo de paquetes (mayor prioridad asignada a los paquetes de voz) dentro del sistema ASTRO-P25.

2.2.1 CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA TRONCALIZADO APCO P25

El estándar APCO P25 provee de beneficios significativos tanto a los fabricantes como a los usuarios. Este estándar ofrece:

- Interoperabilidad
- Estándares orientados a los usuarios
- Migración futura
- Eficiencia en el uso del espectro
- Funcionalidades avanzadas
- No existen barreras irrazonables de propiedad intelectual a P25. El P25 es un estándar con fabricantes de tecnologías que pueden otorgar licencias patentadas. Por lo que los usuarios tienen una buena selección de proveedores.
- P25 es un estándar digital y ofrece la opción de encriptación.
- P25 le permite empezar con tecnología analógica y dar transición gradual a la tecnología digital.
- Los equipos de APCO P25 debe ser capaces de hablar con las radios convencionales existentes en el modo analógico.
- No hay necesidad de obtener un nuevo bloque limpio del espectro RF. Existentes 25 canales kHz todavía puede ser utilizada por las radios analógicas y dividido en dos 12,5 kHz canales digitales según sea necesario.

El estándar está diseñado para anticipar la dirección en la que los actores del mercado están llevando a los sistemas de comunicaciones para proveer un proceso de migración hacia esas nuevas tecnologías y dar cumplimiento a las demandas del mercado.

2.2.2 SmartZone 3.z vs. APCO P25

- **Topología**

El sistema de radio troncalizado en su conjunto utiliza una arquitectura centralizada, donde cada sitio de repetición se comunica con el sitio maestro; además utiliza una arquitectura similar a la celular, basada en varias celdas, cada una proporciona cobertura a una área de servicio; sin embargo su alcance va a depender de diferentes factores como la topografía y uso del terreno, y condiciones ambientales y atmosféricas que inciden directamente en la propagación de la señal.

Los sitios del sistema P25 troncalizado trabajarán en área extendida y estarán enlazados a través de enlaces microondas (conectividad con enlaces) con el Controlador Maestro ubicado en QUITO (instalaciones del AGRUCOMGE), que realizará las funciones de administrador de los sistemas, por lo tanto dispondrá de toda la infraestructura física y tecnológica necesaria, como servidores de bases de datos y equipos de administración, configuración y diagnóstico del sistema, sistemas de grabación y despacho, los mismos que facilitarán la administración de los recursos del sistema de radio.

- **Tráfico**

La tecnología P25 permitirá a los usuarios integrar sus necesidades de voz y datos bajo una única infraestructura y el tráfico generado será manejado por los canales (repetidoras), los cuales pueden ser configurados tanto para transmisiones de voz como de datos indistintamente.

Los canales estarán destinados al tráfico de voz y datos, y uno dedicado como canal de control en cada sitio de repetición.

- **Conectividad**

La integración al sitio maestro de todos los sitios de repetición P25 tanto del sistema troncalizado, se realizará a través de enlaces de microondas digitales redundantes, los mismos que, si no se encuentran disponibles en el sistema del MODE, se considerarán dentro del presente proyecto.

La administración y gestión total del sistema se realizará desde el emplazamiento maestro. La administración de las comunicaciones entre grupos de conversación de interés, se realizará localmente a través de los sitios equipados con consolas de despacho (Cuenca y Quito) los mismos que manejarán los grupos de conversación y servirán para tareas como: coordinar los grupos de usuarios a través del manejo de grupos de conversación establecidos, monitoreo de uno o varios grupos configurados para la posición de despacho, mensajes generales entre los usuarios, establecimiento de enlaces de comunicación (patches) entre los diferentes grupos de conversación, sirviendo como el nexo de comunicación entre los usuarios de los diferentes grupos de conversación.

- **Frecuencias**

Las frecuencias para el sistema propuesto P25 Troncalizado estarán en las bandas de los 800 MHz. En los sitios existentes se reutilizarán las mismas frecuencias que son utilizadas actualmente y para futuros sitios se asignarán nuevos bloques de frecuencias y se deberá asegurar que las frecuencias no causen problemas de ínter modulación o interferencia con equipos existentes. Para este efecto se deberán realizar los estudios técnicos pertinentes para el trámite correspondiente de asignación de frecuencias a favor de la Fuerza Terrestre por parte de los Organismos encargados de la Administración de las Telecomunicaciones.

CAPÍTULO III

MIGRACIÓN DE SMARTZONE 3.Z A APCO P25 IP

3.1 ANÁLISIS Y REGULACIÓN DEL ESPECTRO A SER UTILIZADO.

De acuerdo a la Secretaria Nacional de Telecomunicaciones SENATEL y el contrato de concesión de sistemas troncalizados se analiza la distribución del espectro radioeléctrico y resoluciones, como se indica en el contrato, que se basa en 18 cláusulas y a continuación se mencionara brevemente cada una de ellas.

Primera: Antecedentes

Con resolución No. 264-13-CONATEL-2000 publicada en el registro Oficial No. 139 de 11 de agosto del 2000 el Consejo Nacional de Telecomunicaciones expidió el Reglamento y Norma Técnica para los sistemas troncalizados.

Mediante resolución No. 574-37-CONATEL-202 del 17 de diciembre del 202 el Consejo Nacional de Telecomunicaciones resolvió autorizar a la secretaria suscribir el contrato de concesión para la operación de Sistemas Troncalizados a favor del peticionario Fuerza Terrestre.

Segunda: Objetivo del Contrato

La secretaria, debidamente autorizada por el CONATEL, renueva a nombre del Estado Ecuatoriano y a favor del Concesionario Fuerza Terrestre el uso reservado de frecuencias radioeléctricas, para la operación de un Sistema Troncalizado, según las características técnicas que se indican en este contrato.

Al tratarse estas frecuencias de uso reservado queda prohibido que las mismas sean utilizadas por terceras personas.

Tercera: Características Técnicas

El Concesionario se somete en forma obligatoria al cumplimiento de las características técnicas que constan en el informe técnico que se incorpora y forma parte del presente instrumento.

Del informe técnico presentado para la concesión de frecuencias se mencionara a continuación brevemente el contenido del mismo.

Servicio: Fijo y Móvil Terrestre

Tipo de sistema: Explotación- Troncalizado

Tipo de uso de frecuencias: Reservado

Notas:

1.- Los equipos utilizados reúnen las condiciones técnicas requeridas para la operación del sistema.

2.- Las frecuencias asignadas y el servicio a ser prestado cumplen con las disposiciones del Plan Nacional de Frecuencias.

Tabla. 3.1. Características del Sistema según contrato concesión de frecuencias

Radio base	Zona (Área)de concesión	Provincias	Nº de Canales	Derechos de Concesión (USD)
1	Zona 1	Guayas y sus alrededores	5	15.00
2	Zona 2	Pichincha, Sucumbíos, Napo y Orellana.	5	30.00
3	Zona 2	Quito y sus alrededores	5	15.00
4	Zona 4	El Oro y Loja	5	15.00
5	Zona 4	El Oro y Loja	10	30.00
6	Zona 4	El Oro y Loja	5	15.00
7	Zona 4	El Oro y Loja	5	15.00
8	Zona 5	Azuay, Cañar y Zamora Chinchipe	5	15.00
9	Zona 5	Azuay, Cañar y Zamora Chinchipe	5	15.00
10	Zona 6	Carchi, Imbabura y Esmeraldas	5	15.00
11	Zona 7	Tungurahua, Cotopaxi y Pastaza	5	15.00
12	Zona 8	Bolívar, Chimborazo y Morona Santiago	5	15.00
Nº Total de Estaciones de Abonados	Anchura de Banda por Canal (KHz)		Nº de Radio bases	Tarifa C(USD)
3,250	25.00		12	6.35

Cuarta: Plazo de duración

El plazo del presente contrato es de dos años (2) contados a partir de la fecha de la suscripción y registro. Según lo dispone el artículo 52 del Reglamento General a la ley Especial de Telecomunicaciones Reformada.

Quinta: Renovación de la concesión.

La Secretaria podrá convenir la renovación de la concesión para el uso de frecuencias, siempre y cuando el Concesionario haya cumplido con todas las estipulaciones de este contrato y con las obligaciones impuestas por la ley y los reglamentos pertinentes; el Concesionario solicitará la renovación a la Secretaria, conforme los requisitos y procedimientos que disponga la legislación vigente al tiempo de proponerla, en caso de no hacerlo la Secretaria podrá en cualquier momento terminar el contrato y el concesionario deberá pagar hasta la última factura emitida a la fecha de notificación de terminación.

Sexta: Pago de los derechos por concesión y tarifa mensual por uso de frecuencias

El Concesionario ha pagado en la secretaria los derechos de concesión del uso de frecuencias y se compromete a cancelar la tarifa mensual que es de **USD \$ 10,40** más lo correspondiente al IVA., la misma que podrá cambiar de acuerdo con la variación de los parámetros técnicos del sistema.

Séptima: Cesión de derechos.

El concesionario no podrá ceder los derechos provenientes de este contrato sin previa autorización de la Secretaria y siguiendo el tramite establecido por el CONATEL, caso contrario este hecho será causa suficiente para dar por terminado el presente contrato, respaldado por el informe emitido por la Superintendencia de Telecomunicaciones, por consiguiente las frecuencias asignadas se revertirán al Estado, sin otro requisito, que el de la respectiva notificación al Concesionario.

Octava: Notificación de modificaciones

Cualquier modificación técnica que vaya a realizar el concesionario, deberá previamente ser autorizada por la secretaria, mediante oficio o la suscripción de un convenio ampliatorio, modificadorio, caso contrario se le impondrá la sanción respectiva, a que haya lugar, de conformidad con el artículo 29 de la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada y los Reglamentos pertinentes.

Novena: Terminación por suspensión de operaciones

Si se dejase de utilizar las frecuencias o se suspendiesen las operaciones durante seis meses consecutivos, la Secretaría, previo informe de la Superintendencia de Telecomunicaciones, procederá a dar por terminado el presente contrato, mediante notificación al Concesionario, salvo el caso de que la no utilización o suspensión por un lapso de seis meses haya sido debidamente autorizada por la Secretaría a petición del concesionario; durante la suspensión de operaciones el Concesionario se obliga a pagar a la Secretaría, las tarifas mensuales hasta la última factura emitida a la fecha en que se produzca la reversión de las frecuencias al Estado, la que será dictaminada por la Secretaría.

Décima: Obligaciones del Concesionario

El Concesionario, entre otras obligaciones se compromete a lo siguiente:

- a) Mantener como responsable técnico de la operación del sistema a un ingeniero en electrónica y/o Telecomunicaciones, debidamente autorizado para ejercer la profesión.
- b) Notificar el cambio de su domicilio mediante comunicación escrita, con copia a la Superintendencia de Telecomunicaciones.
- c) Notificar por escrito a la Secretaría la voluntad de dar por terminado el contrato, esta comunicación deberá realizarla con treinta días de anticipación al cese de operaciones del sistema y se obliga a pagar todos los valores adecuados hasta la fecha de terminación del contrato.
- d) Presentar la descripción de los procedimientos que propone para facilitar el control técnico de la Superintendencia de Telecomunicaciones.

- e) La Superintendencia de Telecomunicaciones podrá realizar inspecciones y, de ser necesario, dispondrá que el Concesionario realice correcciones oportunas a su sistema
- f) El concesionario se compromete a dar todas las facilidades a los funcionarios de la Superintendencia de Telecomunicaciones, para que puedan realizar las inspecciones o monitoreo en el Sistema Troncalizado sin previo aviso. En caso de no cumplir con esta disposición será sancionado con lo dispuesto en la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada y en el Reglamento de Radiocomunicaciones.
- g) Cumplir con las demás obligaciones constantes en las leyes y reglamentos relativos en esta materia, así como las disposiciones emanadas por el consejo Nacional de Telecomunicaciones y la Secretaría.

Decimoprimer: Adecuaciones técnicas

El concesionario, se compromete a efectuar las adecuaciones técnicas pertinentes en el caso de que se produzcan interferencias o cambios de regulaciones nacionales, internacionales que sean vinculantes incluso a cambiar las frecuencias, equipos y antenas a otro lugar si esto fuera la solución previa la disposición de la Secretaría. El Concesionario se compromete a en el plazo de noventa días a presentar el área de cobertura y otros estudios técnicos que sean necesarios debido a los cambios dispuestos.

Decimosegunda: Terminación del contrato

La Secretaría, podrá dar por terminada la concesión de uso de las frecuencias y por ende el presente contrato y comunicará al Consejo Nacional de Telecomunicaciones, entre otras por las siguientes causas:

- a) Cumplimiento del plazo contractual, si éste no ha sido reservado;
- b) Mutuo acuerdo de las partes, siempre que no se afecte a terceros;
- c) Sentencia judicial ejecutoriada que declare la nulidad del contrato; y,
- d) Declaración unilateral de terminación anticipada del contrato por parte de la Secretaría, en caso de incumplimiento del concesionario o usuario.

Decimotercera: Terminación unilateral.

La Secretaría podrá declarar terminada, anticipada y unilateralmente el presente contrato, en los casos previstos en el artículo 20 del Reglamento de

Radiocomunicaciones vigente, siguiendo el procedimiento establecido en el artículo 21 del Reglamento de Radiocomunicaciones, en concordancia con el instructivo para la Terminación de Títulos Habilitantes y Revisión de Frecuencias al Estado emitido mediante Resolución SNT-2004-0223 publicado en el Registro Oficial No. 479 de 10 de diciembre de 2004.

Decimocuarta: Documentos

Forma Parte del presente contrato los siguientes documentos habilitantes:

1. Solución para la concesión de frecuencias.
2. Factura N° 0242822 por USD \$ 210,00 de septiembre del 2009
3. Resolución constante en la cláusula primera.

Decimosexta: Control y Sanciones.

El concesionario se sujeta al control, supervisión y sanciones de la Superintendencia de Telecomunicaciones de conformidad con el Art. 35 de la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada, y su Reglamento General.

Decimoséptima: Marco Legal.

Las partes se sujetan a la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada, a su Reglamento General, a las Resoluciones del CONATEL, de la Secretaría y a otras Leyes y Reglamentos afines; en caso de modificación del marco legal este contrato quedará automáticamente adecuado al tenor de las normas vigentes.

Decimoctava: caso de litigio

Las partes manifestantes su conformidad con todas y cada una de las estipulaciones constantes en las cláusulas precedentes, por lo que se ratifican en cada una de ellas; sujetándose en caso de juicio a los jueces competentes de la ciudad de Quito, sin perjuicio de la acción coactiva que podrá iniciar la Superintendencia de Telecomunicaciones a solicitud de la Secretaría para el cobro de los valores que se adeudaran, y de las acciones de control que la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada confiere a la Superintendencia de Telecomunicaciones.

El Concesionario expresa que los datos y documentos se sirvieron de fundamento para otorgar la presente concesión son verdaderos y auténticos, ateniéndose a lo que

dispone a lo que dispone la Ley y el presente contrato en el caso de no ser verdadera la información proporcionada.

Una vez mencionadas las dieciocho cláusulas del contrato de concesión de frecuencias para la FT, se menciona a continuación las bandas de frecuencias que son utilizadas por FT.

Se presenta la tabla 3.2 de Atribución de Bandas de Frecuencias en el rango de 9 Khz. hasta los 1000 GHZ, con la división según el Reglamento de Radiocomunicaciones el espectro radioeléctrico se subdivide en 9 bandas de frecuencias que se designaran por números enteros en orden creciente.

Tabla. 3.2. Atribución de Bandas de Frecuencias

Número de la banda	Símbolos	Gama de frecuencias	Subdivisión métrica	Abreviaturas métricas para las bandas
4	VLF	3-30 KHZ	Ondas miriamétricas	B.Man
5	LF	30-300 KHZ	Ondas kilométricas	B.Km
6	MF	300-3000 KHZ	Ondas hectométricas	B.hm
7	HF	3-30 MHZ	Ondas decamétricas	B.dam
8	VHF	30-300 MHZ	Ondas métricas	B.m
9	UHF	300-3000 MHZ	Ondas disimétricas	B.dm
10	SHF	3-30 GHZ	Ondas centimétricas	B.cm
11	EHF	30-300 GHZ	Ondas milimétricas	B.mm
12		300-3000 GHZ	Ondas decimilimétricas	

La Administración Ecuatoriana procurara limitar las frecuencias y el espectro utilizado al mínimo indispensable para obtener el funcionamiento satisfactorio de los servicios necesarios, atenerse a las prescripciones del cuadro Nacional de Frecuencias al

asignar frecuencias a las estaciones que puedan causar interferencias perjudiciales a los servicios efectuados por las estaciones del resto de países de la R2.

De acuerdo al Plan Militar de frecuencias en vigencia las frecuencias atribuidas para la Defensa Nacional empiezan a utilizarse desde los 26,175 KHZ hasta los 29,700 KHZ en HF. Con las notas especiales de la R2, que a continuación se especifican en cada gama de frecuencia:

EQA 140. En las bandas 26,175- 27,5 MHZ, 29,7 – 37,5 MHZ, 40,02- 40,98 MHZ, 41,015- 50 MHZ, 72- 73 MHZ, 74,6- 74,8 MHZ, 75,2 -76 MHZ, 138 -144 MHZ, 150,05 -174 MHZ, 248 -272 MHZ, 300 -328,6 MHZ, 387 -399,9 MHZ, 410- 417,5 MHZ, 430 -440 MHZ, 460 -512 MHZ, 806 -824 MHZ, 951 -869 MHZ, 2300 -2500 MHZ, 4,4 – 5 GHZ, 12,75 -13,25 GHZ, existen segmentos de banda para la operación de sistemas de uso reservado conforme al Plan Militar de Frecuencias.

3.1.1 Eficacia espectral

Una vez ya estudiado el espectro radioeléctrico que utiliza la fuerza terrestre del Ecuador se estudia el beneficio sobre el espectro radioeléctrico que tendrá al cambiar a una plataforma APCO P25 IP.

En la figura 3.1 se establece como P25 maximiza eficacia del espectro estrechando la banda.

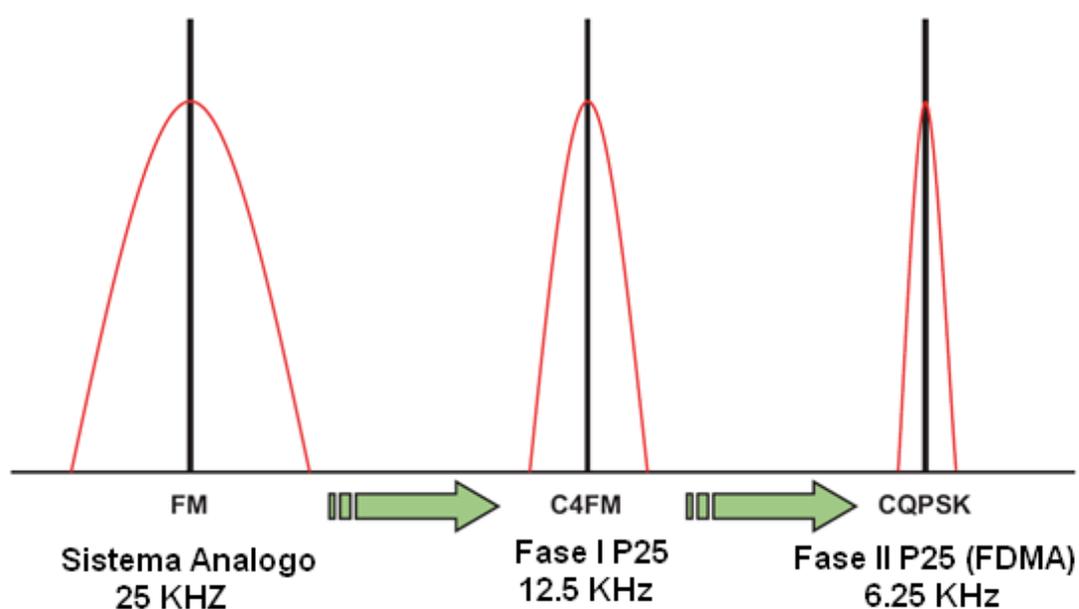


Figura. 3.1. Eficiencia espectral P25

El uso de esta tecnología permitirá emplear solamente la mitad del ancho de canal designado por la SENATEL y la eficacia del espectro libera más canales para el uso de radio en el sistema.

Actualmente nos encontramos en un sistema Análogo y se realizará una migración a la Fase I P25 como se ve en la figura 3.1 y posteriormente a una Fase II P25. Esta migración se puede dar en fases gracias a la Plataforma amigable que presenta APCO P25.

3.1.2 Calidad de Audio Mejorada

Con 2800 del total de 9600 bits por segundo asignados a la corrección de error, las señales numéricas P25 han mejorado calidad de voz sobre señales análogas estándar, especialmente en bajos niveles de RF.

El codificador de la voz de IMBE™ convierte la información de voz en datos digitales, y estos datos se protegen usando códigos de corrección de error. La corrección de error puede corregir pequeños errores en la señal recibida. Puesto que el audio digital se codifica, el ruido de fondo presente en señales análogas también es removido.

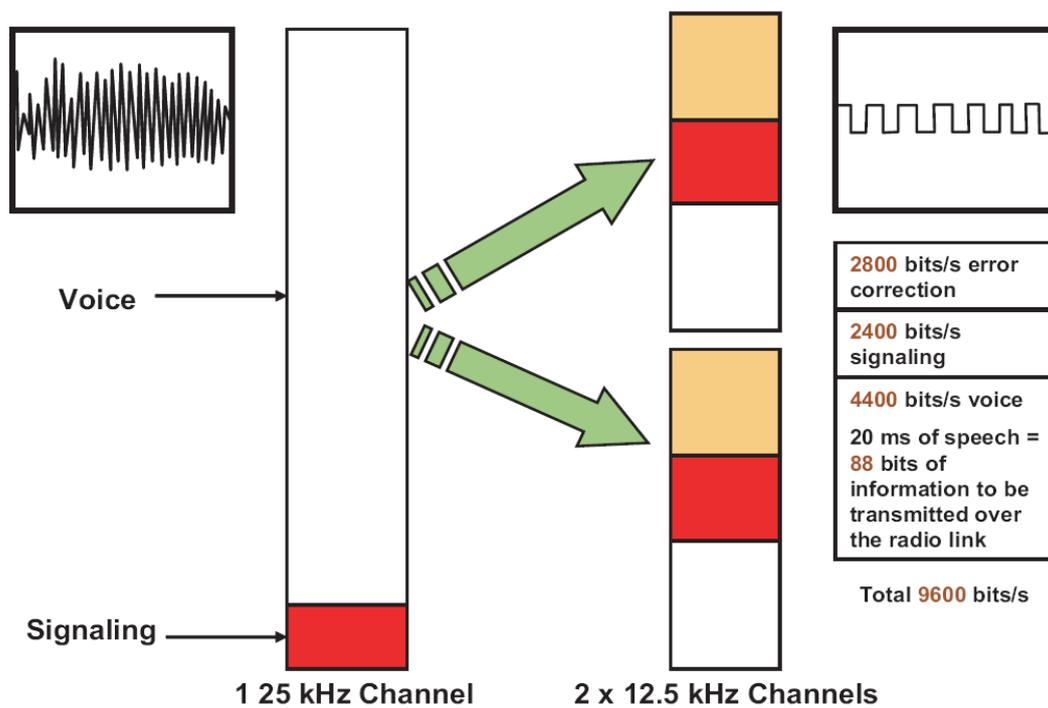


Figura. 3.2. Comparación de canal análogo a P25 en la Fase I

3.2 ANÁLISIS DE LA TECNOLOGÍA DEL SISTEMA APCO P25

3.2.1 Descripción del Sistema

ASTRO®25 es un avanzado sistema digital de comunicaciones de radio que permite a los usuarios de radios establecer comunicaciones en una amplia zona geográfica. Un usuario válido en cualquier lugar dentro de la zona de servicio del sistema puede presionar el botón PTT para establecer una comunicación con un grupo de comunicaciones válido o con otro individuo válido localizado en cualquier lugar dentro de la zona de servicio del sistema, que puede llegar a los cientos de kilómetros cuadrados.

Esta aparente simplicidad requiere de complejas redes de computadores, equipamiento de LAN/WAN de alta velocidad y sofisticado software de administración y bases de datos.

El sistema ASTRO®25 permite comunicaciones a lo largo de múltiples zonas y permite comunicar usuarios de diferentes zonas combinados en un mismo grupo de comunicaciones. Esto significa que los usuarios se pueden comunicar dentro de una extensa área geográfica y utilizar una amplia gama de funcionalidades. La siguiente figura muestra un diagrama simplificado de un típico sistema ASTRO®25.

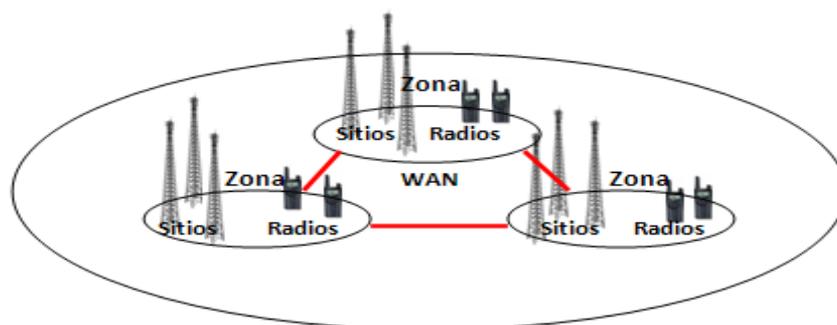


Figura. 3.3. Diagrama de zonas ASTRO®25

Los bloques básicos de un sistema ASTRO®25 son:

Nivel de Sistema – compuesto por múltiples zonas

Nivel de Zona – compuesto de múltiples sitios

Nivel de Sitio – sitios ASTRO®25 y equipamiento redes

Nivel de Usuario – radios portátiles y móviles

El sistema ASTRO®25 distribuye el procesamiento de las llamadas entre las zonas del sistema. La información de la configuración de los usuarios también es compartida entre las zonas. Cada zona posee una red de área local (LAN). Estas LAN están interconectadas para formar una red de transporte de área ancha (WAN) de alta velocidad. La WAN permite que la información de configuración de los usuarios, la información de procesamiento de llamadas y el audio sean transmitidos por el sistema.

Cada zona es responsable de administrar sus propios elementos. Esto incluye la configuración de la infraestructura física, administración de la movilidad dentro de la zona y el procesamiento de llamadas dentro de la zona. Algunas funcionalidades de llamados sólo operan dentro de una zona por lo que están definidas dentro de las funcionalidades al nivel de zona.

3.2.2 Componentes del sistema ASTRO®25

El sistema ASTRO®25 es relativamente complejo. Está conformado por un número de piezas separadas de hardware y software que juntas conforman una red de comunicaciones.

A continuación se presenta una descripción jerárquica (Nivel de sistema, Nivel de Zona, Nivel de Sitio, Nivel de Usuario). En ella se describe los componentes principales solamente y se ilustra su ubicación dentro de la jerarquía sistema/zona/sitio:

Equipamiento nivel de sistema	User Configuration Server (UCS)
	System-wide Statistics Server (SSS)
Equipamiento nivel de zona	Zone Controller(s)
	Zone Database Server (ZDS)
	Zone Statistics Server (ZSS)
	Air Traffic Router (ATR)
	FullVision Server (FVS)
	Network Management Clients (Windows® NT Clients)
	Network Time Protocol Server
	Network Transport Components (Ethernet Switches, WANs, and Routers)
	Telephone Interconnect Server

	PBX (Private Branch Exchange)
	Packet Data Gateway (PDG)
	Ambassador Electronics Bank (AEB)
	Motorola Gold Elite Gateway (MGEG)
	Central Electronics Bank (CEB)
	Console Positions
	Console Database Manager /Alias
	Database Manager
	Elite Database Server
	Elite Local Area Network (LAN)
Equipamiento nivel de sitio	ASTRO [®] 25 Remote Site
	Routers and Switches
Equipamiento nivel de usuario	Subscriber Units
	- Portable Radios
	- Mobile Radios

3.2.3 Sitio Maestro

Cada Zona de ASTRO[®]25 posee un sitio maestro que contiene el núcleo de procesamiento computacional de cada zona. El sitio maestro se compone básicamente de un controlador de zona, servidores de bases de datos y de administración, terminales de administración, un subsistema AEB-CEB, un switch WAN, un switch LAN, routers y otros componentes.

El sitio maestro contiene todo el equipamiento necesario para controlar las llamadas dentro de una zona y con otras zonas. El sitio maestro también contiene el equipamiento y software necesarios que son utilizados para la configuración y administración de la red.

Nota: Uno de los sitios maestros es designado como el sitio maestro del sistema. Además de los servidores de zona, este sitio contendrá los servidores de sistema: UCS (servidor de configuración de usuarios) y SSS (servidor de estadísticas del sistema), de los cuales se utiliza uno por cada sistema, no están duplicados por cada zona.

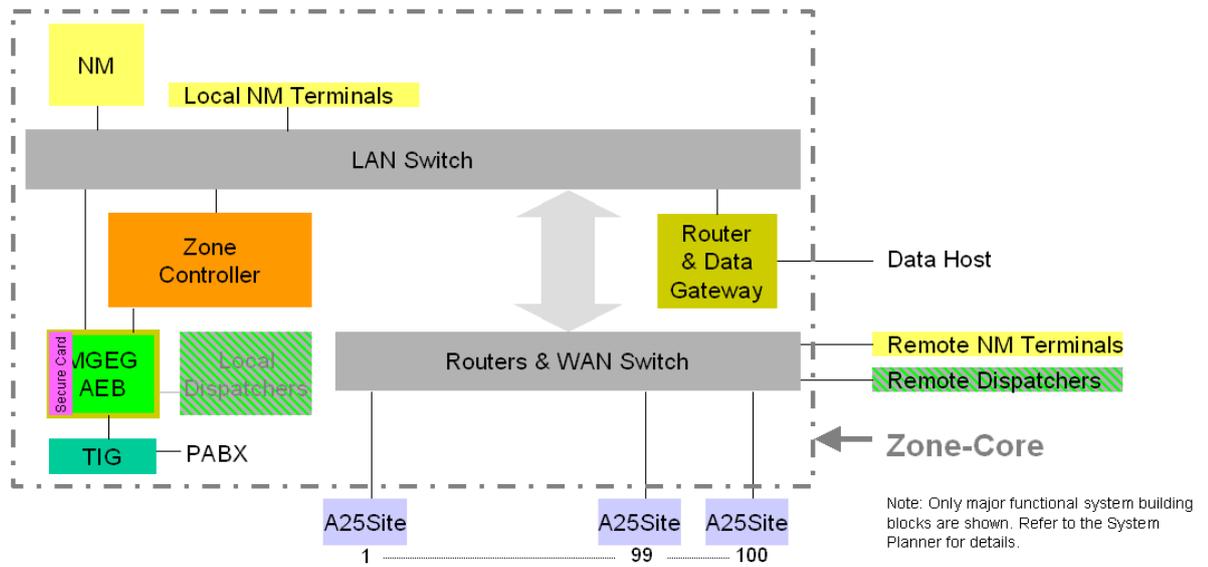


Figura. 3.4. Diagrama Sitio maestro

3.2.4 Sitios de Repetición

Cada sitio de repetición contiene una cantidad de repetidores ASTRO@25 (Basados en tecnología Quantar), un sistema de antenas, un LAN switch, un router y un controlador de sitio redundante. Estos son los componentes que dan soporte al tráfico de comunicaciones de voz, datos, control y administración de red.

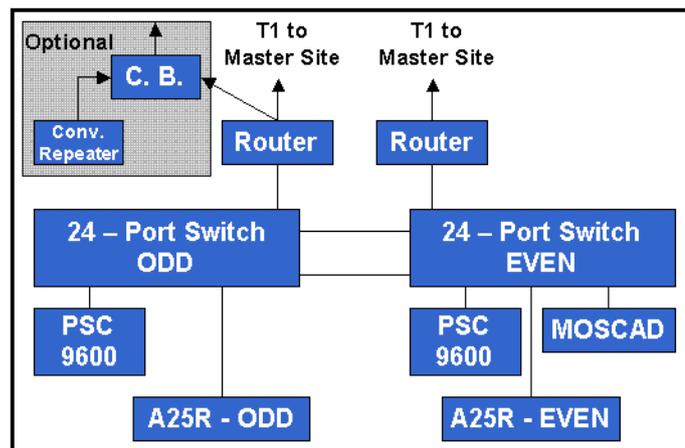


Figura. 3.5. Diagrama Sitios de Repetición

3.2.5 Diagrama del Sistema

Los siguientes diagramas muestran esquemáticamente las distintas plataformas ofrecidas por Motorola y en particular la configuración del sistema ASTRO®25 en su versión completa.

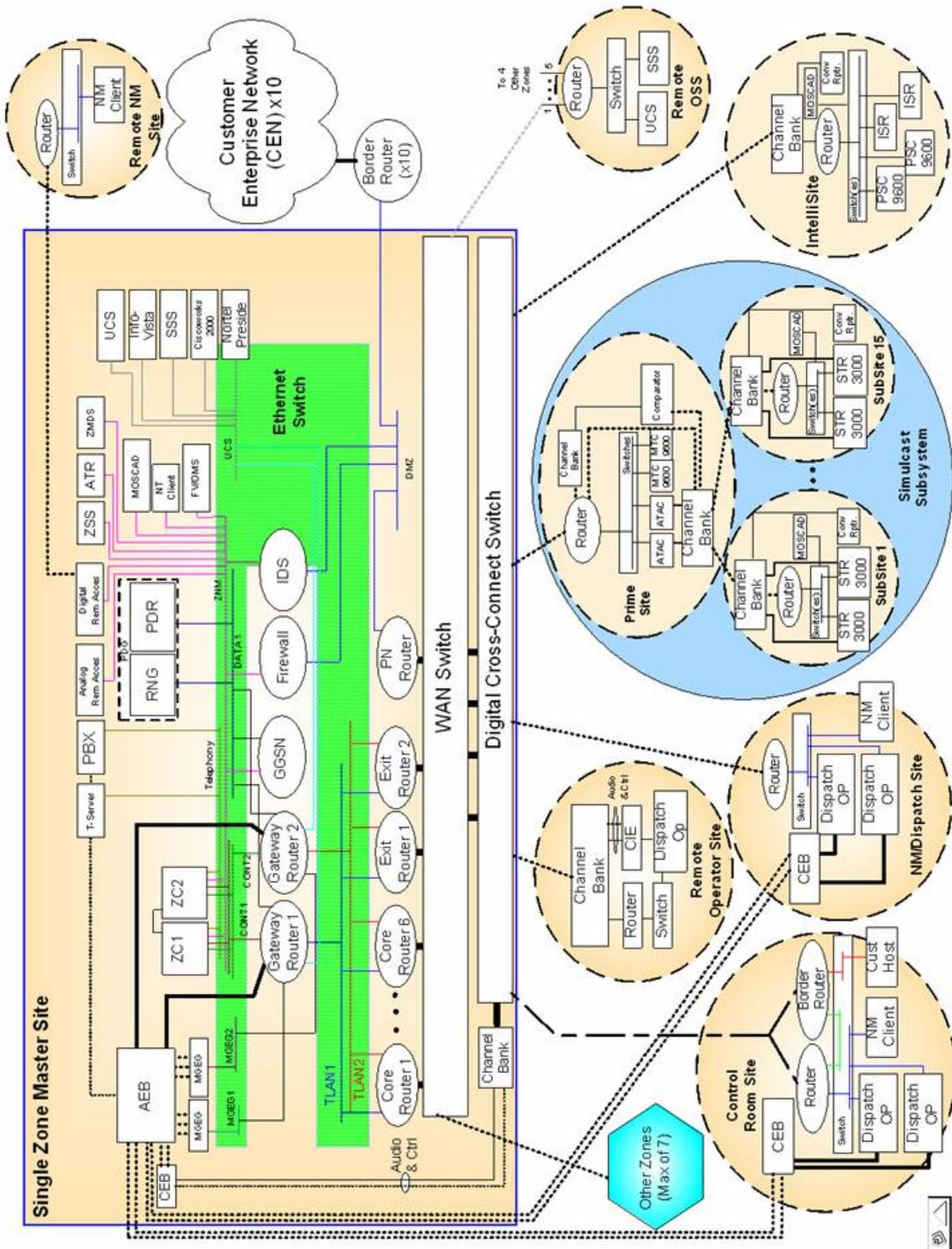


Figura. 3.6. Diagrama del Sistema

La visión de los sistemas ASTRO®25 es poder integrar en una plataforma los distintos subsistemas que conforman un avanzado sistema de comunicaciones, integrando voz y datos, de distinto ancho de banda e independiente de la plataforma de RF utilizada.

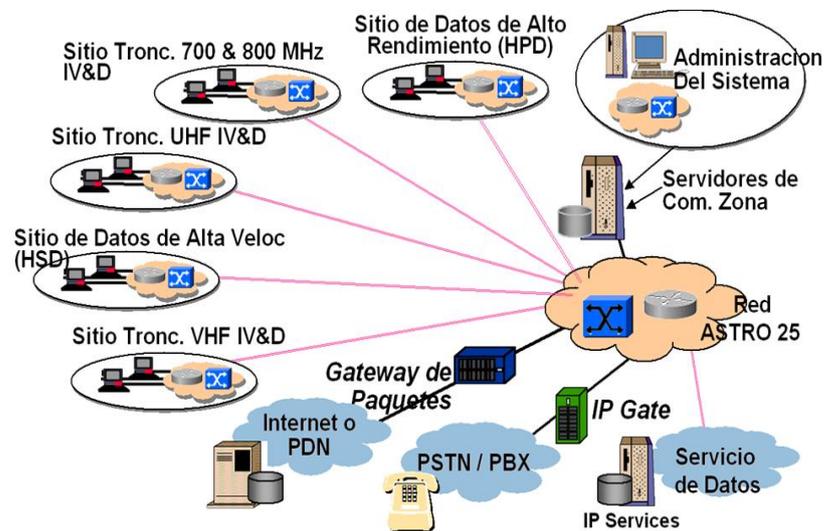


Figura. 3.7. Visión de los sistemas ASTRO 25

- La plataforma ASTRO25, nombre comercial de Motorola para el protocolo APCO25, mantiene los servicios y capacidades de procesamiento de llamadas de las plataformas SmartZone, por lo tanto se basa en un software de procesamiento ya ampliamente probado.
- ASTRO SmartZone evolucionó a ASTRO®25 mediante la incorporación de los elementos para interconexión de los principales componentes utilizando el protocolo IP.
- Básicamente, para que el actual sistema troncalizado Smartzone migre a la plataforma APCO25, se requiere reemplazar el actual controlador SmartZone 3.z por un controlador y periféricos que operan bajo el protocolo IP.
- En los sitios de repetición existentes se instalarán un controlador de sitio APCO25 redundante y un Switch/Router para la comunicación con el sitio maestro.

- Los repetidores existentes QUANTAR de la plataforma SmartZone pueden ser fácilmente transformados para operar en la plataforma ASTRO@25.
- Los sitios de repetición FUTUROS utilizarán las repetidoras de la familia GTR-8000.
- Igualmente, se pueden seguir utilizando las Consolas Centracom existentes dentro de esta nueva plataforma.
- Los equipos suscriptores, Bases, Móviles y Portátiles, que operan actualmente en la plataforma SmartZone pueden ser fácilmente reprogramados para operar en la plataforma ASTRO@25 mediante una actualización del software operativo.
- Igualmente, se mantendrá el protocolo de encriptación DVI-XL en el nuevo sistema.

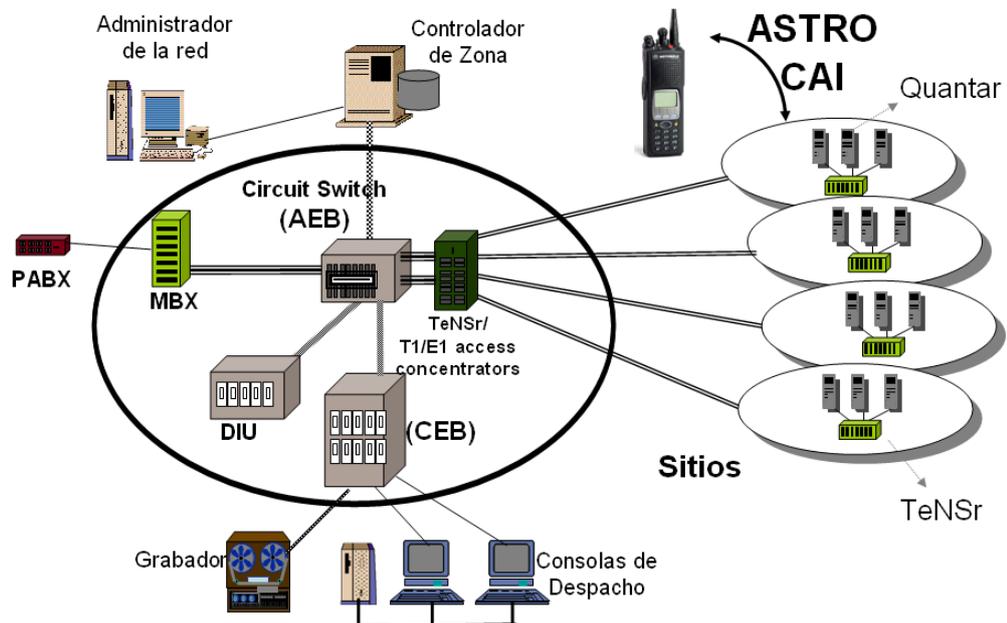


Figura. 3.8. Arquitectura Actual SmartZone

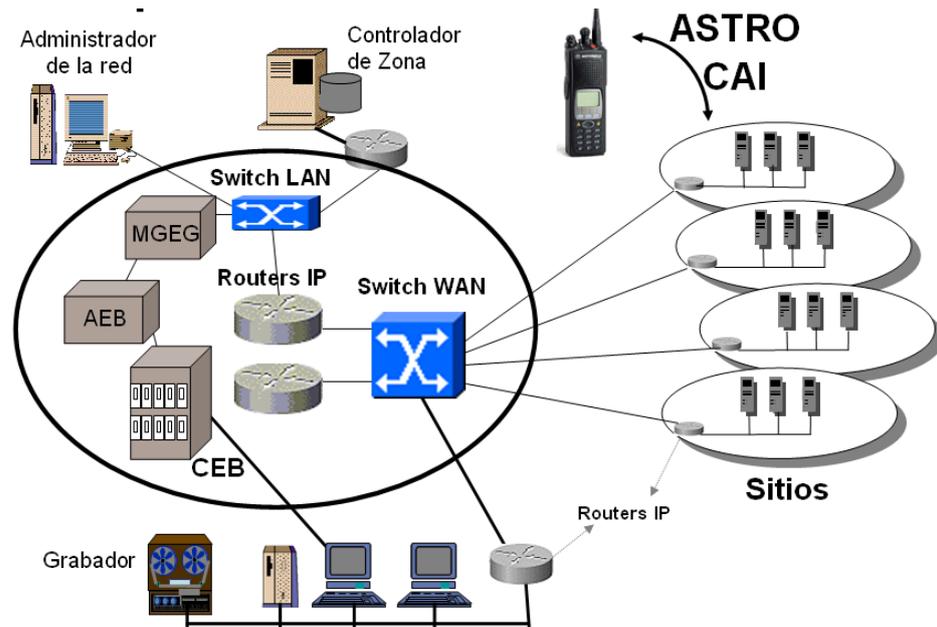


Figura. 3.9. Arquitectura ASTRO 25

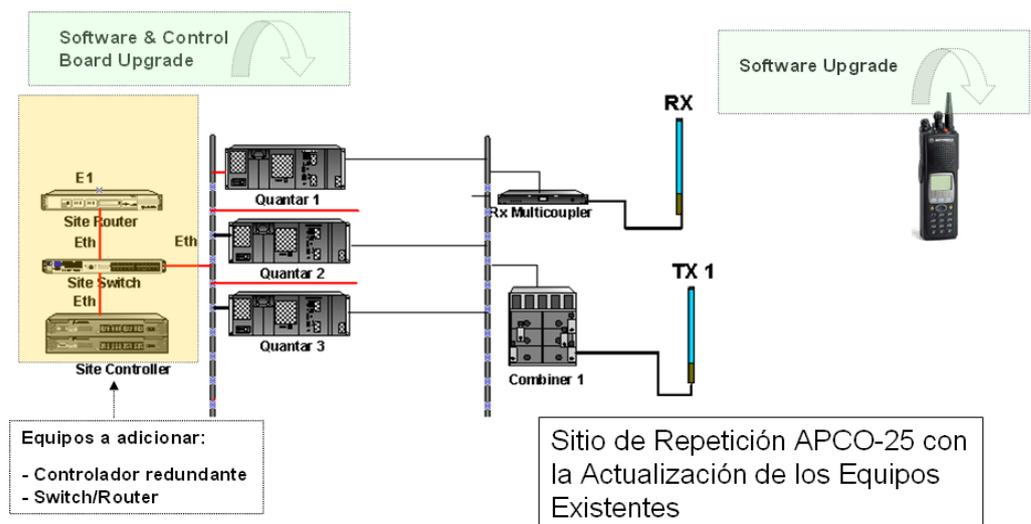


Figura. 3.10. Actualización de Sitios de Repetición Existentes

3.2 VENTAJAS DE APCO P25

El estándar APCO25 provee de beneficios significativos tanto a los fabricantes como a los usuarios. Este estándar ofrece:

- Interoperabilidad
- Estándares orientados a los usuarios
- Migración futura
- Eficiencia en el uso del espectro
- Funcionalidades avanzadas
- Compatibilidad con planes de frecuencia existentes
- Proveer servicios de voz y datos integrados

El estándar está diseñado para anticipar la dirección en la que los actores del mercado están llevando a los sistemas de comunicaciones para proveer un proceso de migración hacia esas nuevas tecnologías y dar cumplimiento a las demandas del mercado.

P25 tiene varias ventajas como ya se mencionó en su funcionamiento, eficacia, capacidades y calidad. Las ventajas más resaltantes son de la tecnología P25 incluyen:

3.3.1 Interoperabilidad

El equipo de radio que es compatible con los estándares P25. Permitiendo que los usuarios de las diversas áreas se comuniquen directamente unos con otros.

Esto permite que las áreas regionales, provinciales o nivel locales se comuniquen más con eficacia cuando sea requerido.

El comité APCO interfaz del proyecto 25 (APIC) ha formado el proceso conformidad y el grupo de trabajo de los procedimientos (CAPPTG) para asegurarse de que el equipo P25 y los sistemas que lo conforman, estén cumpliendo con los estándares P25 para la interoperabilidad, la conformidad, y el funcionamiento sin importar el fabricante. Al mismo modo de acuerdo con las necesidades del usuario y sus requisitos.

3.3.2 Retro Compatibilidad

Un requisito básico para el equipo de radio digital P25 de la fase 1, es la compatibilidad con versiones previas de radios estándar del análogo FM. Esto apoya una migración ordenada en sistemas análogos y digitales mezclados, permitiendo a usuarios negociar gradualmente radios, el equipo y su infraestructura. Seleccionando los productos y los sistemas que se conforman con estándares P25, las agencias se aseguran que su inversión en la última tecnología tiene un sendero claro de migración hacia el futuro.

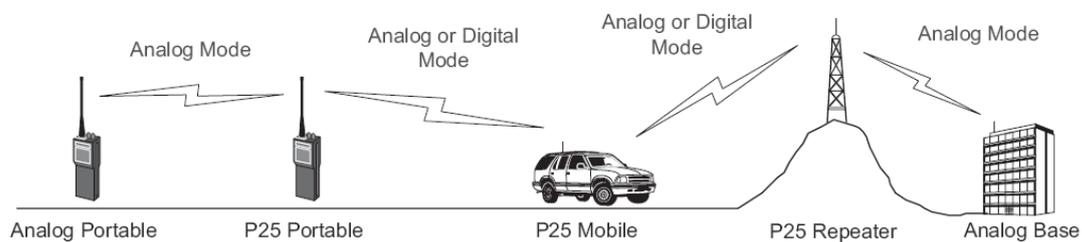


Figura 3.11. Compatibilidades.

Las radios P25 funcionan en modo análogo con radios análogas más viejas, y en modo análogo o digital a otros P25. Los sistemas de radio P25 de la fase 2 incluyen un modo convencional de la fase 1 para la retro compatibilidad con el equipo P25 de la fase 1.

3.3.3 Capacidad de Encriptación

El estándar P25 incluye un requisito para proteger comunicaciones digitales (voz y los datos) con capacidad de encriptación. La encriptación usada en P25 es opcional, permitiendo que el usuario seleccione métodos de la comunicación digital; libre (sin encriptación) o segura (Encriptada). Las llaves de encriptación también tienen la opción de la reintroducción de datos digitales sobre una red de radio. Esto se conoce como (reintroducción aérea) Over The Air Re-keying (OTAR). Esta capacidad permite que el encargado de los sistemas radio cambie remotamente las llaves de encriptación.

3.3.4 Ventajas de ASTRO®25

Las tecnologías digitales aseguran una calidad de voz constante, a diferencia de los sistemas analógicos en los que la calidad se reduce en la medida que el nivel de señal se reduce. Más aún, las señales digitales pueden ser regeneradas por lo que las llamadas pueden ser transportadas sobre redes de área ancha (WAN).

- **La voz en plataformas IP**

Con ASTRO®25, Motorola ofrece al segmento de la seguridad pública un sistema de radio troncalizado operando en una arquitectura basada en la transmisión de paquetes de datos. Esto significa primariamente la capacidad de transportar voz digitalizada y datos segmentados en paquetes por la infraestructura del sistema. Esta tecnología permite a los usuarios integrar sus necesidades de voz y datos bajo una única infraestructura. El estándar IP es utilizado para establecer una comunicación bidireccional entre los diferentes componentes del sistema.

La arquitectura de Motorola provee Voz en IP (no Voz sobre IP o Voz sobre Frame Relay). Voz en IP cumple los altos requerimientos de rendimiento de un sistema para operación en tiempo real.

Los sistemas basados en paquetes son diferentes a los sistemas de circuitos conmutados. Estos últimos proveen una vía física de comunicación directa dedicada de un ancho de banda fijo entre dos puntos en un área determinada. Los sistemas basados en IP utilizan una misma vía de comunicación compartiendo el ancho de banda logrando sistemas mucho más eficientes.

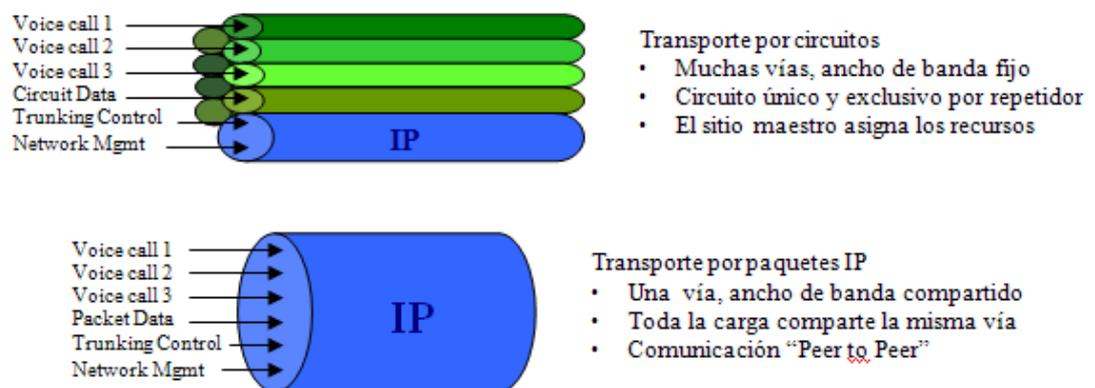


Figura. 3.12. Cambio de Arquitectura.

- **Sistema de Administración Centralizado**

ASTRO®25 facilita la operación y administración de los sistemas por medio de funcionalidades como:

- Configuración del reloj para todo el sistema.
- Actualizaciones de software centralizadas.
- E interfaz de usuario fácil de usar basada en un ambiente Microsoft Windows.

Este sistema de administración centralizado permite supervisar y gestionar el estado de los sistemas, las alertas, alarmas, diagnósticos y reportes de falla en una ubicación centralizada.

La precisión del reloj del sistema ASTRO®25 permite garantizar el registro de eventos en los elementos críticos del sistema al mismo tiempo, facilitando el diagnóstico de fallas y seguimiento del tráfico de voz. El sistema de administración permite distribuir actualizaciones de software a diferentes elementos del sistema por medio de sus redes de datos. La familiaridad de un ambiente tipo PC estándar como es Windows provee una plataforma de uso fácil y comercialmente disponible lo que reduce la necesidad de entrenamiento especializado para los usuarios.

- **Expansión fácil con una red IP**

A diferencia de las redes de comunicaciones tradicionales, ASTRO® 25 ofrece mayor flexibilidad tanto para actualizaciones como para expansiones. Dado que los elementos críticos son redundantes esto facilita las actualizaciones de software, las cuales se pueden realizar también remotamente. En caso de expansiones, cada nuevo elemento se incorpora a la red LAN en forma transparente y sin alteraciones en la operación del resto de los elementos del sistema.

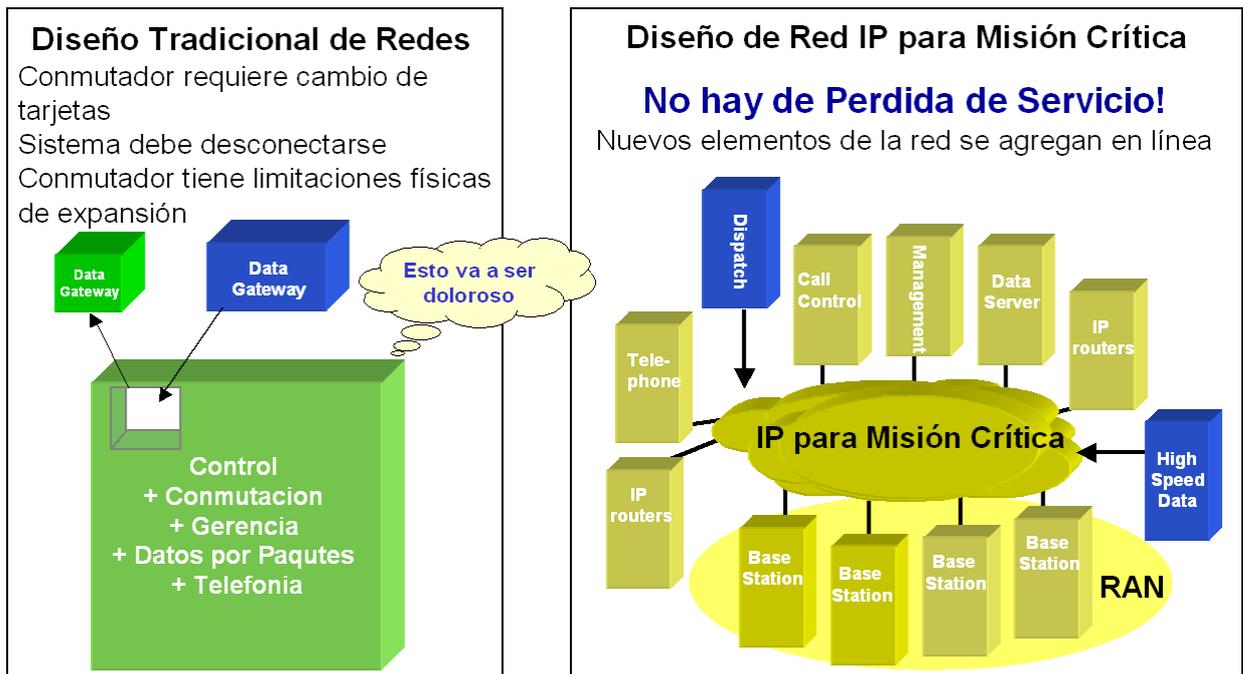


Figura. 3.13. Cuadros de diseños de integración de redes tradicionales a IP

- **Servicios de Datos**

El sistema integra los servicios de datos con redes de voz tradicionales hasta 20.000 usuarios de datos a lo largo de hasta 7 zonas. El sistema permite a los usuarios enviar y recibir datos mientras se desplazan por toda la zona de servicio del sistema.

El sistema está diseñado para proveer de cobertura de RF que sea comparable al área de confiabilidad de los mensajes de voz. El sistema utiliza sofisticadas técnicas de corrección de errores para alcanzar este nivel de confiabilidad para la cobertura de datos, lo que permite que los mensajes que se corrompen durante la transmisión sean recuperados sin errores, incrementando con ello dramáticamente la confiabilidad de las transmisiones de datos.

La Fase I del sistema permite alcanzar velocidades de 9600 bps sobre canales de 12.5 kHz. Cuando se requiere capacidad de transmisión adicional, hasta 3 canales pueden ser asignados simultáneamente para dar soporte a las comunicaciones de datos.

En las futuras versiones de la plataforma está contemplado proveer de capacidades de transmisión de datos que irán desde los cientos de Kbps hasta los Mbps.

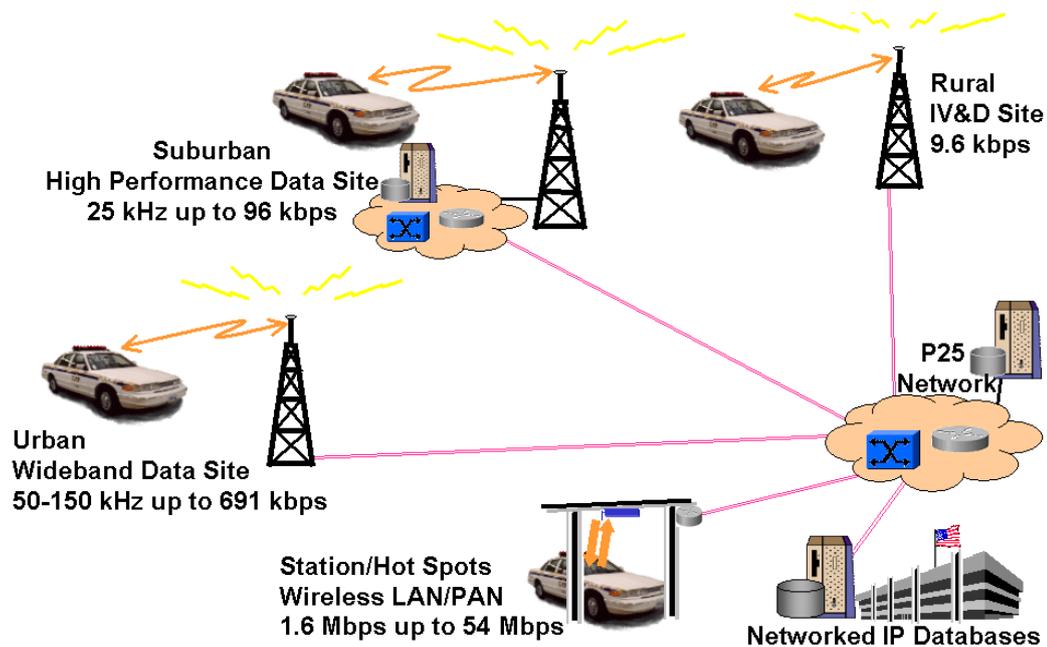


Figura. 3.14. Plataforma ASTRO 25 flexible

- **Servicios IP y prioridad de voz**

La plataforma ASTRO®25 está basada en plataforma del Protocolo de Internet (IP). Esto significa que el tráfico (voz, datos, administración de red y control) es transportado a lo largo del sistema en forma de paquetes (Datagram) IP. Las redes IP permiten que el tráfico de paquetes fluya fácilmente a lo largo del sistema. Esta interfaz IP permite a los diseñadores utilizar herramientas para optimizar las aplicaciones para el ambiente inalámbrico, en orden a conseguir comunicaciones confiables a tiempo.

La plataforma ASTRO®25 está diseñada para proveer manejo de redes estándar basadas en IP integradas sobre redes ASTRO®25. Incluidos en esto servicios IP están la mensajería IP, fragmentación IP, direccionamiento IP estático y dinámico y direccionamiento IP aislado entre el usuario y la red de radio comunicaciones.

La plataforma ASTRO®25 incorpora la capa de red del protocolo IP a la arquitectura del sistema. Esta capa estándar IP provee a los diseñadores de un nivel intermedio que les evita tener que interactuar con los complejos protocolos de RF, y permite el uso de aplicaciones basadas en IP en las redes ASTRO®25.

Por otra parte, el desarrollo y utilización de equipamiento de redes (Routers) especialmente diseñados por Motorola para aplicaciones de voz permiten garantizar el establecimiento y desarrollo de comunicaciones confiables y a tiempo. Estos elementos

de la red han sido diseñados para utilizar técnicas especializadas para la distribución de los paquetes de voz desde un origen a múltiples destinos (Multicast), para segmentar los mensajes de gran volumen y para asegurar la más alta prioridad para las comunicaciones de voz por sobre el resto de los flujos de datos en el sistema.

Para administrar las comunicaciones de voz y datos por un mismo canal, ASTRO®25 IV&D (voz y datos integrados) utiliza una técnica llamada DSMA (Digital Sense Multiple Access). DSMA garantiza la mayor prioridad para los mensajes de voz, retardando o incluso interrumpiendo los mensajes de datos a favor de los mensajes de voz. Esto asegura que los mensajes de voz logren un acceso rápido al sistema, lo que es especialmente importante en situaciones de misión crítica. DSMA contribuye también a reducir posibilidad de que dos mensajes de datos sean transmitidos simultáneamente desde dos radios diferentes.

DSMA inserta bits de estado (“busy bits”) en la transmisión digital saliente desde una estación repetidora para indicar el estado de la frecuencia entrante a la estación repetidora. El resto de los radios que reciben esta transmisión suspenderán el envío de mensajes de datos hasta que DSMA marque el canal entrante como disponible. La operación de DSMA requiere que todo el tráfico de voz en el canal esté en modo digital. DSMA no puede prevenir que la transmisión de mensajes de voz análogos y digitales se interfieran entre sí.

Los sistemas ASTRO®25 IV&D utilizan el tiempo de aire disponible entre transmisiones de mensajes de voz para enviar mensajes de datos por el canal. Los datos y la voz se alternan en el uso del canal teniendo la voz siempre prioridad por sobre los datos.

3.4 Integración tecnológica SmartZone 3.z a APCO P25

Migración de plataformas existentes

La plataforma ASTRO® 25 mantiene los servicios y capacidades de procesamiento de llamadas de las plataformas SmartZone y Omnilink, se reutiliza la mayoría del software del controlador de zona y de las estaciones repetidoras, lo que permite utilizar un software de procesamiento ya ampliamente probado.

Para la encriptación y codificación de extremo a extremo se ha reemplazado las DIU por un componente denominado MGEG. Este componente permite la transformación del audio contenido en paquetes en circuitos virtuales hacia las plataformas de despacho de la familia Centracom, con lo que la mayoría de estos elementos se pueden reutilizar dentro de esta nueva plataforma. Es en el MGEG además donde se produce la introducción / retiro de las claves de encriptación para obtener audio seguro o claro respectivamente.

Lo repetidores de la plataforma SmartZone pueden ser transformados para operar en la plataforma ASTRO®25, sirviendo tanto para transmisiones de voz o de datos indistintamente. Como consecuencia se obtiene una zona de cobertura similar tanto para las comunicaciones de voz como de datos.

Básicamente, para que el actual sistema troncalizado Smartzone migre a la plataforma APCO25, se requiere reemplazar el actual controlador SmartZone 3.z por un controlador y periféricos que operan bajo el protocolo IP.

3.4.1 Evolución desde la plataforma de circuitos conmutados

Básicamente la plataforma ASTRO SmartZone evolucionó a la plataforma ASTRO®25 por medio de la incorporación de los elementos necesarios para la interconexión de los principales componentes utilizando el protocolo IP. Así, el conmutador de audio (AEB) que era el principal elemento de concentración de tráfico en el sitio maestro de un sistema SmartZone pasó a ser reemplazado por una red LAN cuya función primordial es permitir el flujo de paquetes (mayor prioridad asignada a los paquetes de voz) dentro del sistema ASTRO®25.

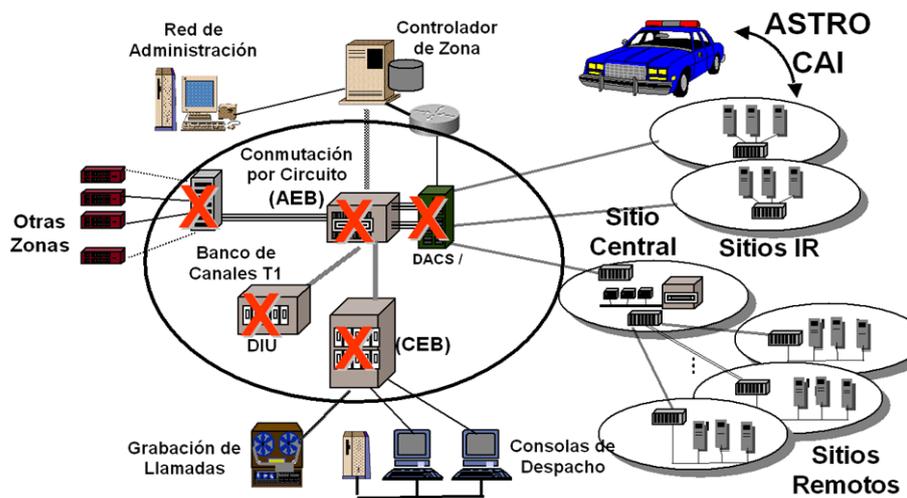


Figura. 3.15. Arquitectura ASTRO basada en Circuitos

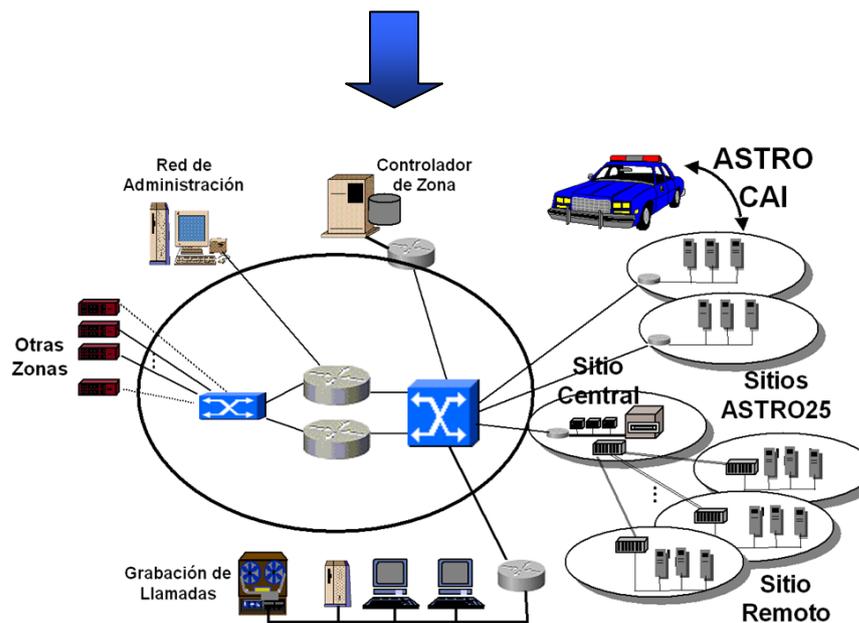


Figura. 3.16. ASTRO 25 Arquitectura basada en paquetes

3.5 DISEÑO EN LA RED DE ACCESO

Para el Diseño de la red acceso del sistema troncalizado de la FTE, se realizará para los 17 puntos donde se posee una estación repetidora, para lo cual se ha tomado en cuenta varios parámetros necesarios para el cálculo de la capacidad de la red de acceso de la FTE y por lo tanto poder determinar la red de transporte necesaria para dar acceso al sistema troncalizado de la Fuerza.

Para el cálculo de la capacidad de red de acceso es necesario establecer algunos parámetros que son necesarios, para el cálculo del número de canales necesarios por punto. Y atender así un adecuado grado de servicio (GOS) a un número determinado de terminales que serán quienes generen el tráfico.

Además para el análisis se han tomado 635 equipos que se encuentran en funcionamiento y un muestran un porcentaje de utilización mayor al 10%.

3.5.1 Cálculo de Canales

Para el cálculo de los canales necesarios para la red de acceso del sistema troncalizado de la FTE, se han utilizado varios conceptos.

Erlang (E): Es una unidad adimensional utilizada en telecomunicaciones, como una medida estadística del volumen de tráfico. Equivale a una llamada, más los intentos sin éxito y el tiempo de espera asociado, en un canal, durante 1 hora.)

Erlang B: Nos sirve para determinar la probabilidad de bloqueo de las llamadas una vez que el sistema se ha saturado, es decir, las llamadas rechazadas cuando todos los canales del sistema han sido ocupados.

Erlang C: Se realiza el cálculo de cuantas líneas se deben tener en una red, para que dado una cantidad de llamadas por horas (con un tiempo promedio de duración), se obtenga un determinado nivel de llamadas bloqueadas. Las fórmulas empleadas fueron las siguientes:

Para el cálculo en erlang, primero se presenta una fórmula para el cálculo de Tiempo de ocupación (A) como se presenta en la formula (1)

$$A = \frac{M * L * H}{3600} [\text{Erlang}] \quad (1)$$

H = La media de la duración de la llamada, durante la hora ocupada.

L = El promedio de intentos de llamada en la hora ocupada. (bhca)

M = Total de terminales

La probabilidad de que una llamada tenga que esperar está dada por la fórmula del Erlang-C, cuya fórmula se muestra en (2)

$$P_D = C(A, N) = \frac{\frac{A^N}{N!} \frac{N}{N-A}}{\sum_{k=0}^{N-1} \frac{A^k}{k!} + \frac{A^N}{N!} \frac{N}{N-A}} \quad (2)$$

Dónde:

N = Número de canales o time slots

C = Erlang C

PD= Probabilidad de demora

La fórmula anterior puede estar expresada en términos de la fórmula del Erlang-B.

$$C(N, A) = \frac{NB(N, A)}{N - A[1 - B(N, A)]} \quad (3)$$

Esta expresión permite usar las tablas del Erlang-B para el cálculo del Erlang-C

$$P(W > W_0) = P_D \exp \left[-\frac{(N - A)W_0}{H} \right] \quad (4)$$

Dónde:

$P(W > W_0)$ = Probabilidad de que el tiempo de espera obtenido sea menor al objetivo de diseño.

$P D$ = Probabilidad de demora

Finalmente, el promedio del tiempo de espera para cualquier llamada es:

$$W_a = \frac{P_D * H}{(N - A)}$$

(5)

En la tabla 3.3 se muestra cada una de las estaciones con los números de terminales fijos, portátiles y móviles a las que dan servicio.

Tabla. 3.3. Sitios con su número de terminales

	SITIO	Nº de terminales por sitio
1	Cerro Las Cuevas	30
2	Cotacachi	30
3	Condorcocha	60
4	Puengasí	60
5	Pasochoa	80
6	Pilisurco	30
7	Cacha	35
8	Cerro Azul	60
9	Hito Cruz	80
10	Portete	80
11	Chilla	82
12	Morupe	50
13	Motilón	50
14	Villonaco	50
15	Zapallo	40
16	Bombolí	50
17	Salinas	40
		907

Los datos colocados en la tabla son los equipos utilizados en cada sitio y son 907 (móviles, fijos y portátiles) la totalidad de equipos que dispone el sistema troncalizado de la FTE.

Una vez planteadas las formulas y el número de equipos por sitio de repetición se procede a realizar un par de ejemplos de cálculo de tráfico para sitios con diferente número de usuarios, a continuación se procede a enunciar el ejemplo y darle solución.

3.5.2 Ejemplos de cálculo.

1.- Se requiere calcular el número de canales necesarios, erlang B, erlang C, y tiempo de espera, para dar servicio a un sitio que da servicio a 30 móviles, con una duración media de llamada de 20 segundos, con un número medio de llamadas en la hora cargada de 3. Para cumplir con objetivos de GOS considere un tiempo de espera de 20 segundos y una probabilidad de rebasar del 5%.

Para dar solución al enunciado empleamos la formula (1) y reemplazamos valores:

1) Empleando (1)

$$A = \frac{30 * 3 * 20}{3600} = 0.5[\text{Erlang}]$$

H = 20 tiempo de cada llamada.

M = 30 Total de equipos por provincia y por sitio.

L = 3 llamadas en hora cargada.

La probabilidad de que una llamada tenga que esperar está dada por la fórmula del Erlang-C.

Para saber cuántos canales son necesarios, se procede a realizar el cálculo reemplazando los valores de N en la formula (2).

$$P_D = C(A, N) = \frac{\frac{0.5^N}{N!} \frac{N}{N - 0.5}}{\sum_{k=0}^{N-1} \frac{0.5^k}{k!} + \frac{0.5^N}{N!} \frac{N}{N - 0.5}} = 0.047$$

Dónde:

N = Número de canales o time slots

C = Erlang C

Esta expresión permite usar las tablas del Erlang-B para el cálculo del Erlang-C. Este valor debe ser menor al 5% de probabilidad de rebasar planteado en el enunciado, como se puede apreciar haciendo uso de la formula (4)

$$P(W > W_0) = 0.047 \exp\left[-\frac{(3 - 0.5)20}{20}\right] = 0.039$$

N=1 → 0.60 < 0.05

N=2 → 0.22 < 0.05

N= 3 → 0.039 < 0.05 ←

Dónde:

$$W_0 = 5 \%$$

$$W_{os} = 20$$

$P(W > W_0)$ = Probabilidad de que el tiempo de espera obtenido sea menor al objetivo de diseño.

$P D$ = Probabilidad de demora

Finalmente, el promedio del tiempo de espera para cualquier llamada es:

$$W_a = \frac{0.047 * 20}{(3 - 0.5)} = 0.38 \text{ s}$$

Por tanto, son necesarios 3 canales de para atender el trafico ofrecido además de un canal adicional para control o señalización.

2.- Se requiere calcular el número de canales necesarios, erlang B, erlang C, y tiempo de espera, para dar servicio a un sitio que da servicio a 80 móviles, con una duración media de llamada de 20 segundos, con un número medio de llamadas en la hora cargada de 3. Para cumplir con objetivos de GOS considere un tiempo de espera de 20 segundos y una probabilidad de rebasar del 5%.

Para dar solución al enunciado empleamos la formula (1) y reemplazamos valores:

2) Empleando (1)

$$A = \frac{80 * 3 * 20}{3600} = 1.33[\text{Erlang}]$$

H = 20 tiempo de cada llamada.

M = 80 equipos por sitio.

L = 3 llamadas en hora cargada.

La probabilidad de que una llamada tenga que esperar está dada por la fórmula (2).

Para saber cuántos canales son necesarios, se procede a realizar el cálculo reemplazando los valores de N en la formula (2).

$$P_D = C(A, N) = \frac{\frac{1.33^N}{N!} \frac{N}{N-1.33}}{\sum_{k=0}^{N-1} \frac{1.33^k}{k!} + \frac{1.33^N}{N!} \frac{N}{N-1.33}} = 0.081$$

Dónde:

N = Número de canales o time slots

C = Erlang C

Esta expresión permite usar las tablas del Erlang-B para el cálculo del Erlang-C

$$P(W > W_0) = 0.081 \exp\left[-\frac{(4-1.33)20}{20}\right] = 0.0056$$

$$N=1 \rightarrow 1.39 < 0.05$$

$$N=2 \rightarrow 0.51 < 0.05$$

$$N=3 \rightarrow 0.065 < 0.05$$

$$N=4 \rightarrow 0.0056 < 0.05 \leftarrow$$

Dónde:

$$W_0 = 5 \%$$

$$W_{os} = 20$$

$P(W > W_0)$ = Probabilidad de que el tiempo de espera obtenido sea menor al objetivo de diseño.

$P D$ = Probabilidad de demora

Finalmente, el promedio del tiempo de espera para cualquier llamada es:

$$W_a = \frac{0.0056 * 20}{(4-1.33)} = 0.61 \text{ s}$$

Por tanto, son necesarios 4 canales de para atender el trafico ofrecido además de un canal adicional para control o señalización.

Una vez mostrados los dos ejemplos de cómo se realizó el cálculo de canales para tráfico, erlang B y erlang C, además del tiempo de espera se muestran los resultados de todos los sitios de repetición del sistema troncalizado de la FTE en la tabla 3.4.

Para todos los cálculos se mantuvieron los parámetros de los ejemplos y solo variando el total de equipos por sitio.

Tabla. 3.4. Resultados Aplicación Formulas

#	SITIO	Provincia	Total Equipos Sitio	Erlang B	Erlang C	Wa (s)	N CANALES TRAFICO	CANAL DE CONTROL	CANALES UTILIZADOS
1	Cerro Las Cuevas	Carchi	30	0,5	0,39	0,38	3	1	4
2	Cotacachi	Imbabura	30	0,5	0,39	0,38	3	1	4
3	Condorcocha	Pichincha	60	1	2,7	2	3	1	4
4	Puengasí	Pichincha	60	1	2,7	2	3	1	4
5	Pasochoa	Pichincha	80	1,33	0,56	0,61	4	1	5
6	Pilisurco	Tungurahua	30	0,5	0,39	0,38	3	1	4
7	Cacha	Chimborazo	35	0,58	0,58	0,54	3	1	4
8	Cerro Azul	Guayas	60	1	2,7	2	3	1	4
9	Hito Cruz	Azuay	80	1,33	0,56	0,61	4	1	5
10	Portete	Azuay	80	1,33	0,56	0,61	4	1	5
11	Chilla	El Oro	82	1,41	0,73	0,75	4	1	5
12	Morupe	Loja	50	0,83	1,58	1,27	3	1	4
13	Motilón	Loja	50	0,83	1,58	1,27	3	1	4
14	Villonaco	Loja	50	0,83	1,58	1,27	3	1	4
15	Zapallo	Esmeraldas	40	0,66	0,84	0,74	3	1	4
16	Bombolí	Sto. Domingo de los Tsachilas	50	0,83	1,58	1,27	3	1	4
17	Salinas	Santa Elena	40	0,66	0,84	0,74	3	1	4
			907				55 CANALES		72 CANALES

Los parámetros utilizados para los cálculos fueron los siguientes:

H = 20 tiempo de cada llamada.

M = Total de equipos por provincia y por sitio.

L = 3 llamadas en hora cargada.

Wo = 5 %

Wos = 30

Al realizar los cálculos da como máximo 4 canales para tráfico por sitio para lo cual se debe agregar un canal de control por lo que tendremos como máximo 5 canales.

Se calculó un total de 55 canales utilizados para tráfico como se muestra en la tabla 3.4 en el sistema troncalizado. Se suman 17 canales de control uno por cada sitio de repetición. Dando un total de 72 canales para dar una buena calidad de servicio. Los canales contratados por la FTE con la SENATEL son de 75 canales. Por lo que la FTE

ha manifestado la necesidad de conservar la canalización actual, para poder emplear en su totalidad el sistema troncalizado y darle un uso adecuado.

3.5.3 Análisis de la capacidad

Se puede valorar claramente, que conforme se incrementa el tráfico cursado por las estaciones, es decir, a medida que aumenta el número de usuarios en las estaciones (30, 40, 50, 80 usuarios), el servicio presenta mayores complicaciones de rechazo, refiriéndonos con esto, a la elevada probabilidad de bloqueo (Erlang B) en este servicio:

30 usuarios → PB = 0.5 %

40 usuarios → PB = 0.66%

50 usuarios → PB = 0.83%

80 usuarios → PB = 1.33%

Considerando que, para ser un buen servicio, la probabilidad de bloqueo no debe superar el 5%.

Por otro lado, se presentan también tiempos de espera muy buenos (Erlang C).

30 usuarios → Wa = 0.38 segundos

40 usuarios → Wa = 0.74 segundos

50 usuarios → Wa = 1.27 segundos

80 usuarios → Wa = 0.61 segundos

Considerando que, para ser un sistema aceptable, el tiempo de espera, no debe superar los 30 segundos.

3.6 DISEÑO EN LA RED DE TRANSPORTE

Una vez ya calculados los canales necesarios para tráfico en el ítem 3.5 se procede a plantear la red de transporte necesaria para el sistema troncalizado de la fuerza terrestre.

En la siguiente grafica se aprecia los sitios de repetición ubicados en su respectiva provincia a nivel nacional, la gráfica muestra las ramificaciones del sistema troncalizado de la FTE.



Figura. 3.17. Sistema troncalizado en el Ecuador

Se utiliza un total de 72 canales tanto para tráfico y control o señalización, consecuentemente se debe analizar las líneas dedicadas y cual se debe emplear.

Las líneas empleadas a nivel mundial pueden ser tanto E1 o T1 nosotros hemos adoptado el sistema Europeo por tanto se define las características de cada uno de estos:

- E0 → (64 Kbps)
- E1 → 32 Canales E0 (2Mbps)
- E2 → 128 Canales E0 (8 Mbps)
- E3 → 16 Canales E1 (34 Mbps)
- E4 → 64 Canales E1 (140 Mbps)

Una vez mostradas la capacidad de las líneas dedicadas procedemos a calcular cuántos de ellos serían necesarios para dar un buen servicio.

Un E1 equivale a 32 canales, se necesitan 72 por simple división podemos apreciar que se necesitan 3 E1 en el master site en Cuenca para poder dar un buen servicio en todas las repetidoras del sistema troncalizado.

Para lograr un acceso a todos los sitios de repetición también se hace uso de infraestructura prestada por el COMACO estos puntos son:

- Buerán
- Carshau
- Cerro 507
- Animas
- Azucena
- Igualata

Haciendo uso de estos puntos de repetición podemos tener acceso a las repetidoras del sistema troncalizado de la FTE.

En las Figuras 3.19, 3.20, 3.21, 3.22, 2.23; se muestran la forma de llegada a los distintos sitios.

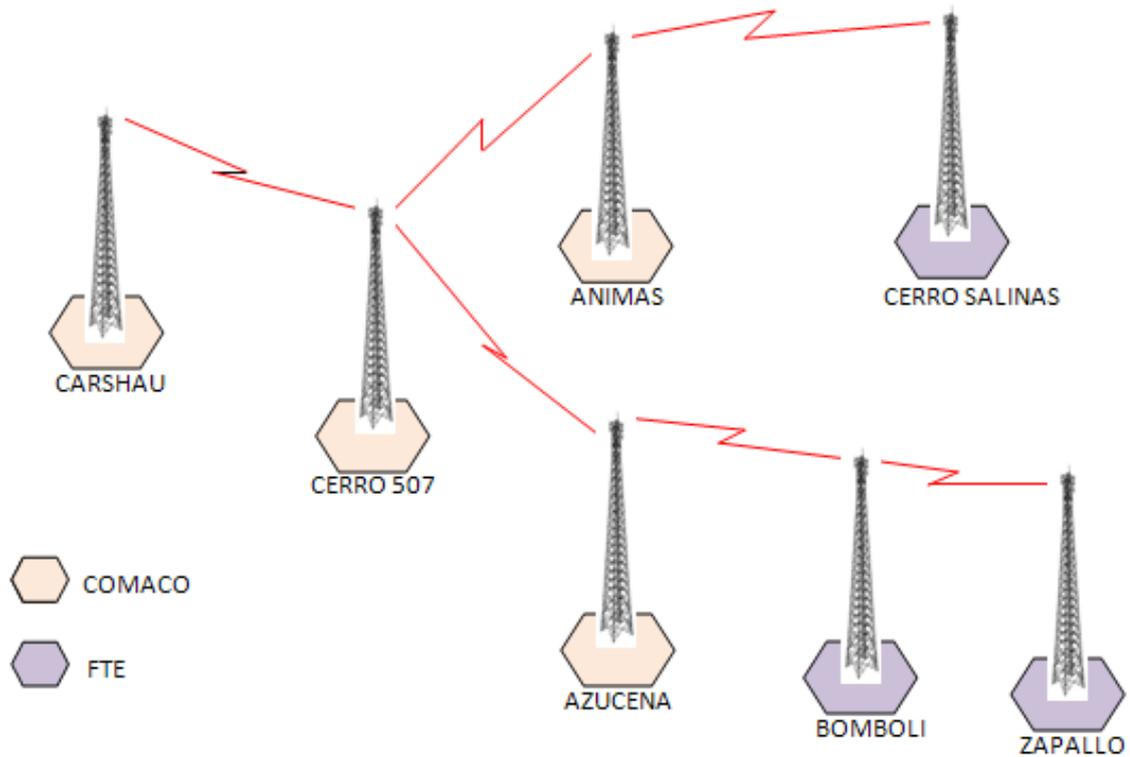


Figura. 3.18. Forma de acceso a Cerro Salinas, Bombolí y Zapallo

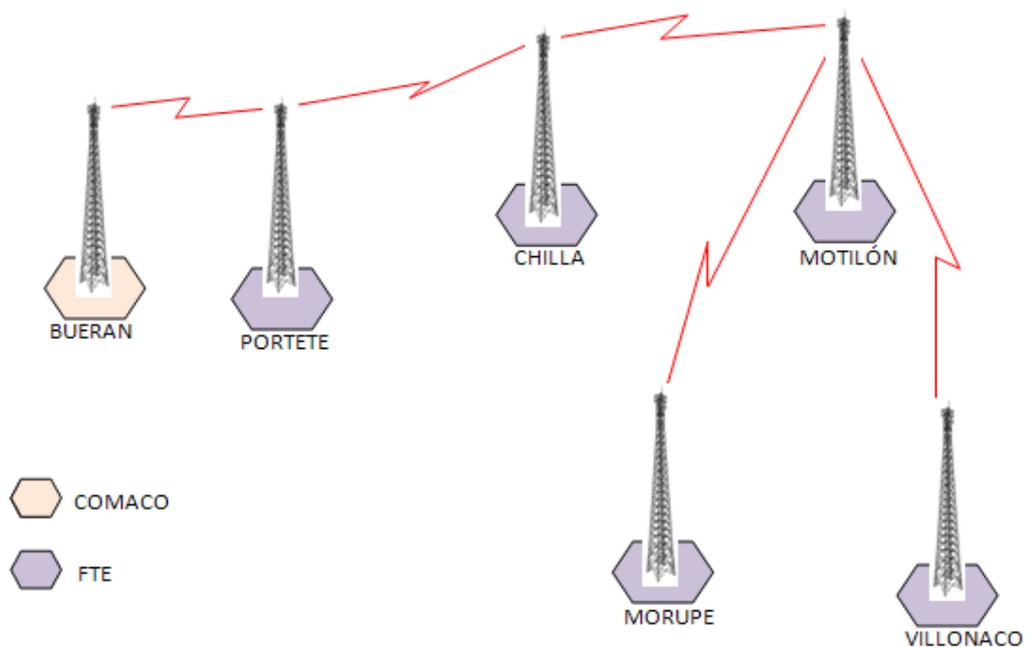


Figura. 3.19. Forma de Acceso a la región Sur del País

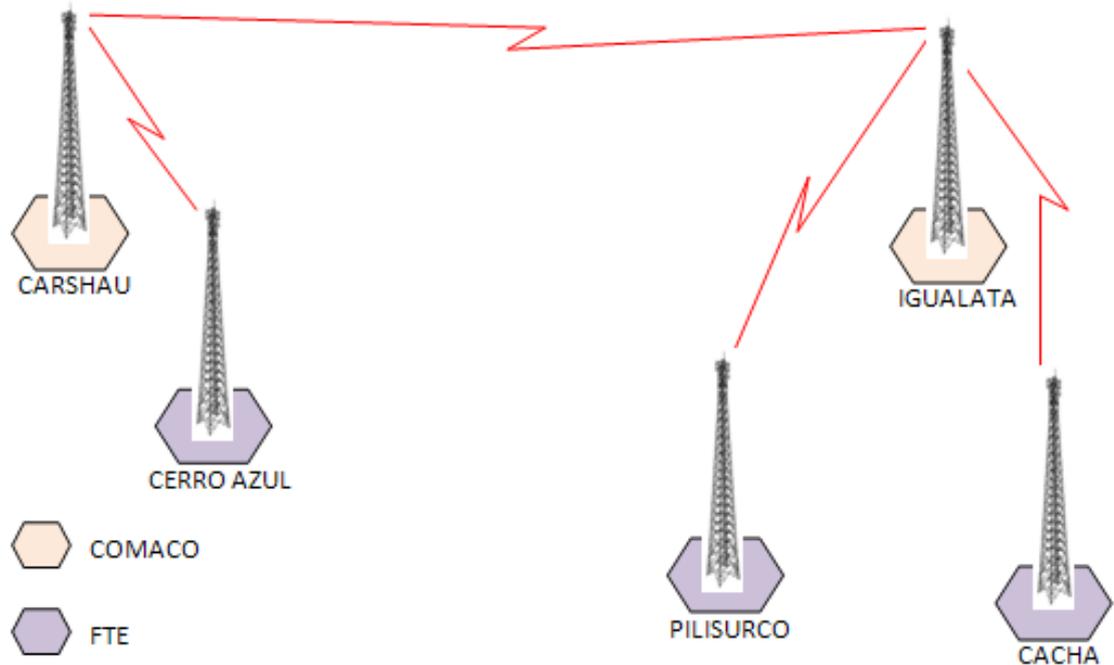


Figura. 3.20. Acceso por medio de Carshau e Igualata

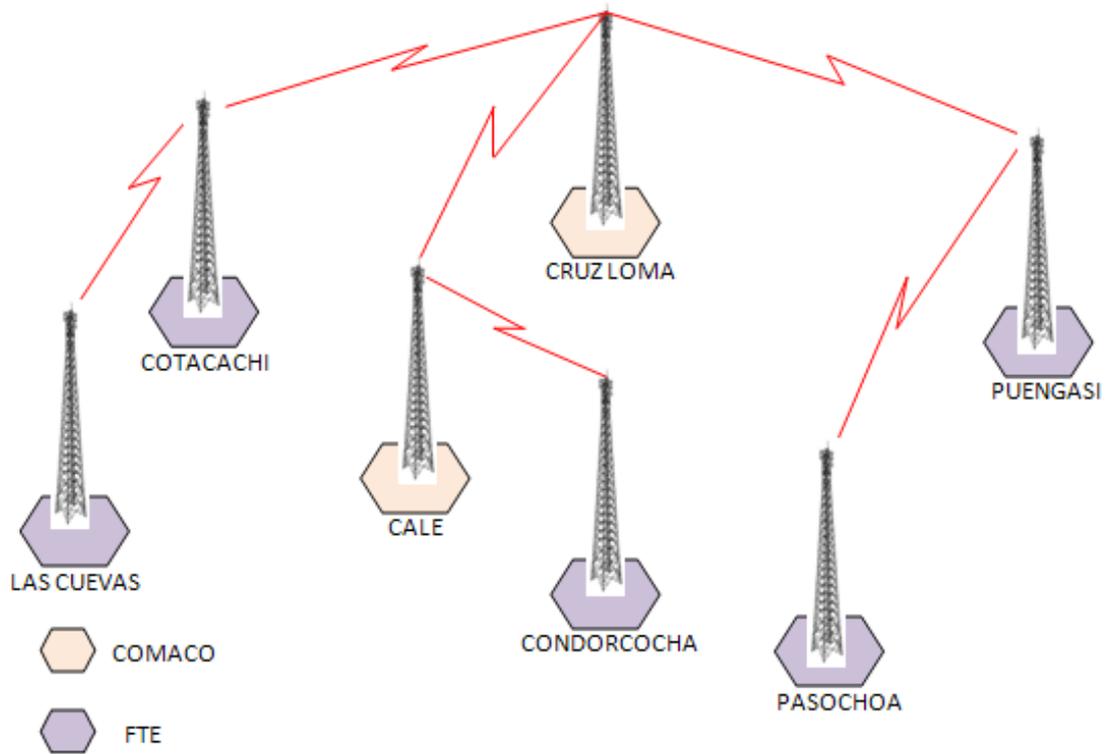


Figura. 3.21. Acceso por medio de Cruz Loma

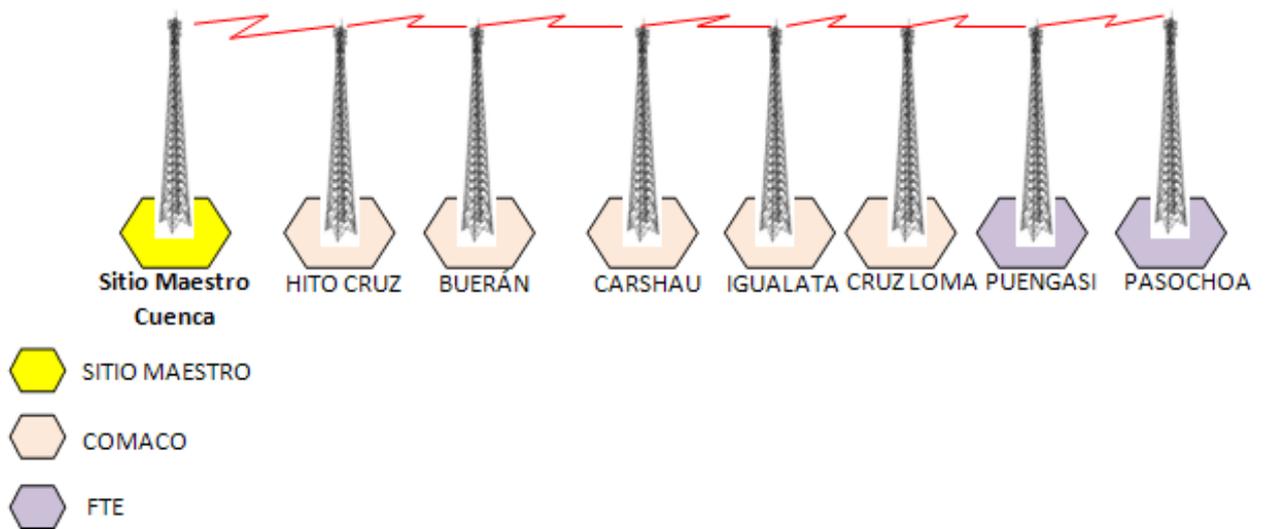


Figura. 3.22. Backbone Principal de Acceso

3.7 INTEGRACIÓN DE SERVICIOS DEL SISTEMA TRONCALIZADO

3.7.1 ASTRO®25

El sistema troncalizado ASTRO 25 de Motorola ofrece una amplia variedad de servicios avanzados de llamado para servir las exigentes necesidades de comunicación de diversas instituciones de misión crítica. Los principales se listan a continuación:

- Llamada de grupo
 - llamada de grupo con transmisión Trunking
 - llamada de grupo con mensaje Trunking
- Multi-Llamada de grupo
- Alarma de Emergencia / Llamada
 - Emergencia Top-of-Queue
 - Emergencia Ruthless Pre-emption
- Llamada individual (llamada privada)
- Alerta de llamada
- Interconexión telefónica
- Algoritmo Compartido de Servicios Dinámicos
- Home Zones

3.7.2 Movilidad

El sistema troncalizado de área ancha ASTRO[®]25 de Motorola ofrece un sofisticado conjunto de funcionalidades de movilidad y una operación de usuario simplificada mientras se garantiza que el radio operará en el sitio óptimo. Estas son algunas de las funcionalidades de movilidad en área ancha:

- Registro automático en el sitio
 - De - Registro
 - Cambio automático en el sitio
- Llamada de grupo activa de una zona a zona
- Interconexión de llamadas activas de zona a zona
- Continuación activa de llamadas privadas de zona a zona
- Sitios recomendados
 - Siempre preferido
 - Preferencia
 - Menos preferido
 - No hay preferencias
- Asignación dinámica de la web
- Llamada de grupo de control de acceso por web (sitios válidos)
- Una llamada privada control de acceso por web (sitios válidos)

3.7.3 Usuario

Las siguientes funcionalidades están diseñadas para facilitar el manejo del sistema para los usuarios:

- Prioridad del usuario recientes
- Múltiples niveles de prioridad
- Grupo de conversación de escaneo
- Prioridad del monitor
- Audio de interrupción
- Trabaja únicamente en los sitios solicitados

3.7.4 Consola de Despacho

- Consola de Afiliaciones
 - Consola de Afiliación / Des-Afiliación
 - Grabación de registro de grupos de conversación entre zonas
- Consola de llamadas de grupo
 - Consola de grupo de conversación
 - Consola multi-grupo de llamadas
 - Consola Sólo grupos de conversación de llamadas
 - Llamada de emergencia / alarma
 - Todos los puntos de transmisión de anuncios ("MSEL un solo botón")
 - Funcionamiento en paralelo operadores-limitadas
- Consola de Procesamiento de llamada individual
 - APCO Proyecto 25 llamada privada
 - Alerta de llamada a través de fronteras Zona
- Revisión de audio
 - Manual de Revisión troncalizado de llamadas de grupo
 - Manual de Revisión de Recursos Locales convencionales
 - Parche Permanente Local para llamadas de grupos
 - Revisión de teléfono local
 - Parches por la posición de funcionamiento
- Super grupo
 - Grupo Re-agrupación utilizando Zona Local MSEL
 - Grupo de parches sin reagrupación
 - Multi-Selección sin Grupo Re-agrupación
- Consola de Gestión de disponibilidad
 - Indicación de disponibilidad y de devolución de llamada
 - Consola de transmisión prioridad
- Otros atributos de la consola
 - Asignación de llamada de grupo
 - Asignación por defecto
 - Supervisor de la consola y el Supervisor Desactivar/Activar

- Consola de ID de pila
- PTT ID Display con Alias
- Tonos de alerta a través de la consola
- Indicador de llamada inteligente en la consola
- Alerta de llamada a través de consola
- Táctica prioridad de asignación de una consola
- Grupo de conversación Repita Deshabilitar
- Consola de registro de actividad y grupos de conversación de selección
- Consola Todos Silencio
- Altavoces asignable y resumen de audio
- Telefonía SPI

3.7.5 Gestión de Red

- Reagrupamiento dinámico
- Tormenta de Planes de Reagrupamiento dinámico
- Radio de inhibición selectiva

3.7.6 Sitios de repetición

- Canalizaciones y el sitio local (LST)
- Errores de Operaciones
- Nivel de preferencial del canal de control

3.7.7 Datos de Sistema

- Mensajes individuales
- Tipo de entrega (buffer)
- Confirmación de entrega
- Prioridad de voz de encendido / apagado del suscriptor

3.7.8 Encriptación de Voz

- Single Key Encryption
- Multi-Key Encryption

3.7.9 Suscriptores

- Atributos de movilidad del suscriptor
 - ASTRO continuo PTT y de emergencia ID
 - 32 Sitios recomendados
 - Convocatoria de Coordinación Mientras recibe (cambio de sitio)
- Funciones de suscriptor
 - Home site (Preferencia de sitio de operación)
 - Indicación del sitio Trunking
 - Indica si esta fuera del rango
 - Control de salida de canal adyacente Palabra de señalización (OSW)
 - Reintento automático
 - Orientación inadecuada de Protección de radio
 - 32 Lista de control de canal
 - Análisis completo del espectro
 - Llamada privada
 - Control de energía de adaptación
 - Llamada de Coordinación
 - Clasificación de Control de Uso de Canal RSSI

3.8 Equipos necesarios para la migración del sistema troncalizado.

Bastidor 19''



Figura. 3.23. Bastidor de 19'' estándar

Subsistema de Sitio Expansible GTR 8000

- Módulos de Controlador de Sitio Redundantes
- Hasta seis módulos transceiver
- Hasta seis módulos amplificadores de potencia
- Hasta seis módulos de fuente de potencia
- Equipos RFDS para los caminos de transmisión y recepción
- Panel de juntura, para la conexión con otros dispositivos.



Figura. 3.24. Subsistema de Sitio Expansible GTR 8000

Funciones del Controlador de Sitio GCP 8000:

- Provee la interfase de control entre el Sitio de Repetición GTR 8000 y el Sitio Maestro
- Es capaz de soportar 28 canales troncalizados usando los X-hubs
- Soporta la operación DDM (Dynamic Dual Mode)

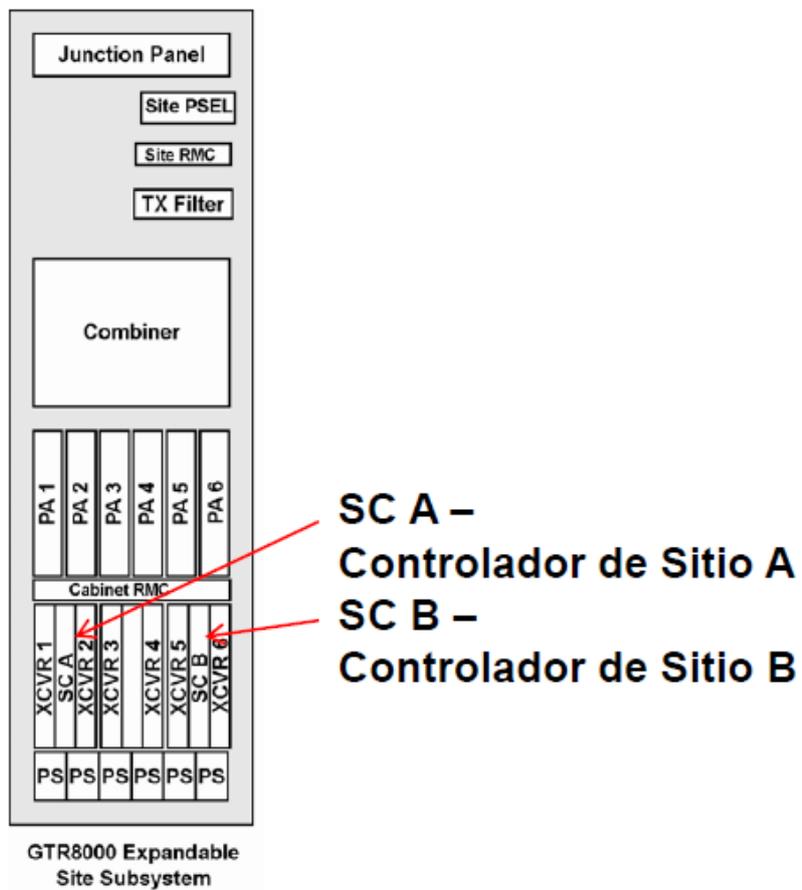


Figura. 3.25. Funcionalidades GTR 8000

Enrutador del Sitio

El enrutador del sitio proporciona una interfase WAN que maneja todo el tráfico hacia y desde la zona para el sitio de RF incluyendo:

- Voz
- Control
- Datos
- Tráfico de administración de red

Vista Frontal:



Figura. 3.25. Enrutador GTR 8000

Radio Base

La radio base GTR 8000 proporciona el enlace de Radio Frecuencia (RF) entre el sistema y el suscriptor / radio móvil

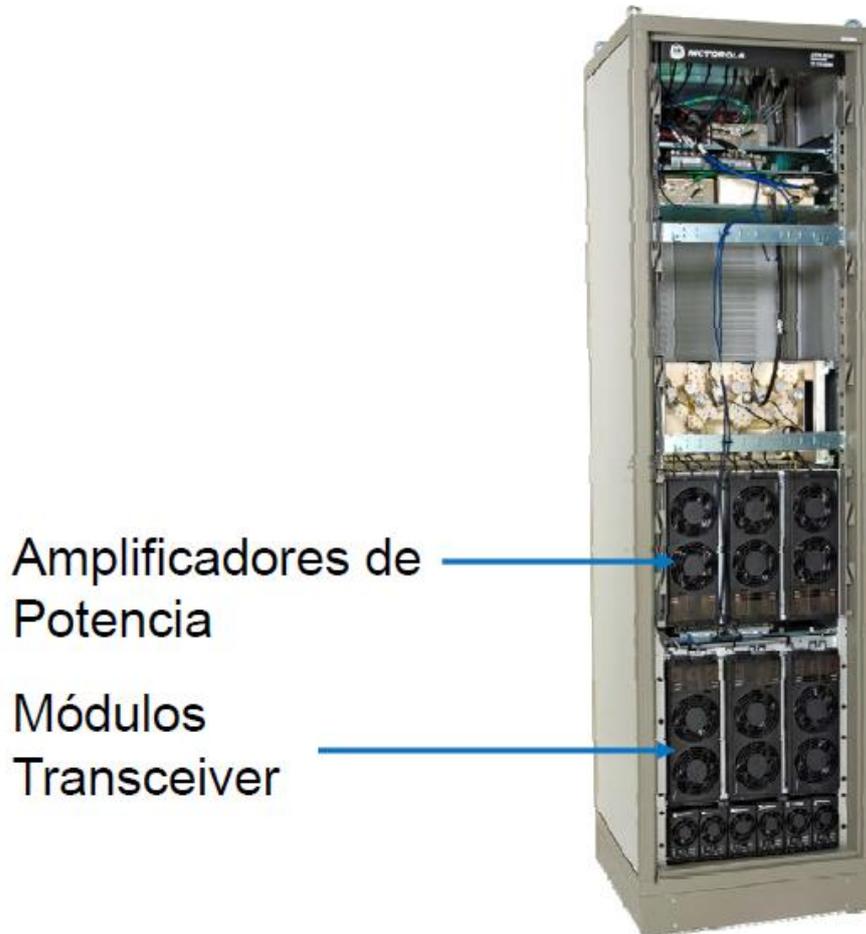


Figura. 3.26. Radio base GTR 8000

Controlador de Sitio GCP 8000 Vista Frontal

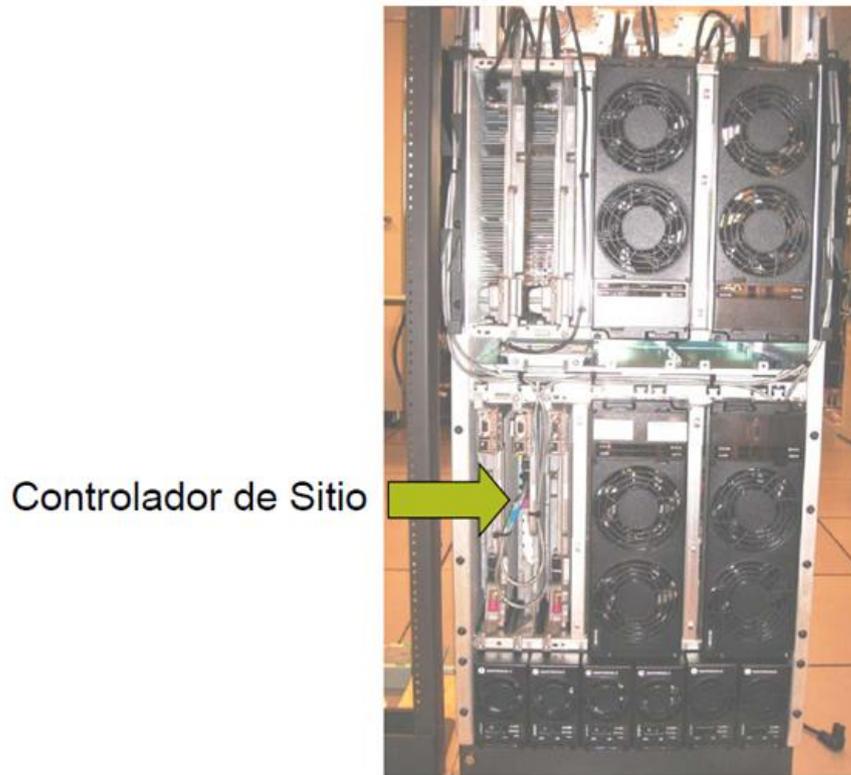


Figura. 3.27. Controlador del Sitio GTR 8000

Vista Interior del Controlador de Sitio GCP 8000

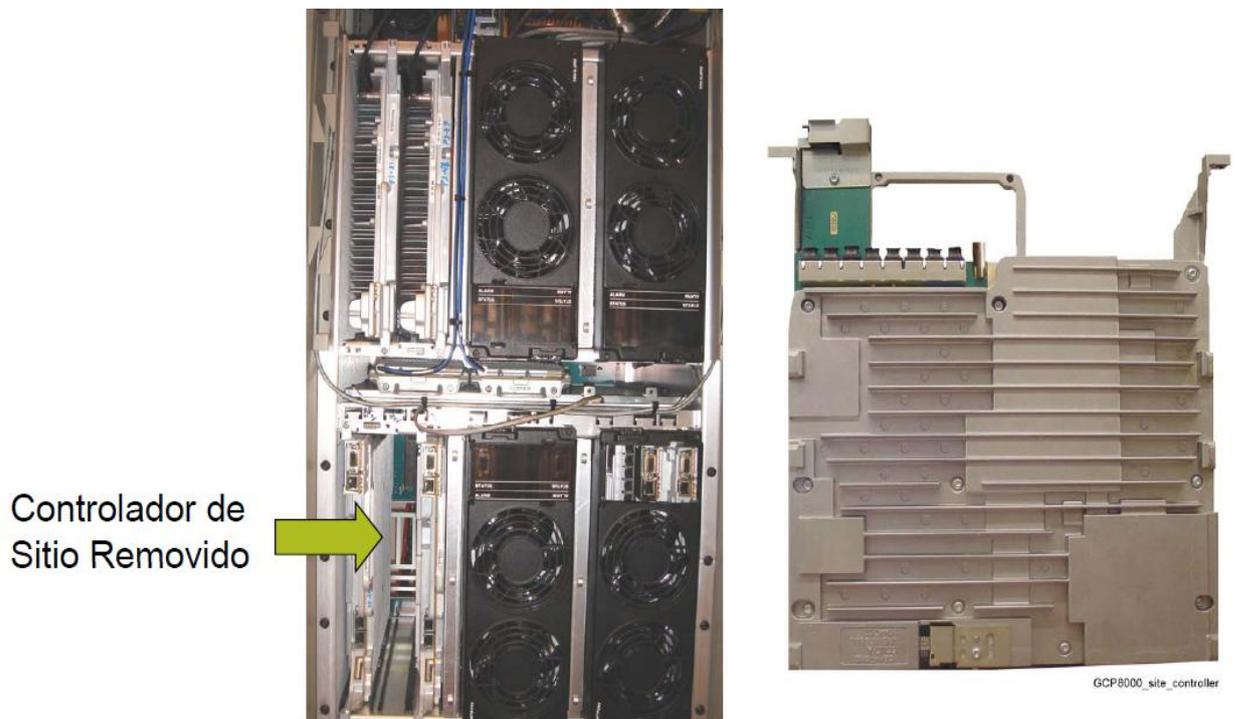


Figura. 3.28. Controlador de Sitio

Generalidades del Hub de Expansión



Figura. 3.29. Hub de Expansión (X-Hub)

Switch Ethernet Embebido

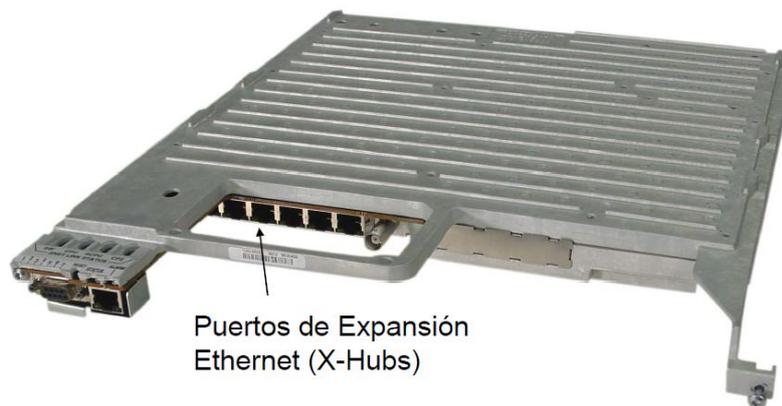


Figura. 3.29. Switch Embebido

Puertos del Controlador de Sitio GCP 8000



Figura. 3.30. Puertos del Controlador de Sitio GCP 8000 (Vista Frontal)

Fuente de Potencia



Figura. 3.31. Fuente de Potencia

- Opera con entrada AC o DC
- Fuente AC (90 a 264 VAC, 47-63 Hz)
- Fuente DC (43.2 VDC a 60 VDC)
- LEDs para Alarmas, Estados y Ventiladores

Filtro Preselector del Sitio (UHF, 450–512MHz)

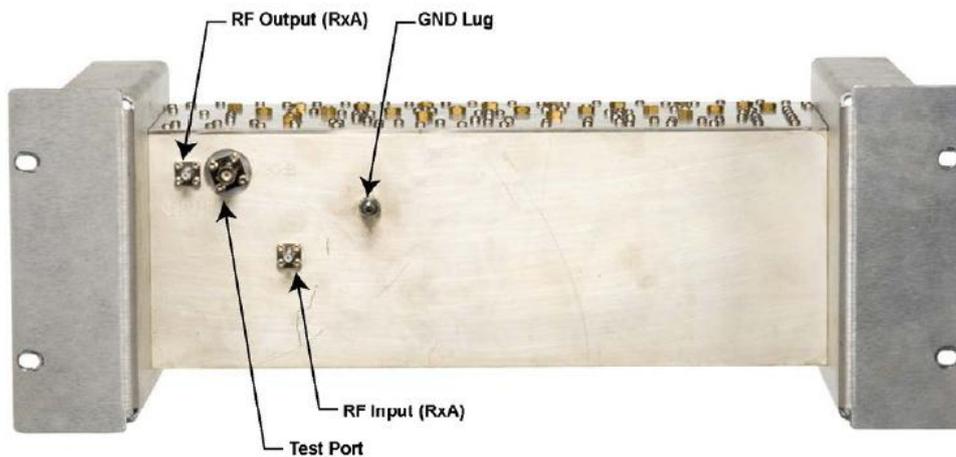


Figura. 3.32. Filtro Preselector del Sitio GTR 8000

Multi-acopladores de recepción del sitio (RMC)/Amplificadores de Bajo Ruido (LNA)

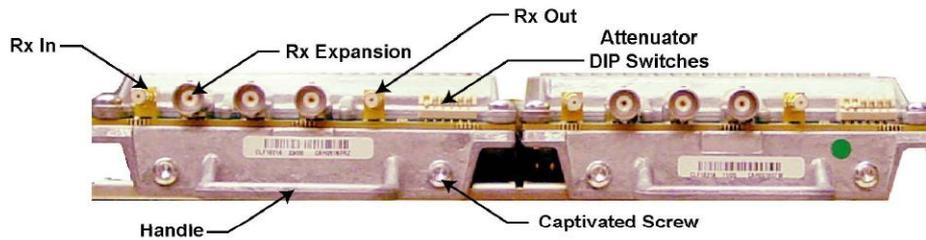


Figura. 3.33. Bandeja RMC del Sitio GTR 8000 con los módulos RMC/LNA (Vista Frontal)

Multi-acopladores de recepción del sitio/Amplificadores de Bajo Ruido



Figura. 3.34. Bandeja RMC del Sitio GTR 8000 (Vista Posterior)

Enrutadores del Sitio

Enrutadores Series S2500 Soportan Interfaces a:

- Un puerto Ethernet (10Base-T/100Base-TX)
- Un puerto WAN/Telco, puerto T1/E1 (en el módulo A de I/O)
- Un puerto FlexWAN
- Un puerto de Consola (serial)
- Cuatro puertos 4-hilos E&M (para ayuda mutua convencional analógica basada en IP)

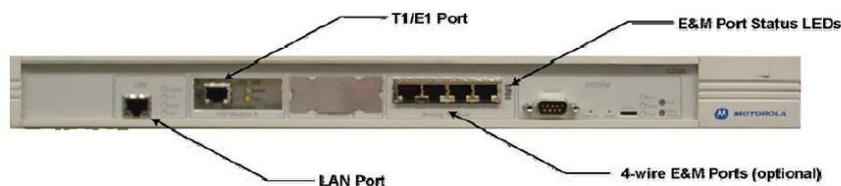


Figura. 3.35. Enrutador S2500 (Vista Frontal)

Características del panel posterior del enrutador de sitio (de izquierda a derecha):

- Receptáculo de potencia AC
- Switch On/off
- Receptáculo de potencia DC
- Etiqueta de información de Software
- Tornillo de Tierra

**Figura. 3.36 Enrutador S2500 (Vista Posterior)**

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS FINANCIERO

4.1 PRESUPUESTO DE EQUIPO YA IMPLEMENTADO SMARTZONE 3.Z

El Sistema troncalizado SmartZone de la FTE ha sido modificado, incrementándose por fases representando estas una expansión del sistema troncalizado inicial.

Y estas expansiones ha representado una fuerte inversión económica para la FTE a continuación se presenta como ha ido creciendo el sistema troncalizado y su respectiva inversión por fase.

En la tabla 4.1 se presenta la inversión realizada por la FTE en el sistema troncalizado en su primera fase.

En el año de 1997 se realizó la instalación del Sistema Troncalizado en su primera fase, con un costo aproximado de 6'300.000,000 (seis millones trescientos mil dólares), así:

Tabla. 4.1. Fase I

SITIO PRINCIPAL	
Controlador de zona	1
Manejador del controlador	1
Matriz de audio embassy	1
Banco de canales	1
Sistema de interconexión telefónica	1
Unidades de interfase DIU	29
Consolas de despacho	3
Suscriptores	546
SITIOS DE REPETICIÓN	
HITO CRUZ	4 CANALES
PORTETE	3 CANALES
CHILLA	5 CANALES
MOTILÓN	5 CANALES
VILLONACO	4 CANALES
MORUPE	3 CANALES
CERRO AZUL	4 CANALES
CON RADIOENLACES DIGITALES MOSELEY	
Total inversión (Dólares)	6 300 000

En el año de 2001 se realizó la ampliación del Sistema Troncalizado hacia el sector Norte del país, en su segunda fase, por un costo aproximado de 4. 500,000 (cuatro millones quinientos mil dólares), que comprendió la siguiente infraestructura:

Tabla. 4.2. Fase II

SITIOS DE REPETICIÓN	
IGUALATA	5 CANALES
PILISURCO	5 CANALES
CONDORCOCHA	5 CANALES
ATACAZO	5 CANALES
LAS CUEVAS	5 CANALES
CENTRO DE DESPACHO REMOTO QUITO y MICROONDAS	5 CANALES
Total inversión (Dólares)	4 500 000

En el año 2004 se realizó la ampliación del Sistema Troncalizado en el sector Norte del país, en su tercera fase, por un costo aproximado de 1. 800,000 (un millones ochocientos mil dólares), que comprendió la siguiente infraestructura:

Tabla. 4.3. Fase III

SITIOS DE REPETICIÓN	
CAMBIO DE ATACAZO A MIRAVALLE	5 CANALES
COTACACHI	5 CANALES
Total inversión (Dólares)	1 800 000

En el año de 2008 se realizó la Modernización de los radio enlaces digitales marca Moseley a Microondas marca CODAN, por un costo aproximado de 940.000 (novecientos cuarenta mil dólares), que comprendió la siguiente infraestructura:

Tabla. 4.4. Modernización radio enlaces

ENLACES DIGITALES	
ENLACE CUENCA- HITOCRUZ	
ENLACE HITOCRUZ BUERÁN	
ENLACE BUERÁN – CARSHAU	
ENLACE CARSHAU – CERRO AZUL	
ENLACE BUERÁN PORTETE	
ENLACE PORTETE – CHILLA	
ENLACE CHILLA MOTILÓN	
REUBICACIÓN ENLACE CUENCA-HITO CRUZ EN EL ENLACE MOTILÓN – VILLONACO	
REUBICACIÓN ENLACE HITO CRUZ BUERÁN EN EL ENLACE MOTILÓN – MORUPE	
Total inversión (Dólares)	940 000

En el año de 2009 se realizó la ampliación del sistema troncalizado, en cuarta fase, por un costo aproximado de 992.000 (novecientos noventa y dos mil dólares), que comprendió la siguiente infraestructura:

Tabla. 4.5. Fase IV

SITIOS DE REPETICIÓN	
GATAZO	5 CANALES
SANTA ELENA	5 CANALES
SANTO DOMINGO	5 CANALES
Total inversión (Dólares)	992 000

Adicionalmente se han realizado adquisiciones de radios por un costo aproximado de 1.000.000,00 (un millón de dólares):

Tabla. 4.6. Radio Portátil y móvil

SUSCRIPTORES	
RADIOS	Portátiles y móviles
Total inversión (Dólares)	1` 000.000

Adicionalmente se han realizado adquisiciones de radios por un costo aproximado de 1.000.000,00 (un millón de dólares):

A continuación se muestra una tabla resumen de todas las inversiones realizadas en el sistema troncalizado.

Tabla. 4.7. Total Inversión SmartZone

FASE	INVERSIÓN
Fase I	6.300.000
Fase II	4.500.000
Fase III	1.800.000
Fase IV	992.000
Modernización radio enlaces	940.000
Adquisición Radios	1.000.000
Total invertido En el Sistema Troncalizado Smartzone	15` 532.000

El capital invertido en la infraestructura y equipos del Sistema Troncalizado de la Fuerza Terrestre: **\$ 15.532.000,00 dólares americanos.**

4.2 PRESUPUESTO DE EQUIPO A IMPLEMENTAR APCO P25

Para realizar la migración del Sistema Troncalizado SmartZone a tecnología IP es necesario renovar toda la infraestructura a la tecnología basada en paquetes, para esto se requiere lo siguiente:

- a) Integración de las Consolas Centracom al nuevo sistema ASTRO25 7.x
- b) Actualización de los 17 sitios de repetición troncalizados
- c) Upgrades de todas las radios existentes del sistema troncalizado
- d) Adquisición de un TenSr
- e) Adquisición de Sistemas de Energía para Migración
- f) Módulos de 48 VDC
- g) Servicios Integración y Soporte
- h) Repuestos
- i) Servicios técnicos de desmontaje / instalación, programación y puesta en marcha del sistema.
- j) Estudios de ingeniería por parte de las empresas.
- k) Cursos de capacitación para el personal de técnicos de cuarto escalón.

4.2.1 CONTROLADOR PRINCIPAL Y SECUNDARIOS

El sistema provee un controlador primario multi-sitio, que procesa todas las llamadas del sistema y maneje todos los recursos del sistema. El procesamiento de llamadas debe incluir como mínimo, registros de radios y afiliaciones a través de los sitios remotos, verificar todos los privilegios de acceso de los usuarios, seleccionar y asignar canales disponibles, monitoreo y control de cada secuencia de llamada.

El controlador debe ser capaz de diagnosticar problemas del sistema y reportarlos a la terminal de gerencia. El controlador deberá ser redundante para maximizar la disponibilidad del sistema, aun cuando el mismo falle. Debe existir un controlador activo y uno en configuración redundante, el cual asumirá el control de todas las funciones cuando el activo falle.

El controlador del sistema y de los sitios remotos deberán realizar todas las actividades de control necesarias para verificar completamente el sistema de radio troncalizado. El controlador Maestro y los controladores de sitios son redundantes. Se incluye todo el hardware y software necesario para el completo monitoreo y control del sistema de radio troncalizado. Los controladores soportan todas las funciones de un sistema troncalizado de misión crítica; incluyendo la asignación automática de canales de radiofrecuencia de acuerdo con los niveles de prioridad, lista de espera, asignaciones para entrar a una conversación en proceso, capacidad de comunicaciones seguras de voz, opción de usuario reciente, y entradas al sistema.

Los controladores monitorean todos los canales de voz y de control del sistema troncalizado multisitio. Los controladores tienen suficiente capacidad de procesamiento y memoria para soportar completamente estas funciones durante condiciones de alto tráfico dentro de los límites de capacidad de canales y sitios del sistema. Los controladores cumplen con el estándar Proyecto 25, sus funcionalidades, y objetivos de desempeño, incluyendo la Interfase Común sobre el Aire (CAI), y el procedimiento de troncalización.

Los controladores procesan y ejecutan peticiones de servicio de las unidades de campo, estaciones de control y la asignación de canales deberá ser automática y transparente al usuario. Los controladores reconocen a los grupos, subgrupos, e ID de las unidades; y deberán enrutar los mensajes acordemente.

El controlador del sistema y otros elementos del sistema de radio troncalizado asignan un canal de radiofrecuencia en menos de 500 milisegundos desde la recepción de la primera petición de servicio, asumiendo que haya un canal de radio frecuencia disponible y una carga de tráfico máxima para la cual haya sido diseñado el sistema.

El controlador del sistema realiza la interfase con el sistema de gerenciamiento, sistema de consola y controladores de sitios para monitorear los parámetros del sistema y del equipo.

Los controladores son capaces de detectar fallas en una repetidora y/o cualquier otro elemento del sistema y tomar acciones correctivas apropiadas para mantener el sistema troncalizado en operación. Los controladores de sitios son capaces de soportar modos de falla sucesivos para mantener la operación troncalizada del sistema mientras sea práctico (site trunking), antes de cambiar a operación convencional (failsoft).

Los controladores son capaces de eliminar a sitios individuales del sistema multisitio en el caso de una falla en dicho sitio, sin que el sitio tenga que cambiar a operación

convencional, sino que pueda mantenerse en operación troncalizada de sitio “site trunking”, para casos de falla en el enlace hacia el sitio maestro. Todas las fallas de los equipos son reportadas a la terminal de gerenciamiento del sistema para análisis subsecuentes y resolución de las mismas.

El controlador principal del sistema y controladores de sitios son instalados en un bastidor de 19” estándar, de un tamaño adecuado para la instalación del equipo electrónico de los mismos.

La actualización del controlador maestro contará con las licencias necesarias para:

- Todos los servidores del sistema.
- Firewall.
- Antivirus.
- Radios suscriptores a incorporarse.
- Licencias para todos los sitios de repetición.
- Licencias para las consolas de despacho adicionales.
- La actualización que sea necesaria para los demás dispositivos a fin de garantizar que el sistema quede funcionando en óptimas condiciones.

Dado lo anterior se plantea una solución a todos los requerimientos y se muestra en la siguiente tabla un costo aproximado de la migración del sistema troncalizado de la FTE.

Tabla. 4.8. Costo Estimado de la migración

CONCEPTO	CANT.	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
<i>Master Site</i>	1	1.786.372	1.786.372,00
<i>Integración Consolas Centracom</i>	6	67.084,17	402.505,00
<i>Actualizaciones Sitios TRUNKING</i>	17	114.110,50	1'939.878,60
Upgrades terminales	907	297,68	270.000,00
TenSr	5	22.416,00	112.080,00
Sistemas de Energía para Migración	17	2.941,17	50.000,00
Servicios de Soporte	1	832.001,38	832.001,38
Servicios de Integración	1	843.728,00	843.728,00
Repuestos	1	412.285,00	412.285,00
TOTAL ESTIMADO UPGRADE			6'648.849,98

4.2.2 Análisis costo beneficio

Este análisis trata de cuantificar tanto costos como beneficios del proyecto planteado, para poder estimar el impacto financiero de lo que se pretende lograr. Es necesario indicar que los beneficios no pueden ser solo en el aspecto financiero, también pueden tener beneficios en el aspecto social o beneficios de eficiencia y operatividad, punto que es vital en una institución como la Fuerza Terrestre.

Anteriormente se detalló la gran inversión que ha presentado el sistema troncalizado actual, tanto en su implementación como en su expansión con sus correspondientes fases, por tanto se ve la necesidad de reutilizar la mayor cantidad de equipos e infraestructura posible ya existente.

La actualización del sistema troncalizado en el master site y en los puntos de repetición. Abarca un costo aproximado de **6'648.849,98**

La elección de la tecnología APCO en el proyecto 25 para la migración garantiza un cambio sutil a la nueva tecnología sin que esta migración represente el cese de actividades del sistema troncalizado de la FTE. Además de un significativo ahorro económico en cuanto a la infraestructura y equipos.

La tecnología de APCO ha sido adoptada por 65 países y con más de 750 aplicaciones a nivel mundial, esto refleja la gran acogida de esta tecnología y las robustas soluciones que ofrece en sistemas troncalizados.

Para la migración el Sitio Maestro o Master Site, será el sitio que comprenda la mayor transformación en cuanto a equipos y software. Los sitios de repetición será reconfigurados o reemplazados en algunos casos para que puedan funcionar correctamente con la nueva plataforma.

El análisis costo beneficio se ve reflejado en las ventajas que este nuevo sistema troncalizado presta a la FTE. A continuación se muestra en la tabla 4.9 el costo beneficio que representa para la FTE.

Tabla. 4.9. Costo Beneficio.

Oportunidad	Beneficio	Costo	Deseable	
			Si	No
Estándar	Estándares orientados a los usuarios	-	√	
Interoperabilidad	El equipo de radio que es compatible con los estándares P25.	-	√	
Longevidad	Equipos que serán amigables futuras tecnologías, siendo posible realizar futuras migraciones	-	√	
Rehusó Infraestructura y Suscriptores	Se reutiliza casi en su totalidad la infraestructura construcciones (torres, repetidoras)	-	√	
Aplicaciones de datos	Nueva tecnología que integra datos ya no solo es analógica sino digital IP	-	√	
Seguridad	Mayor seguridad e encriptación tanto en voz como datos.	-	√	
Datos integrados	Integra Voz, Datos, IP Funcionalidades avanzadas	-	√	
		6'648.849,98		

Como se puede apreciar son muchos los beneficios que representa la migración del sistema troncalizado pues se adopta una tecnología de punta y líder a nivel mundial, cabe mencionar que la tecnología IP actualmente se encuentra en todas las áreas de las comunicaciones de ahí la importancia de contar con una infraestructura y plataformas que permitan la completa operatividad con este tipo de sistema.

En cuanto a costos el valor analizado es razonable para una migración que servirá de base para futuras migraciones a nuevas tecnologías, se denota que el proyecto 25 y ASTRO son estándares, por ejemplo SmartZone emplea APCO 16 y ahora la propuesta es APCO 25 ya que se basa en el proyecto 25 que es un estándar a nivel mundial para el desarrollo de nuevas tecnologías.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.3 CONCLUSIONES

1. La tecnología APCO-P25 IP y las instalaciones de los sitios de repetición pueden alcanzar distancias de hasta 100Km en áreas geográficas diversas.
2. Durante los últimos años la tendencia de las telecomunicaciones se han orientado hacia la tecnología IP, y es por hoy el estándar aceptado a nivel mundial. Siendo el Sistema Troncalizado el medio principal de comunicación en las unidades de la de la Zona Sur y Callejón Interandino del país, es indispensable migrar hacia una nueva versión como es la APCO P25 IP.
3. Por razones de confiabilidad y eficiencia se requiere de una infraestructura de conmutación basada en VoIP así como comunicación IP entre sitios remotos y el sitio central, APCO P25 IP es escalable y el tráfico en la red se optimiza respecto a las redes de circuitos, también permite la convergencia de servicios de voz y datos y facilita la interconectividad.
4. Dada la factibilidad de interconexión con otras redes informáticas, se puede incluir equipamiento de seguridad para prevenir ataques, acceso de usuarios no autorizados, y virus o códigos que pudieran afectar su funcionamiento y operación.

5. La propuesta de migrar el Sistema Troncalizado SmartZone a la plataforma APCO-P25 MODO IP, es una solución completamente digital con el mejor rendimiento posible y una excelente solución técnica para satisfacer los requerimientos de instituciones de seguridad pública como es la FTE y permitirá mantener operativo el Sistema Troncalizado.
6. Permite la integración de nuevos servicios de punta como son: telefonía IP, aplicaciones GIS, entre otras además de conseguir el soporte y provisión de repuestos a nivel nacional e internacional.
7. Ofrece funcionalidades que no pueden ser resueltas por sistemas de redes celulares GSM como las llamadas de grupo (uno a muchos), talkaround u operación back-to-back.
8. Se puede incorporar aplicaciones gráficas de Sistema de Información Geográfica GIS, para lo cual habría que adquirir el software y hardware necesario (servidores y gateways en el sitio maestro). Lo que permitiría mantener localizados en tiempo real a las unidades de radio del sistema troncalizado.
9. APCO P25 IP duplica la capacidad del espectro radioeléctrico actual ya que de 50 Khz trabajara a 25 Khz en una primera fase y teniendo la posibilidad de llegar a 12.5 Khz en una segunda fase.
10. El espectro radioeléctrico se encuentra utilizado en un 66% por lo que los sistemas de radios móviles, fijos y portátiles de los sitios deben ser utilizados con mayor frecuencia.

5.4 RECOMENDACIONES

1. El total de capitales invertidos en la infraestructura y equipos del Sistema Troncalizado de la Fuerza Terrestre: \$ 15.532.000,00 dólares americanos, por lo que se torna importante no desechar toda esta inversión ya realizada.
2. El hecho de pasar a un sistema basado en IP determinará ciertas configuraciones físicas y de red para poder ofrecer datos a los terminales. Es decir, se requiere equipamiento de red que separe los paquetes IP de voz y datos y los servidores del caso (AVL, SCADA, etcétera). La infraestructura requerida para realizar la migración se basa en la Arquitectura de paquetes.
3. Con la migración del Sistema SmartZone a MODO IP, la infraestructura del Sistema Troncalizado quedarán listos para transmitir datos a 9600 bps, según la norma APCO-P25 actual, pero se requiere que la FTE adquieran las aplicaciones tales como acceso a bases de datos, mensajería, AVL, etc. Las aplicaciones de transmisión de datos son diseñadas para transmitir eficientemente en modo semi-duplex
4. Las consideraciones técnicas para la transmisión de datos a 9600 bps se debe al ancho de banda limitado. En una portadora de banda angosta de 25/12.5 kHz, con modulaciones simples (analógica FM o digital de 4 niveles) y en equipos cuyo umbral de señal útil mínima se ubica alrededor de los -120 dBm este ancho de banda permite transmitir datos hasta 9.6 kbps. Por tanto se debe pensar en aplicaciones de datos que pueden operar satisfactoriamente a ese rango de velocidad. Estas aplicaciones podrían ser:
 - Datos de GPS (AVL).
 - Consulta de bases de datos.
 - Transmisión de mensajería electrónica liviana (texto y anexos livianos).
 - Transmisión de imágenes livianas de uso de inteligencia (fotos de sospechosos, imágenes de huellas).
 - Transmisión de formas prediseñadas para llenar en el campo.
 - Intranet limitado, con campos optimizados, sin gráficos.
 - Control remoto y monitoreo tipo SCADA.

-
5. Referente a la comunicación IP, al sistema de comunicaciones troncalizado se podrán integrar los sistemas de telefonía IP, para lo cual se deberá incluir un interfaz telefónico que opere bajo la norma APCO-25.
 6. Se recomienda una adecuada capacitación a los usuarios de las radios fijos, móviles y portátiles para que, las ventajas y beneficios del sistema troncalizado APCO P25 IP sean explotados de la mejor forma posible y no se considere como una inversión.
 7. APCO P25 IP ofrece una gran variedad de funcionalidades y aplicaciones por lo que se sugiere una vez implantado el sistema troncalizado se realicen nuevos proyectos para explotar al máximo las características de APCO P25 IP.

Bibliografía:

Sendín, Alberto, Fundamentos de los sistemas de comunicaciones móviles, primera edición, editorial MacGrawHill, España febrero 2004.

Calculadora Erlang B y C, www.personal.telefonica.terra.es/web/erlang/index.htm, agosto 2008.

Mundo Electrónico, cefisa, marzo 2004.

DIGICOM DIGITAL Proyecto Mode Troncalizado, Quito agosto del 2000

http://www.google.com.ec/url?sa=t&source=web&cd=2&ved=0CBcQFjAB&url=http%3A%2F%2Fsysdoc.doors.ch%2FMOTOROLA%2FEPPM.pdf&rct=j&q=troncalizado+que+es+smartzone&ei=Hn8aTPG9KsWAlAffmtG8Cg&usg=AFQjCNGkFjQriCd1kFxOWI_Esk0rHvNP8g

<http://www.claro.com.gt/en/Empresas/Servicios/Radios.aspx>

<http://www.aibarra.org/investig/tema0.htm>

<http://www.scribd.com/doc/14985751/Tipos-de-investigacion>

<http://www.p25suramerica.com/cursos.html> Sistema ASTRO® 25 de Voz y Datos Integrados Versión 7.7

<http://www.p25suramerica.com/cursos.html> Taller del Sitio de Repetición GTR 8000 Laboratorios

Fecha de Entrega:

.....

AUTOR:

Geoconda Cevallos T.

COORDINADOR DE LA CARRERA:

Ing. Gonzalo Olmedo