

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

ESTUDIO Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE COMUNICACIÓN DIGITAL DE VOZ CON TECNOLOGÍA TRUNKING PARA LOS POLIDUCTOS DE PETROCOMERCIAL REGIONAL NORTE

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN
ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

**ANDRADE HERRERA GEOVANY DAVID
VALLE PORTILLA EDWIN SANTIAGO**

DIRECTOR: ING. Erwin Barriga

Quito, Febrero 2008

DECLARACIÓN

Nosotros, Andrade Herrera Geovany David y Valle Portilla Edwin Santiago, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Andrade Herrera Geovany David

Valle Portilla Edwin Santiago

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente proyecto de titulación ha sido realizado en su totalidad por los señores: Andrade Herrera Geovany David y Valle Portilla Edwin Santiago

Ing. Erwin Barriga
DIRECTOR DE PROYECTO

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a cada uno de nuestros profesores de toda nuestra carrera universitaria, ya que con su guía hemos podido alcanzar una meta más en nuestras vidas. Y principalmente a Dios por darnos la bendición de llegar a estas instancias.

DEDICATORIA

Este proyecto se lo dedico principalmente a mi Madre, ya que gracias a sus consejos y apoyo hoy soy quien soy.

Dedicada también a toda mi familia y amigos quienes me supieron alentar en todos esos momentos difíciles. Y a mi princesita Ales quien llena mi vida de amor.

Dicen que detrás de cada gran hombre hay una gran mujer y esa eres tú mi madre.

Edwin Santiago Valle Portilla

Con mucho orgullo dedico este proyecto a la memoria de mi Padre y a mi querida Madre quienes supieron guiarme y apoyarme en el transcurso de mi vida, a mis queridos Hermanos, a mis inolvidables Amigos y a mi preciosa Dianita, que nunca me desampararon cuando mas los he necesitado y han sido un pilar fundamental en mi felicidad.

Geovany David Andrade Herrera

ÍNDICE

CAPÍTULO 1 ESTUDIO ACTUAL DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN VHF

1.1	INTRODUCCIÓN.....	1
1.2	SISTEMA DE VHF EN POLIDUCTO SHUSHIFINDI - QUITO.....	2
1.2.1	Terminales.....	2
1.2.1.1	Beaterio.....	2
1.2.1.2	Oyambaro.....	3
1.2.2	Estaciones de Bombeo.....	5
1.2.2.1	Chalpi.....	5
1.2.2.2	Osayacu.....	5
1.2.2.3	Quijos.....	6
1.2.2.4	Shushufindi.....	6
1.2.3	Cobertura de las Repetidoras de Comunicación.....	8
1.2.3.1	Guamani.....	8
1.2.3.2	Lumbaqui.....	8
1.2.3.3	Tres Cruces.....	9
1.3	SISTEMA VHF EN POLIDUCTO ESMERALDAS - QUITO - AMBATO... 14	
1.3.1	Terminales.....	14
1.3.1.1	Beaterio.....	14
1.3.1.2	Santo Domingo.....	14
1.3.1.3	Ambato.....	16
1.3.1.4	Esmeraldas.....	16
1.3.2	Estaciones de Bombeo.....	17
1.3.2.1	Corazón.....	17
1.3.2.2	Faisanes.....	17
1.3.3	Cobertura de las Repetidoras de Comunicación.....	19
1.3.3.1	Atacazo.....	19
1.3.3.2	Bijagual.....	19
1.3.3.3	Pilisurco.....	20
1.4	DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS DE COMUNICACIÓN VHF.....	23

1.4.1	Equipos Repetidores	23
1.4.1.1	MTR2000	23
1.4.1.2	QUANTAR	25
1.4.2	Radios Móviles y Bases	26
1.4.2.1	MARATRAC	27
1.4.2.2	MAXTRAC	28
1.4.2.3	Astro Spectra	29
1.4.2.4	PRO5100	30
1.4.3	Radios Portátiles	31
1.4.3.1	Astro SABER	31
1.4.3.2	HT1000	32
1.4.3.3	GP300	33
1.4.3.4	PRO3150	34
1.4.3.5	PRO5150	35
1.4.3.6	PRO7150	36
1.4.3.7	XTS1500	37
1.5	DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS RADIANTES Y DUPLEXORES PARA VHF	38
1.5.1	Antenas Yagui con dipolo doblado	38
1.5.1.1	Decibel Products TDD6323	38
1.5.2	Antenas de Arreglo Lineal de Dipolos	40
1.5.2.1	Decibel Products DB224	40
1.5.3	Antenas omnidireccionales móviles	41
1.5.3.1	Antenas sin Spring	42
1.5.3.2	Antenas con Spring	42
1.5.4	Duplexores	43
1.5.4.1	Duplexor Sinclair Q2220	43
1.5.4.2	Duplexor Sinclair Q202G	44
1.6	DIAGNOSTICO DEL SISTEMA VHF	46
1.6.1	Estadísticas de reportes telefónicos diarios en Poliductos	46
1.6.2	Estadísticas a través del monitoreo MonitorMGtron	50

CAPÍTULO 2 PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS TRUNKING ASTRO 25 DE MOTOROLA Y TETRA NEBULA DE TELTRONIC

2.1	CONCEPTOS DE SISTEMAS DE RADIO.....	52
2.1.1	¿Que es un Sistema de Radio?.....	52
2.1.2	Componentes de un Sistema Básico de Radio.....	52
2.1.3	Sistemas Convencionales de Radio	53
2.1.4	Sistema Distribuidor.....	54
2.1.5	Sistema Convencional Vs. radio TRUNKING.....	56
2.1.6	Tecnología TRUNKING.....	57
2.2	PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA TRUNKING	
	ASTRO 25 DE MOTOROLA.....	59
2.2.1	Elementos del Sistema Trunking ASTRO 25	60
2.2.2	Bandas de Frecuencia	62
2.2.3	Topología de Red.....	64
2.2.3.1	Tecnología TRUNKING ASTRO 25 SE.....	64
2.2.3.2	Tecnología Multicast.....	65
2.2.3.3	Planos de Tráfico	65
2.2.3.4	Subsistemas funcionales	67
2.2.3.4.1	Subsistema de proceso de llamada.....	67
2.2.3.4.2	Subsistema de Administración de Red.....	68
2.2.3.4.3	Subsistema de Operador de Consola.....	70
2.2.3.4.4	Subsistemas de Frecuencia de Radio.....	71
2.2.3.4.4.1	Repetidor Astro 25	71
2.2.3.4.4.1.1	Modos de Operación	73
2.2.3.4.4.1.2	Configuraciones del Subsistema	74
2.2.3.4.4.1.3	Repetidores de Sitio ASTRO 25.....	75
2.2.3.4.4.1.3.1	Repetidor de sitio QUANTAR ASTRO 25	75
2.2.3.4.4.1.3.2	Repetidor de Sitio STR 3000 ASTRO 25	78
2.2.3.4.4.1.4	Tiempo de Infraestructura de Sincronización de Día.....	79
2.2.3.4.4.1.5	Referencias del Sitio.....	80
2.2.3.4.4.2	Subsistemas SIMULCAST DIGITAL.....	81

2.2.3.4.4.2.1	Infraestructura.....	82
2.2.3.4.4.2.2	Comunicación y Enlaces del Interfaz.....	82
2.2.3.4.4.2.3	Topología de Red.....	83
2.2.3.4.4.2.4	Modos de operación	84
2.2.3.4.4.2.5	Sitio Primario SIMULCAST	85
2.2.3.4.4.2.6	Sitios SIMULCAST.....	89
2.2.3.4.4.2.7	Sitio remoto SIMULCAST	89
2.2.3.4.4.2.8	Sitios remotos esenciales	91
2.2.3.4.4.3	Subsistema de Transmisor Receptor Único	92
2.2.3.4.5	Subsistema de Interconexión Telefónica	92
2.2.3.4.6	Subsistema de Comunicación de Datos	93
2.2.3.4.7	Subsistema de Seguridad de Red.....	94
2.2.3.5	Base de Datos del Sistema de Radio	95
2.2.3.5.1	Requisitos de Datos del Sistema.....	96
2.2.3.6	Servidores del Sistema.	99
2.2.4	Interfaz Aire	101
2.2.4.1	Calidad de Audio	109
2.2.4.2	Encriptación	111
2.2.5	Servicios del Sistema ASTRO 25.....	111
2.2.5.1	Proceso de Llamada Avanzada.....	111
2.2.5.2	Proceso de Llamada.....	112
2.2.5.3	Tipos de Llamadas.....	113
2.2.5.3.1	Servicios Basados en Grupos.....	113
2.2.5.3.2	Servicios de Llamadas Individuales.....	113
2.2.5.4	Manejo de Llamadas Ocupadas.....	123
2.2.5.5	Razones Típicas para Rechazos.....	123
2.2.6	Seguridad del Sistema	124
2.2.6.1	Seguridad de Red	124
2.2.6.2	Seguridad de Radio	125
2.2.7	Descripción Funcional de Hardware	126
2.2.7.1	Sitio MASTER.....	126
2.2.7.1.1	Controlador de zona MZC 3000	127
2.2.7.2	Red de Transporte	128

2.2.7.2.1	Sitio MASTER LAN Y WAN.....	128
2.2.7.3	Subsistema de Administración de Red.....	132
2.2.7.4	Subsistema Operador de Consola	138
2.2.7.4.1	Gateway Gold Elite Motorola.....	138
2.2.7.4.2	Banco Electrónico Ambassador.....	140
2.2.7.4.3	Arquitectura del Banco Electrónico Central	142
2.2.7.4.4	Electrónica de Interfaz de consola	144
2.2.7.5	Interconexión Telefónica.....	145
2.2.7.5.1	Servidor de Señalización de Control Adjunto.....	145
2.2.7.5.2	PBX Avaya	146
2.2.7.5.3	Cancelador de ECO.....	147
2.2.7.6	Componentes de Seguridad de Red.....	148
2.2.7.7	Radios	149
2.2.7.7.1	Motorola XTS 5000 Portátil y XTL 5000 Móvil	150
2.2.7.7.2	ASTRO Spectra y ASTRO Spectra Plus.....	151
2.3	PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA TETRA NEBULA DE TELTRONIC.	153
2.3.1	Introducción.....	153
2.3.2	Bandas de Frecuencia	155
2.3.3	Arquitectura	156
2.3.3.1	Arquitectura Convencional.....	157
2.3.3.2	Arquitectura Distribuida.....	159
2.3.4	Interfaz Aire	161
2.3.4.1	Acceso al Medio	161
2.3.4.1.1	Canales lógicos	162
2.3.4.1.1.1	Canales de Tráfico TCH.....	163
2.3.4.1.1.2	Canales de control CCH	163
2.3.4.1.2	Canales Físicos	165
2.3.5	Modulación	165
2.3.6	Modos de Operación y tráfico	166
2.3.6.1	Trunked Mode Operation (TMO)	167
2.3.6.2	Direct Mode Operation (DMO)	167
2.3.6.2.1	Back-to-back	168

2.3.6.2.2	DM Repeater.....	170
2.3.6.2.3	DM Gateway	172
2.3.6.2.4	Dual Watch.....	173
2.3.7	Seguridad	174
2.3.7.1	Autenticación Mutua	175
2.3.7.1.1	Generación de K a través de un AC.	175
2.3.7.1.2	Generación de K a través de un UAK.....	176
2.3.7.1.3	Generación de K a través de un AC y un UAK	176
2.3.7.2	Códigos para encriptación en el Interfaz Aire.....	176
2.3.7.2.1	Derived Cipher Key (DCK).....	177
2.3.7.2.2	Common Cipher Key (CCK)	177
2.3.7.2.3	Group Cipher Key (GCK).....	178
2.3.7.2.4	Static Cipher Key (SCK).....	179
2.3.7.2.5	OTAR (Over The Air Re-keying).....	179
2.3.7.3	Habilitación y des habilitación remota de terminales	179
2.3.7.4	Algoritmos de encriptación de TETRA.....	179
2.3.7.4.1	TEA2 y TEA3: Algoritmos de exportación restringidos.....	180
2.3.7.4.2	TEA1 y TEA4: Algoritmos fácilmente exportables.....	180
2.3.8	Servicios	181
2.3.8.1	Voz.....	181
2.3.8.2	Suplementarios.....	182
2.3.9	Solución NEBULA para TETRA.....	182
2.3.9.1	SCN (Switching and Control Node).....	183
2.3.9.2	SBS (Site Base Station).....	186
2.3.9.3	Topología NEBULA.....	187
2.3.9.4	Hardware	188
2.3.9.4.1	Plataforma Nébula.	188
2.3.9.4.2	DT-410.	190
2.3.9.4.3	MDT-400.....	192
2.3.9.4.4	HTT-500.....	195

CAPÍTULO 3 DISEÑO Y ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN DIGITAL CON LA TECNOLOGÍA TRUNKING ASTRO 25 DE MOTOROLA PARA LOS POLIDUCTOS SHUSHUFINDI - QUITO Y ESMERALDAS – QUITO – AMBATO.

3.1	CRITERIOS DE DISEÑO.....	198
3.2	PLANTEAMIENTO DEL DISEÑO.....	199
3.2.1	Estudio del Sitio Master	200
3.2.2	Despachador remoto	200
3.2.3	Estudio de los sitios de repetición	200
3.3	CÁLCULO DEL ÁREA DE COBERTURA.....	203
3.3.1	Análisis Matemático.....	205
3.3.2	Atacazo	205
3.3.3	Guamani	207
3.3.4	Tres Cruces.....	208
3.3.5	Lumbaqui.....	209
3.3.6	Pilisurco	210
3.3.7	Balao	211
3.4	SIMULACIÓN.....	213
3.5	ESPECIFICACIÓN DE HARDWARE.....	219
3.5.1	Sitio Master	219
3.5.2	Sitios Remotos.....	222
3.6	DIMENSIONAMIENTO DE CANALES	224
3.7	SISTEMA RADIANTE.....	226
3.7.1	Comunicación Entre el Sitio Master y los Sitios Remotos....	226
3.7.2	Irradiación de cada sitio	227
3.8	COSTOS REFERENCIALES	230

CAPÍTULO 4 DISEÑO Y ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN DIGITAL CON LA TECNOLOGÍA TETRA NEBULA DE TELTRONIC PARA LOS POLIDUCTOS SHUSHUFINDI - QUITO Y ESMERALDAS – QUITO – AMBATO.

4.1 INTRODUCCIÓN.....	231
4.2 ARQUITECTURA DEL SISTEMA TETRA PARA PETROCOMERCIAL.....	232
4.2.1 Conectividad MS – SBS.....	232
4.2.2 Interconectividad SBS´s – CNC.....	233
4.2.3 Conectividad MS – MS.....	234
4.3 ANALISIS DE LA INFRAESTRUCTURA TETRA PARA PETROCOMERCIAL.....	235
4.3.1 Puntos de Interconexión Microonda.....	237
4.3.1.1 Cerro Atacazo.....	237
4.3.1.2 Cerro Guamani.....	238
4.3.1.3 Cerro Pichincha.....	239
4.3.2 Puntos de Radiación de Portadoras TETRA.....	240
4.4 CALCULO DEL ÁREA DE COBERTURA.....	240
4.5 DIMENSIONAMIENTO EN CAPACIDAD E INFRAESTRUCTURA.....	243
4.5.1 Dimensionamiento de acuerdo al Tráfico.....	244
4.5.2 Dimensionamiento de acuerdo al la estructura física.....	246
4.6 COBERTURA TETRA NEBULA DE PETROCOMERCIAL.....	248
4.6.1 BTS / Esmeraldas - Balao.....	249
4.6.2 BTS / Santo Domingo.....	250
4.6.3 BTS / Atacazo.....	252
4.6.4 BTS / Condijua.....	254
4.6.5 BTS / Lumbaqui.....	256
4.6.6 BTS / Shushufindi.....	258
4.6.7 BTS / Pilisurco.....	260
4.7 DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS NEBULA.....	266
4.7.1 SCN.....	266
4.7.2 SBS.....	266

4.7.3	Equipos terminales	267
4.7.4	Sistemas radiantes	267
4.8	OPERATIVIDAD DEL SISTEMA.....	267
4.9	COSTOS REFERENCIALES.....	268

CAPÍTULO 5 ANALISIS TÉCNICO COMPARATIVO DEL SISTEMA TRUNKING ASTRO 25 DE MOTOROLA CON TETRA NEBULA DE TELTRONIC.

5.1	INTRODUCCIÓN.....	269
5.2	ESPECIFICACIONES GENERALES.....	269
5.2.1	Estandarización.....	269
5.2.2	Actualización de infraestructura.....	270
5.2.3	Capacidad Hibrida Análogo/Digital.	270
5.2.4	Comercialización.....	270
5.2.5	Respaldo Técnico.	271
5.2.6	Apertura de funcionamiento.	271
5.2.7	Incremento temporal de cobertura.....	271
5.2.8	Handover del sistema.....	272
5.2.9	Encriptación del sistema.....	272
5.3	ESPECIFICACIONES TECNICAS.....	273
5.4	COMPARACIÓN ECONÓMICA.....	274

CAPÍTULO 6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	275
BIBLIOGRAFÍA	280

ANEXO A. DESCRIPCIÓN DE PARÁMETROS DE EQUIPOS VHF

ANEXO B. DETALLE DE DIAGNOSTICO Y SOFTWARE
MONITORMGTRON

ANEXO C. DESCRIPCIÓN DE CONCEPTOS

- ANEXO D. CÁLCULO DE COMPROBACIÓN Y FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE ENLACES MICROONDA DE PETROECUADOR
- ANEXO E. ANÁLISIS MATEMÁTICO SOBRE LA COBERTURA DE LOS SISTEMAS TRUNKING
- ANEXO F. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS UTILIZADOS
- ANEXO G. SISTEMAS RADIANTES
- ANEXO H. SOFTWARE RADIO MOBILE
- ANEXO I. HOJAS DE CÁLCULO DE COBERTURA DE SISTEMAS TRUNKING Y DE ENLACES MICROONDA

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1.1	Diagrama de Polductos de PETROCOMERCIAL.....	1
Gráfico 1.2	Diagrama Radiocomunicaciones VHF Oyambaro.....	4
Gráfico 1.3	Diagrama de Radiocomunicaciones VHF Polducto SH-Q	7
Gráfico 1.4	Cobertura de Radiocomunicaciones VHF Polducto SH-Q.....	11
Gráfico 1.5	Diagrama de Frecuencias de Repetidoras SH-Q.....	12
Gráfico 1.6	Diagrama de Radiocomunicaciones VHF Santo Domingo	15
Gráfico 1.7	Diagrama de Radiocomunicaciones VHF Polducto E-Q-A	18
Gráfico 1.8	Diagrama de Frecuencias de Repetidoras E-Q-A.....	21
Gráfico 1.9	Cobertura de Radiocomunicaciones VHF Polducto E-Q-A.....	22
Gráfico 1.10	Respuesta de Frecuencia y Montaje de la Antena Yagui TDD6323	39
Gráfico 1.11	Respuesta de Frecuencia y Montaje de la Antena DB224	41
Gráfico 1.12	Respuesta de Frecuencia del Duplexor Sinclair Q2220.....	44
Gráfico 1.13	Respuesta de Frecuencia del Duplexor Sinclair Q202G.....	45
Gráfico 1.14	Diagnóstico 4 Meses Red VHF-PCO.....	47
Gráfico 1.15	Diagnóstico 4 Meses Polducto SH-Q	48
Gráfico 1.16	Diagnóstico 4 Meses Polducto E-Q-A	49
Gráfico 2. 1	Sistema Básico de Radio	53
Gráfico 2. 2	Ejemplo de Sistema Convencional de Radio	56
Gráfico 2. 3	Ejemplo de Sistema Troncalizado de Radio	57
Gráfico 2. 4	Red ASTRO 25 del Sistema Trunking de Motorola	60
Gráfico 2. 5	Planos de Tráfico Lógicos ASTRO 25	66
Gráfico 2. 6	Subsistema de Procesamiento de Llamadas	68
Gráfico 2. 7	Subsistema de Administración de Red	69
Gráfico 2. 8	Subsistema de Operador de Consola	70
Gráfico 2. 9	Subsistema Repetidora de Sitio ASTRO 25	72
Gráfico 2. 10	Repetidora de Sitio ASTRO 25	75
Gráfico 2. 11	Repetidora de Sitio QUANTAR ASTRO 25, versión 800 MHz (Vista Frontal)	77

Gráfico 2. 12	Repetidora de Sitio QUANTAR ASTRO 25, Versión UHF (Vista Frontal)	77
Gráfico 2. 13	Repetidor de Sitio STR 3000 ASTRO 25 - 700 MHz	78
Gráfico 2. 14	Controlador de Sitio PSC 9600	80
Gráfico 2. 15	Subsistema Simulcast ASTRO 25	81
Gráfico 2. 16	Sitio Primario Simulcast sin Colocación de Sitio Remoto	86
Gráfico 2. 17	Sitio Primario Simulcast con Colocación de Sitio Remoto	87
Gráfico 2. 18	Servidor Terminal – Administración fuera de banda en el Sitio Primario Simulcast	88
Gráfico 2. 19	Sitio Remoto Simulcast	90
Gráfico 2. 20	Subsistema de Interconexión Telefónica	93
Gráfico 2. 21	Subsistema de Comunicación de Datos	94
Gráfico 2. 22	Subsistema de Seguridad de Red	95
Gráfico 2. 23	Interfaz Aéreo Común	102
Gráfico 2. 24	Acceso Múltiple Por División de Frecuencia	103
Gráfico 2. 25	Modulador C4FM	104
Gráfico 2. 26	Diagrama de Ojo para el Modulador C4FM	105
Gráfico 2. 27	Estructura Trama de Voz Digitalizada	106
Gráfico 2. 28	Trama de Voz Digitalizada	107
Gráfico 2. 29	Trama de Datos	108
Gráfico 2. 30	Calidad de Audio	110
Gráfico 2. 31	Llamada de Unidad a Unidad	114
Gráfico 2. 32	Diagrama de Interconexión Telefónica	117
Gráfico 2. 33	Camino de la Interconexión de Audio	120
Gráfico 2. 34	Sitio Master ASTRO 25 SE	127
Gráfico 2. 35	Controlador de Zona MZC 3000	128
Gráfico 2. 36	Ruteador Gateway con módulo ST6011 (FlexWAN)	129
Gráfico 2. 37	Ruteador Central con módulo ST6010 (UltraWAN)	129
Gráfico 2. 38	Ruteador GGSN (Ruteador Base S6000)	130
Gráfico 2. 39	Switch Ethernet HP Procurve 2524	131
Gráfico 2. 40	Switch Ethernet HP 2626 Procurve	131
Gráfico 2. 41	Gateway de Paquetes de Datos	132
Gráfico 2. 42	PRNM Server – UCS	135

Gráfico 2. 43	PRNM Servers – ZDS, FullVision INM, ATR y ZSS	136
Gráfico 2. 44	Sistema de Referencia de Tiempo de Red TRAK 9100 (Vista Frontal)	137
Gráfico 2. 45	Sistema de Referencia de Tiempo de Red TRAK 9100 (Vista Posterior)	137
Gráfico 2. 46	Gateway Gold Elite Motorola (Vista Frontal)	138
Gráfico 2. 47	Gateway Gold Elite Motorola (vista posterior)	139
Gráfico 2. 48	Banco Electrónico AMBASSADOR	140
Gráfico 2. 49	Banco Electrónico Central	143
Gráfico 2. 50	Unidad Electrónica de Interfaz de Consola (Vista Frontal)	144
Gráfico 2. 51	Unidad Electrónica de Interfaz de Consola (Vista Posterior)	144
Gráfico 2. 52	Servidor de Señalización de Control Adjunto	146
Gráfico 2. 53	PBX Avaya	147
Gráfico 2. 54	Servidor de Administración de Seguridad Central	148
Gráfico 2. 55	Barrera de Interfaz de Red - Firewall	149
Gráfico 2. 56	Sensor de Detección de Intrusos del Sistema	149
Gráfico 2. 57	Radio Portátil XTS 5000	151
Gráfico 2. 58	Radio ASTRO 25	152
Gráfico 2. 59	Red TETRA	153
Gráfico 2. 60	Elementos e interface de la arquitectura TETRA	156
Gráfico 2. 61	Arquitectura Convencional Centralizada de TETRA	158
Gráfico 2. 62	Arquitectura Distribuida TETRA	159
Gráfico 2. 63	TDMA structure	162
Gráfico 2. 64	Canales Lógico	163
Gráfico 2. 65	Modulación TETRA $\pi/4$ DQPSK	166
Gráfico 2. 66	Trunked Mode Operation (TMO)	167
Gráfico 2. 67	Direct Mode Operation (DMO) – Uso del Canal	168
Gráfico 2. 68	Direct Mode Operation (DMO) - Back-to-back	169
Gráfico 2. 69	Direct Mode Operation (DMO) – DM Repeater	170
Gráfico 2. 70	Direct Mode Operation (DMO) – DM Repeater Type 1	171
Gráfico 2. 71	Direct Mode Operation (DMO) – DM Repeater Type 2	172
Gráfico 2. 72	DM Gateway	173
Gráfico 2. 73	Interconexión DM Gateway	173

Gráfico 2. 74	Dual Watch	174
Gráfico 2. 75	Mecanismos de Autenticación	175
Gráfico 2. 76	Derived Cipher Key (DCK)	177
Gráfico 2. 77	Common Cipher Key (CCK)	177
Gráfico 2. 78	Group Cipher Key (GCK)	178
Gráfico 2. 79	Static Cipher Key (SCK)	179
Gráfico 2. 80	SCN (Switching and Control Node)	183
Gráfico 2. 81	Gestión de Configuración Nebula	184
Gráfico 2. 82	SBS (Site Base Station) - Nébula	186
Gráfico 2. 83	Topología Nébula	187
Gráfico 3. 1	Red Astro 25 para PETROCOMERCIAL.....	199
Gráfico 3. 2	Sitios de Repetición del Poliductos Shushufindi – Quito y Esmeraldas - Quito -Ambato.....	203
Gráfico 3. 3	Banda de Frecuencia en los 800 MHz.	204
Gráfico 3. 4	Diagrama de Cobertura Cerro Atacazo.....	206
Gráfico 3. 5	Diagrama de Cobertura Cerro Guamani.....	207
Gráfico 3. 6	Diagrama de Cobertura Cerro Tres Cruces	208
Gráfico 3. 7	Diagrama de Cobertura Cerro Lumbaqui.....	209
Gráfico 3. 8	Diagrama de Cobertura Cerro Pilisurco.....	210
Gráfico 3. 9	Diagrama de Cobertura Cerro Balao.....	211
Gráfico 3. 10	Diagrama de Cobertura Poliductos Esmeraldas – Quito – Ambato y Shushufindi - Quito	212
Gráfico 3. 11	Simulación de Cobertura Poliductos Esmeraldas – Quito – Ambato y Shushufindi - Quito	215
Gráfico 3. 12	Predicción teórica de cobertura (Radios Móviles)	217
Gráfico 3. 13	Predicción Teórica de Cobertura (Radios Portátiles)	218
Gráfico 3. 14	Radio Enlaces RED Astro 25	219
Gráfico 3. 15	Equipos para el Sitio Master ASTRO 25	222
Gráfico 3. 16	Equipos para el Sitio Remoto ASTO 25	223
Gráfico 3. 17	Esquema de frecuencias RED ASTO 25	225

Gráfico 4. 1	Conectividad MS - SBS	233
Gráfico 4. 2	Interconectividad SBS´s – CNC	234
Gráfico 4. 3	Conectividad MS – MS	234
Gráfico 4. 4	Sistema Microonda de PETROCOMERCIAL	236
Gráfico 4. 5	Esquema de Cobertura TETRA Nébula para PETROCOMERCIAL.....	247
Gráfico 4. 6	Cobertura TETRA Nébula Esmeraldas.....	263
Gráfico 4. 7	Cobertura TETRA Nébula Santo Domingo - Atacazo	263
Gráfico 4. 8	Cobertura TETRA Nébula Condijua	264
Gráfico 4. 9	Cobertura TETRA Nébula Lumbaqui - Shushufindi.....	264
Gráfico 4. 10	Cobertura TETRA Nébula Pilisurco.....	264
Gráfico 4. 11	Cobertura TETRA Nébula realizada por Mobile Radio	265

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.1	Equipos en Terminal Beaterio	3
Tabla 1.2	Equipos en Guamani y el Inga Bajo	4
Tabla 1.3	Equipos Back to Back Oyambaro -Guamani.....	4
Tabla 1.4	Equipos en Terminal Chalpi.....	5
Tabla 1.5	Equipos de Osayacu	5
Tabla 1.6	Equipos de Quijos.....	6
Tabla 1.7	Equipos de Shushufindi.....	6
Tabla 1.8	Equipos de Guamani.....	8
Tabla 1.9	Equipos de Guamani - Lumbaqui	9
Tabla 1.10	Equipos de Shushufindi - Reventador.....	9
Tabla 1.11	Equipos de Lumbaqui – Tres cruces.....	10
Tabla 1.12	Equipos de Chaco - Reventador	10
Tabla 1.13	Equipos de Beaterio.....	14
Tabla 1.14	Equipos de Atacazo – Santo Domingo	15
Tabla 1.15	Equipos de Bijagual – Santo Domingo.....	15
Tabla 1.16	Equipos de Ambato	16
Tabla 1.17	Equipos de Esmeraldas.....	16
Tabla 1.18	Equipos de Corazón.....	17
Tabla 1.19	Equipos de Faisanes.....	17
Tabla 1.20	Equipos de Atacazo	19
Tabla 1.21	Equipos de Bijagual.....	19
Tabla 1.22	Equipos de Santo Domingo	20
Tabla 1.23	Equipos de Atacazo	20
Tabla 1.24	Equipos de Ambato	21
Tabla 1.25	Especificaciones Técnicas de Repetidora MTR2000	24
Tabla 1.26	Especificaciones Técnicas de Repetidora QUANTAR.....	26
Tabla 1.27	Especificaciones Técnicas de radio MARATRAC.....	27
Tabla 1.28	Especificaciones Técnicas de radio MAXTRAC.....	28
Tabla 1.29	Especificaciones Técnicas de radio ASTRO SPECTRA.....	29
Tabla 1.30	Especificaciones Técnicas de radio PRO5100.....	30

Tabla 1.31	Especificaciones Técnicas de radio ASTRO SABER.....	31
Tabla 1.32	Especificaciones Técnicas de radio HT1000.....	32
Tabla 1.33	Especificaciones Técnicas de radio GP300.....	33
Tabla 1.34	Especificaciones Técnicas de radio PRO3150.....	34
Tabla 1.35	Especificaciones Técnicas de radio PRO5150.....	35
Tabla 1.36	Especificaciones Técnicas de radio PRO7150.....	36
Tabla 1.37	Especificaciones Técnicas de radio XTS1500.....	37
Tabla 1.38	Especificaciones Técnicas de Antena Yagui TDD6323.....	39
Tabla 1.39	Especificaciones Técnicas de Antena arreglo lineal de Dipolos DB224	40
Tabla 1.40	Especificaciones Técnicas de Antenas Móviles RAD 4010 - Motorola y MFT120 - Maxrad.....	42
Tabla 1.41	Especificaciones Técnicas de Antenas Móviles RAD4010 - Motorola y MHB5800 - Maxrad.....	42
Tabla 1.42	Especificaciones Técnicas de Duplexor Q2220	43
Tabla 1.43	Especificaciones Técnicas de Duplexor Q202G	45
Tabla 2. 2	Banda de 800 MHz Estructura Analógica Para Equipo Fijo	62
Tabla 2. 3	ASTRO 25, Banda de 800 MHz Estructura Para Equipo Fijo	63
Tabla 2. 4	ASTRO 25, Banda de 700 MHz Estructura Para Equipo Fijo	63
Tabla 2. 5	Módulos de la Repetidora de Sitio ASTRO 25 STR 3000 (700 MHz).....	79
Tabla 2. 6	Desviación de Frecuencia por Dabit para la Modulación C4FM...	104
Tabla 2. 7	TETRA frequency bands and duplex spacing.....	155
Tabla 3. 2	Arquitectura del Controlador de Zona MZC 3000	220
Tabla 3. 3	Arquitectura Sitio Master	222
Tabla 3. 4	Arquitectura Sitio Remoto.....	223
Tabla 3. 5	Costo referenciales de equipos Trunking	230
Tabla 4. 1	Enlaces Microonda de Cerro Atacazo	238
Tabla 4. 2	Enlaces Microonda de Cerro Guamani	239
Tabla 4. 3	Enlaces Microonda de Cerro Pichincha	240

Tabla 4. 4	Potencia nominal de transmisión de MS.....	242
Tabla 4. 5	Características Físicas MS – BTS de Teltronic	243
Tabla 4. 6	Nomenclatura y Distribución de frecuencias para PETROCOMERCIAL.....	246
Tabla 4. 7	Resumen de Portadoras TETRA para PETROCOMERCIAL.....	248
Tabla 4. 8	Equipos Nebula para Esmeraldas - Balao.....	249
Tabla 4. 9	Equipos Nebula para Santo Domingo	251
Tabla 4. 10	Equipos Nebula para Cerro Atacazo	253
Tabla 4. 11	Equipos Nebula para Cerro Condijua.....	255
Tabla 4. 12	Equipos Nebula para Cerro Lumbaqui.....	257
Tabla 4. 13	Equipos Nebula para Shushufindi.....	259
Tabla 4. 14	Equipos Nebula para Pilisurco	261
Tabla 4. 15	Financiamiento para equipos Nebula de Teltronic.....	268
Tabla 5. 1	Comparaciones Técnicas de Tecnologías Trunking	273

PRESENTACIÓN

El presente proyecto de titulación está orientado al estudio y diseño de un sistema de comunicación de voz con tecnología de última generación TRUNKING ASTRO 25 de Motorola y TETRA NEBULA de Teltronic, para proveer de un sistema privado, con seguridad y disponibilidad para los Poliductos (Estaciones, Depósitos y Terminales) de PETROCOMERCIAL.

Adicionalmente se plantea un estudio de factibilidad y un análisis técnico comparativo entre las Tecnologías actuales TRUNKING ASTRO 25 de Motorola y TETRA NEBULA de Teltronic.

El principal objetivo de este proyecto se basó en realizar un estudio de la factibilidad de migración de un sistema de comunicación móvil de voz basado en tecnología analógica (VHF), a un sistema digital basado en tecnología TRUNKING, en los Poliductos Shushufindi – Quito y Esmeraldas – Quito – Ambato de PETROCOMERCIAL.

Se plantea la optimización eficientemente del espectro radioeléctrico que actualmente utiliza PETROCOMERCIAL con las distintas frecuencias asignadas por la SENATEL en el rango de VHF, para de esta forma poder brindar un alto grado de disponibilidad combinada con un alto nivel de seguridad en las comunicaciones de voz.

ESTUDIO ACTUAL DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN VHF

1.1 INTRODUCCIÓN

PETROCOMERCIAL es la filial de PETROECUADOR, responsable del transporte, almacenamiento y comercialización de derivados del petróleo en el territorio nacional, fundada el 26 de septiembre de 1989.

Estructuralmente PETROCOMERCIAL se encuentra fraccionada en dos grandes sectores de comercialización denominados Regional Norte (encargada de los Poliductos: Shushufindi - Quito y Esmeraldas - Quito - Ambato) y Regional Sur (encargada de los Poliductos: Santo Domingo - Pascuales - Libertad, Libertad - Manta, Salitral - Tres Bocas - Fuel Oil y Tres Bocas - Pascuales) como se muestra detalladamente en el Gráfico 1.1

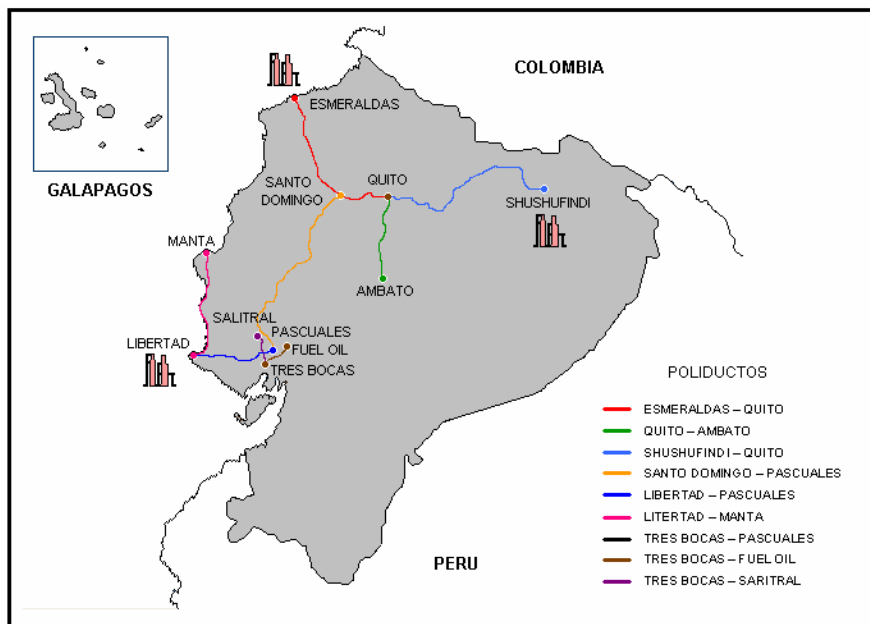


Gráfico 1.1 Diagrama de Poliductos de PETROCOMERCIAL

Fuente: PETROCOMERCIAL
 Elaboración: Los Autores

Actualmente PETROCOMERCIAL dispone de un sistema de comunicación analógico basado en equipos repetidores, móviles, bases y portátiles instalados en los Poliductos (Estaciones, Depósitos y Terminales), por medio de los cuales se dispone de una comunicación de voz en modo de operación Simplex y Half Duplex, que brindan de forma eficiente la comunicación vía radio a todo el personal que labora en los Poliductos.

Por el alcance escogido en el proyecto de titulación, examinaremos detalladamente el funcionamiento y diagnóstico de las comunicaciones VHF en la Regional Norte, abarcando el análisis de los Poliductos: Esmeraldas - Quito - Ambato y Shushufindi - Quito.

1.2 SISTEMA DE VHF EN POLIDUCTO SHUSHIFINDI - QUITO.

El Poliducto Shushufindi-Quito tiene una extensión de 305 Km. por el cual se transporta Gasolina Base, Diesel 2, Jet Fuel y GLP, desde la Refinería de Shushufindi hacia el Terminal Beaterio. Este Poliducto esta conformado por cuatro estaciones de Bombeo y dos estaciones Reductoras como se indican a continuación.

1.2.1 Terminales

1.2.1.1 Beaterio

El Terminal Beaterio esta ubicado en la provincia de Pichincha, parroquia de Chillogallo, cantón Quito en el Km. 12 de la Panamericana Sur.



Actualmente en este Terminal se tiene a la Estación Reductora trabajando en este Poliducto con los equipos que se especifican a continuación:

Equipo	Marca	Características y Descripción
Antena	Decibel Products	Arreglo lineal de 4 dipolos Omni-direccional con polarización vertical
Radio	Motorola	MARATRAC
Cables	Andrew	Heliax 1.5cm diámetro, 16 metros
		Coaxial RG – 9/U, 3 metros
Cargador / Inversor	Pyramid	12 VDC a 35 [A]

Tabla 1.1 Equipos en Terminal Beaterio

Fuente: Inventario PETROCOMERCIAL
Elaboración: Los Autores

1.2.1.2 Oyambaro

El Terminal de GLP Oyambaro esta ubicado en la Provincia de Pichincha, Cantón Mejía y está compuesto por el Terminal de almacenamiento de GLP y la Estación Reductora, este Terminal es abastecido de producto a través de tubería desde el Poliducto Shushufindi - Quito y de tanqueros desde la refinería Esmeraldas.



Debido a las imperfecciones geográficas que presenta la zona de Oyambaro, al no tener vista directa con la repetidora de Guamani, se tiene implementado un sistema back to back activo funcionando de la siguiente manera: Las señales de audio emitidas por la repetidora son receptadas desde el sector del Inga Bajo (punto intermedio entre Guamani y Oyambaro) mediante una antena Yagui asociada con una radio Base PRO5100 funcionando en canal 2, la cual esta enlazada con otro PRO5100 con antena Omni-direccional (RAD4010) trabajando en canal 3 para irradiar al Terminal de Oyambaro, donde finalmente se usa una antena Omni-direccional conectada a una radio MARATRAC, como se indica en la gráfica 1.2.

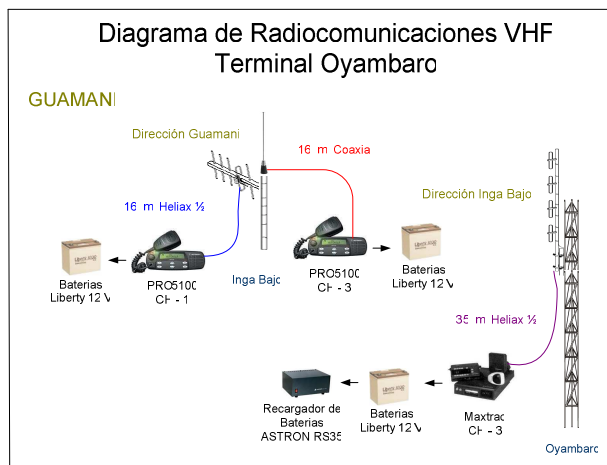


Gráfico 1.2 Diagrama Radiocomunicaciones VHF Oyambaro

Fuente: PETROCOMERCIAL
Elaboración: Los Autores

Equipos de enlace entre Guamani y el Inga Bajo

Equipo	Marca	Características y Descripción
Antena	Decibel Products	Arreglo lineal de 4 dipolos Omnidireccional con polarización vertical
Radio	Motorola	MARATRAC
Cables	Andrew	Heliax 1.5cm diámetro, 35 metros
Cargador de Baterías	Astron	12 VDC a 35 [A]
Banco de Baterías	Liberty Series 1000	12 VDC (2)

Tabla 1.2 Equipos en Guamani y el Inga Bajo

Fuente: Inventario PETROCOMERCIAL
Elaboración: Los Autores

Equipos Back to back activo para el enlace de Oyambaro a Guamani

Equipo	Marca	Características y Descripción
Antena	Decibel Products	Yagui de 5 elementos con polarización vertical
	Motorola	RAD4010
Radio	Motorola	PRO5150
Cables	Andrew	Heliax 1.5cm diámetro, 12 metros
		Coaxial RG – 9/U, 16 metros
Cargador de Baterías	Astron	12 VDC a 35 [A]
Banco de Baterías	Liberty Series 1000	12 VDC (2)

Tabla 1.3 Equipos Back to Back Oyambaro -Guamani

Fuente: Inventario PETROCOMERCIAL
Elaboración: Los Autores

1.2.2 Estaciones de Bombeo.

1.2.2.1 Chalpi

La Estación de Bombeo de Chalpi se encuentra localizada a 243 Km. de la estación Shushufindi por la vía Lago Agrio - Quito. Con los siguientes equipos:

Equipo	Marca	Características y Descripción
Antena	Decibel Products	Yagui de 5 elementos con polarización vertical
Radio	Motorola	MARATRAC
Cables	Andrew	Heliac 1.5cm diámetro, 50 metros
		Coaxial RG – 9/U, 3 metros
Cargador de Baterías	Astron	12 VDC a 35 [A]
Banco de Baterías	Liberty Series 1000	12 VDC (2)

Tabla 1.4 Equipos en Terminal Chalpi

Fuente: Inventario PETROCOMERCIAL
Elaboración: Los Autores

1.2.2.2 Osayacu

La Estación de Bombeo Osayacu se encuentra localizada a 208 Km. de la Estación de Shushufindi por la vía Lago Agrio- Quito. Y constan los siguientes equipos

Equipo	Marca	Características y Descripción
Antena	Decibel Products	Yagui de 5 elementos con polarización vertical
Radio	Motorola	MARATRAC
Cables	Andrew	Heliac 1.5cm diámetro, 15 metros
		Coaxial RG – 9/U, 3 metros
Cargador de Baterías	Astron	12 VDC a 35 [A]
Banco de Baterías	Liberty Series 1000	12 VDC (2)

Tabla 1.5 Equipos de Osayacu

Fuente: Inventario PETROCOMERCIAL
Elaboración: Los Autores

1.2.2.3 Quijos

La Estación de Bombeo de Quijos se encuentra localizada a 122 Km. de la estación Shushufindi por la vía Lago Agrio- Quito. Con los siguientes equipos:

Equipo	Marca	Características y Descripción
Antena	Decibel Products	Yagui de 5 elementos con polarización vertical
Radio	Motorola	MAXTRAC
Cables	Andrew	Heliac 1.5cm diámetro, 10 metros
		Coaxial RG – 9/U, 3 metros
Cargador de Baterías	Astron	12 VDC a 35 [A]
Banco de Baterías	Liberty Series 1000	12 VDC (2)

Tabla 1.6 Equipos de Quijos

Fuente: Inventario PETROCOMERCIAL

Elaboración: Los Autores

1.2.2.4 Shushufindi

La Estación de Shushufindi esta ubicada en la provincia de Sucumbíos, cantón Shushufindi y está compuesto por dos tanques de almacenamiento de productos limpios y la Estación de bombeo. Constando los siguientes equipos de comunicación:

Equipo	Marca	Características y Descripción
Antena	Decibel Products	Yagui de 5 elementos con polarización vertical
Radio	Motorola	MARATRAC
Cables	Andrew	Heliac 1.5cm diámetro, 18 metros
		Coaxial RG – 9/U, 3 metros
Cargador de Baterías	Astron	12 VDC a 35 [A]
Banco de Baterías	Liberty Series 1000	12 VDC (2)

Tabla 1.7 Equipos de Shushufindi

Fuente: Inventario PETROCOMERCIAL

Elaboración: Los Autores

Diagrama de Radiocomunicaciones VHF Poliducto Shushufindi - Quito

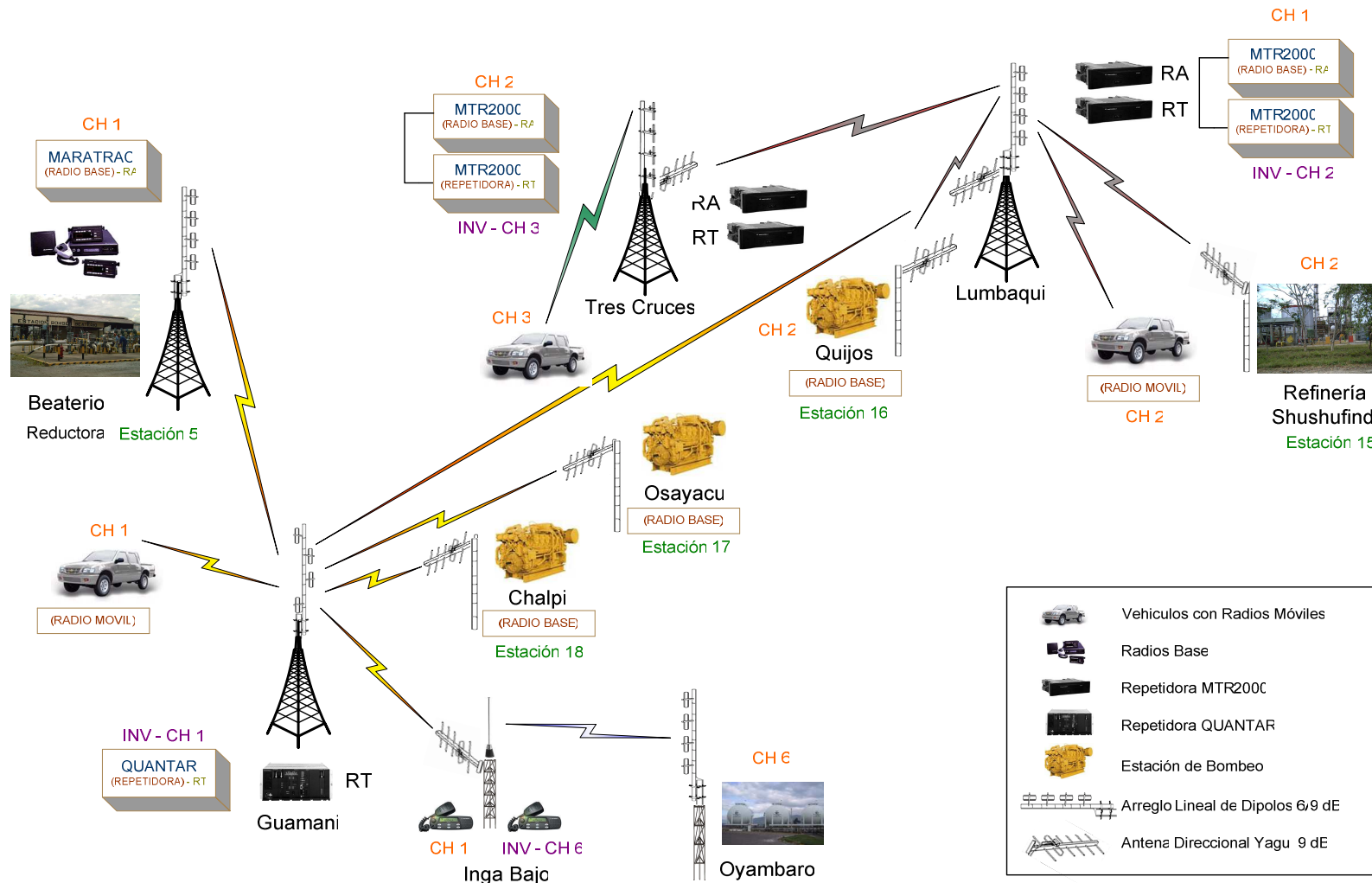


Gráfico 1.3 Diagrama de Radiocomunicaciones VHF Poliducto SH-Q

Fuente: PETROCOMERCIAL
Elaboración: Los Autores

1.2.3 Cobertura de las Repetidoras de Comunicación.

1.2.3.1 Guamani

El cerro Guamani es usado como punto de repetidora para cubrir el Poliducto Shushufindi-Quito, se encuentra en el límite de la provincia de Pichincha con Napo y cuya ubicación geográfica es 00°19'00"S y 78°11'22"W. actualmente se tienen los siguientes equipos:

Equipo	Marca	Características y Descripción
Antena	Decibel Products	Omni- direccional.- Arreglo lineal de 4 dipolos con polarización vertical
REPETIDORA	Motorola	MTR 2000
Cables	Andrew	Helix 1.5cm diámetro, 30 metros
Duplexor	Sinclair	Q202G
INVERSOR/CARGADOR	TRIPLITE	12VDC – 110VAC
BANCO DE BATERIAS	LIBERTY 1000	12VDC (2)

Tabla 1.8 Equipos de Guamani

Fuente: Inventario PETROCOMERCIAL
Elaboración: Los Autores

1.2.3.2 Lumbaqui

Este cerro se encuentra ubicado en el Pueblo de Lumbaqui en la provincia del Tena con las coordenadas 00°00'40"S y 77°19'11"W

Por la amplia longitud y las variaciones geográficas existentes entre la repetidora de Guamani y el Terminal de Shushufindi se tiene un enlace entre repetidoras en el cerro Lumbaqui con el cerro Guamani de la siguiente forma: La repetidora de Lumbaqui se enlaza con Guamani a través de un modulo RA (*Radio Access*) asociada a una Yagui en canal 1 la misma que usa un circuito acoplador para unirse a un modulo RT (*Radio Transmit*) que trabaja en canal 2, el cual irradia a todo el sector de Lago Agrio y Shushufindi.

Equipos para enlazar Guamani con Lumbaqui

Equipo	Marca	Características y Descripción
Antena	Decibel Products	Yagui de 5 elementos con polarización vertical
REPETIDORA	Motorola	MTR 2000
Cables	Andrew	Heliac 1.5cm diámetro, 25 metros
INVERSOR/CARGADOR	TRIPLITE	12VDC – 110VAC
BANCO DE BATERIAS	LIBERTY 1000	12VDC (2)

Tabla 1.9 Equipos de Guamani - Lumbaqui

Fuente: Inventario PETROCOMERCIAL

Elaboración: Los Autores

Equipos para enlazar cobertura entre El Reventador – Shushufindi

Equipo	Marca	Características y Descripción
Antena	Decibel Products	Omni- direccional.- Arreglo lineal de 4 dipolos con polarización vertical
REPETIDORA	Motorola	MTR 2000
Cables	Andrew	Heliac 1.5cm diámetro, 35 metros
Duplexor	Sinclair	Q202G
INVERSOR/CARGADOR	TRIPLITE	12VDC – 110VAC
BANCO DE BATERIAS	LIBERTY 1000	12VDC (2)

Tabla 1.10 Equipos de Shushufindi - Reventador

Fuente: Inventario PETROCOMERCIAL

Elaboración: Los Autores

1.2.3.3 Tres Cruces

Este cerro se encuentra ubicado en el Recinto de Tres Cruces en la provincia del Napo con las coordenadas 00°16'02"S y 77°45'46" W. Debido a las grandes imperfecciones que presenta el terreno entre las repetidoras de Guamani y Lumbaqui, no se tiene señal en todo el camino desde el cantón el Chaco hasta la Parroquia el Reventador, para lo cual se tiene implementado un arreglo RA – RT de la siguiente forma: La repetidora de Lumbaqui se enlaza con la de Tres cruces a través de un modulo RA (*Radio Access*) asociada a una Yagui en canal 2 la misma que usa un circuito acoplador para unirse a un modulo RT (*Radio Transmit*) que trabaja en canal 3.

Equipos para enlazar Lumbaqui con Tres Cruces

Equipo	Marca	Características y Descripción
Antena	Decibel Products	Yagui de 5 elementos con polarización vertical
REPETIDORA	Motorola	MTR 2000
Cables	Andrew	Heliac 1.5cm diámetro, 25 metros
INVERSOR/CARGADOR	TRIPLITE	12VDC – 110VAC
BANCO DE BATERIAS	LIBERTY 1000	12VDC (2)

Tabla 1.11 Equipos de Lumbaqui – Tres cruces

Fuente: Inventario PETROCOMERCIAL

Elaboración: Los Autores

Equipos para dar cobertura entre El Chaco – Reventador

Equipo	Marca	Características y Descripción
Antena	Decibel Products	Omni- direccional.- Arreglo lineal de 4 dipolos con polarización vertical
REPETIDORA	Motorola	MTR 2000
Cables	Andrew	Heliac 1.5cm diámetro, 35 metros
Duplexor	Sinclair	Q202G
INVERSOR/CARGADOR	TRIPLITE	12VDC – 110VAC
BANCO DE BATERIAS	LIBERTY 1000	12VDC (2)

Tabla 1.12 Equipos de Chaco - Reventador

Fuente: Inventario PETROCOMERCIAL

Elaboración: Los Autores

Por las limitaciones del equipo analógico existente (repetidoras, radios base, móviles y portátiles), no se puede realizar pruebas de cobertura detalladas que muestren el nivel de potencia en las zonas donde se presta el servicio de comunicación VHF. Para suplir este problema, hemos recogido información referencial tanto del personal técnico que viene trabajando numerosos años en PETROCOMERCIAL como también de personal militar que patrulla constantemente los alrededores del poliducto, obteniendo la descripción geográfica aproximada que se muestra en el gráfico 1.4. Para una mejor percepción del sistema de cobertura presentamos los canales en los cuales se encuentra dividido el poliducto y además se indicará unos ejemplos descriptivos del uso de estos canales.

DIAGRAMA COBERTURA POLIDUCTO SHUSHUFINDI - QUITO

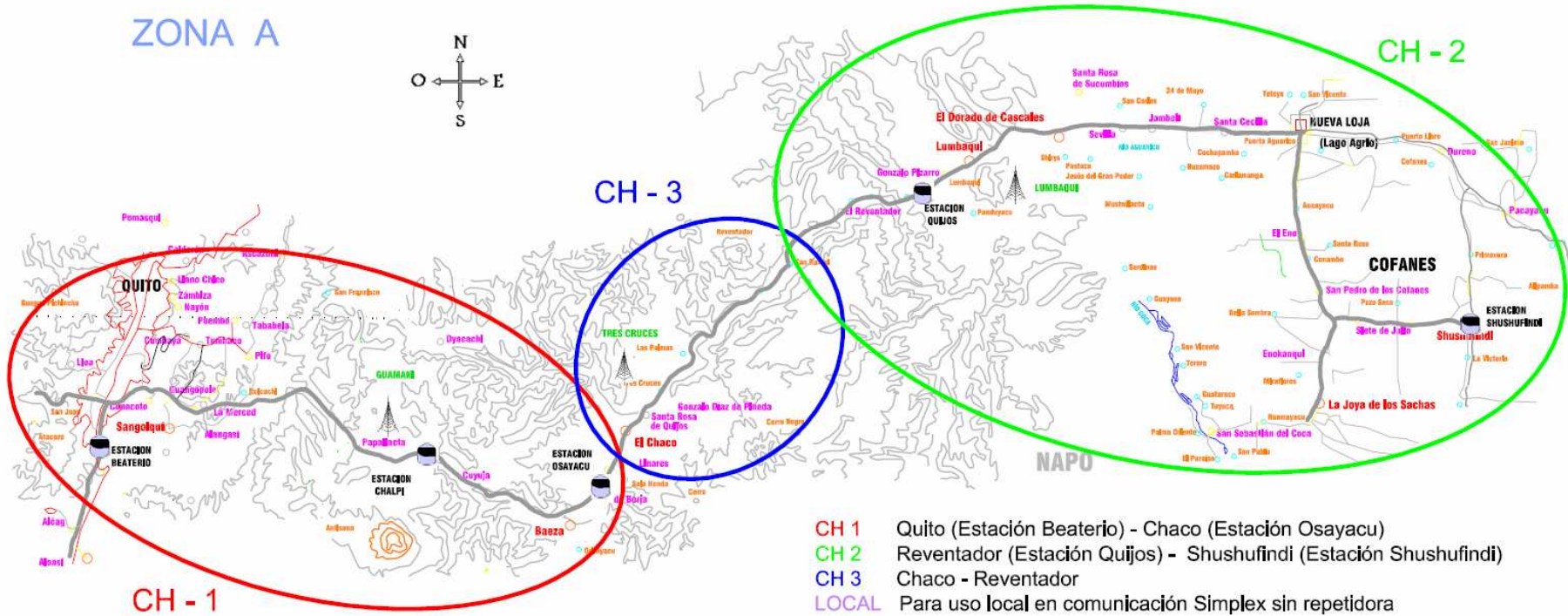


Gráfico 1.4 Cobertura de Radiocomunicaciones VHF Poliducto SH-Q

Fuente: PETROCOMERCIAL
 Elaboración: Los Autores

Para personal operativo o militar que se encuentre dentro de Quito y desee comunicarse con el resto del Poliducto, se ubica con los equipos de radio en el canal 1, este presenta dos frecuencias, una de recepción y otra de transmisión. Al momento de realizar un PTT (*Press to Talk*), por la frecuencia de transmisión se envía un código digital DPL (*Digital Private Line*) que permite el acceso del usuario autorizado a la repetidora.

Cabe mencionar que la repetidora posee 2 módulos: Un módulo RT (*Radio Transmit*) que recepta las señales de voz emitidas por los radios (bases, móviles o portátiles) en la frecuencia de recepción y simultáneamente la retransmite por la frecuencia de transmisión hacia los equipos de la zona de cobertura de esa repetidora. Un módulo RA (*Radio Acces*) que recepta señales de voz que están siendo radiadas por y hacia otras repetidoras, internamente realiza el traslado de frecuencias para cambiarse de una canal a otro y posteriormente ser radiadas por el módulo RT

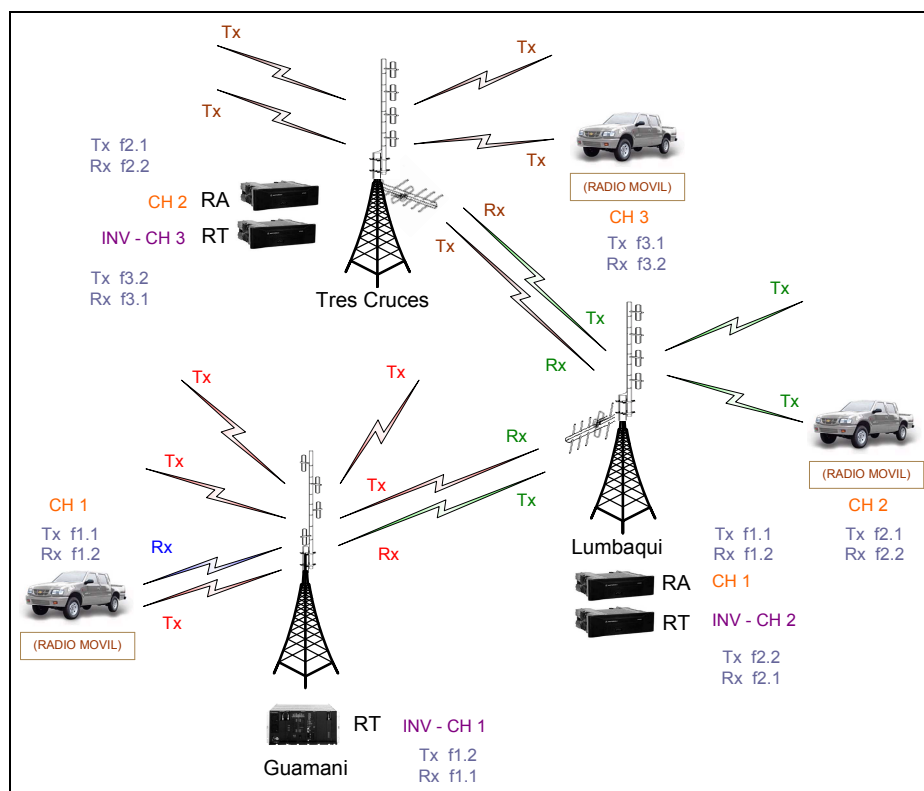


Gráfico 1.5 Diagrama de Frecuencias de Repetidoras SH-Q

Fuente: PETROCOMERCIAL
Elaboración: Los Autores

Tal como se muestra en el gráfico 1.5 cada canal presenta sus propias frecuencias de transmisión (f1.1) y recepción (f1.2), las cuales son usadas como frecuencias de recepción (f1.1) y transmisión (f1.2) en la respectiva repetidora.

Cabe recalcar que mientras un equipo esta transmitiendo en un sistema *Half Duplex* (usando la repetidora), el resto de equipos al recibir un nivel de señal se bloquean internamente, evitando que otro usuario pueda transmitir y provocar interferencias entre ellos.

De similar forma para personal que se encuentre desde el sector del Reventador hasta Shushufindi o sectores aledaños, debe en la radio colocarse en canal 2 (que presenta otras 2 frecuencias en transmisión y recepción diferentes al canal 1), y realizar un PTT, este activará la repetidora colocada en Lumbaqui, que a su vez radiará en toda la zona mencionada y además permitirá que los niveles de radiación emitidos puedan ser receptados por el módulo RA de la repetidora de Tres Cruces o por la RT de la repetidora de Guamani para posteriormente radiar en sus zonas de cobertura, con el fin de cubrir todo el Poliducto.

1.3 SISTEMA VHF EN POLIDUCTO ESMERALDAS - QUITO - AMBATO

El Poliducto E-Q-A tiene una extensión de 367 Km. por el cual se transporta Gasolina Súper, Gasolina Extra, Diesel Premium, Diesel 2, Jet Fuel, desde la Refinería de Esmeraldas hacia los Terminales de Santo Domingo y Beaterio.

1.3.1 Terminales

1.3.1.1 Beaterio

Para este Terminal se tiene la Estación Reductora, como se muestra en los Diagramas de Radiocomunicaciones VHF, que trabaja en este Poliducto con los siguientes equipos como se especifica a continuación:

Equipo	Marca	Características y Descripción
Antena	Decibel Products	Yagui de 5 elementos con polarización vertical
Radio	Motorola	Consoleta
Cables	Andrew	Heliax de 9 metros, 1.5cm diámetro
		RG – 9/U de 3 metros
Cargador de Baterías	Astron	12 VDC a 35 [A]
Banco de Baterías	Liberty Series 1000	12 VDC (2)

Tabla 1.13 Equipos de Beaterio

Fuente: Inventario PETROCOMERCIAL
Elaboración: Los Autores

1.3.1.2 Santo Domingo

El Terminal Santo Domingo esta ubicado en la provincia de Pichincha, cantón Santo Domingo y está compuesto por: el Terminal de almacenamiento de productos limpios, la Estación reductora, y la Estación de bombeo. En este Terminal se tiene dos arreglos de antenas con dos radios distintos para la operación en dos poliductos diferentes como lo es el Esmeraldas Quito – Ambato y El poliducto Santo Domingo – Macul las cuales están dispuestas de la siguiente forma:

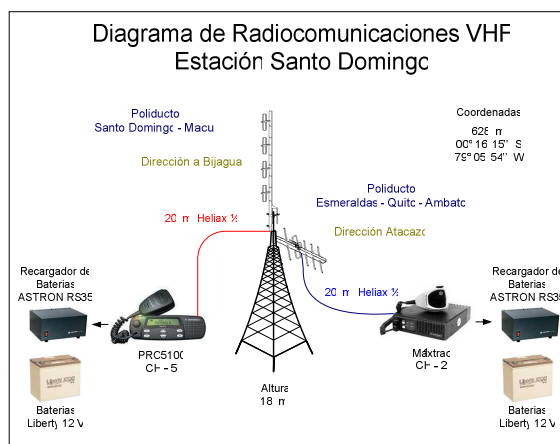


Gráfico 1.6 Diagrama de Radiocomunicaciones VHF Santo Domingo

Fuente: PETROCOMERCIAL
Elaboración: Los Autores

Equipos de enlace entre Atacazo y Santo Domingo

Equipo	Marca	Características y Descripción
Antena	Decibel Products	Yagui de 5 elementos con polarización vertical
Radio	Motorola	MAXTRAC
Cables	Andrew	Heliax 1.5cm diámetro, 20 metros
		Coaxial RG – 9/U, 3 metros
Cargador de Baterías	Astron	12 VDC a 35 [A]
Banco de Baterías	Liberty Series 1000	12 VDC (2)

Tabla 1.14 Equipos de Atacazo – Santo Domingo

Fuente: Inventario PETROCOMERCIAL
Elaboración: Los Autores

Equipos de enlace entre Bijagual y Santo Domingo

Equipo	Marca	Características y Descripción
Antena	Decibel Products	Arreglo lineal de 4 dipolos Omni-direccional con polarización vertical
Radio	Motorola	PRO5100
Cables	Andrew	Heliax 1.5cm diámetro, 20 metros
		Coaxial RG – 9/U, 3 metros
Cargador de Baterías	Astron	12 VDC a 35 [A]
Banco de Baterías	Liberty Series 1000	12 VDC (2)

Tabla 1.15 Equipos de Bijagual – Santo Domingo

Fuente: Inventario PETROCOMERCIAL
Elaboración: Los Autores

1.3.1.3 Ambato

El Terminal Ambato esta ubicado en la Provincia de Tungurahua, Cantón Ambato y está compuesto por: el Terminal de almacenamiento de productos limpios, la Estación reductora, y recibe producto desde el Terminal Beaterio. Aquí se tienen los siguientes equipos:

Equipo	Marca	Características y Descripción
Antena	Decibel Products	Arreglo lineal de 4 dipolos Omnidireccional con polarización vertical
Radio	Motorola	PRO5100
Cables	Andrew	Heliac 1.5cm diámetro, 25 metros
		Coaxial RG – 9/U, 3 metros
Cargador de Baterías	Astron	12 VDC a 35 [A]
Banco de Baterías	Liberty Series 1000	12 VDC (2)

Tabla 1.16 Equipos de Ambato

Fuente: Inventario PETROCOMERCIAL
Elaboración: Los Autores

1.3.1.4 Esmeraldas

La Cabecera de Esmeraldas esta ubicada en la provincia de Esmeraldas, cantón Esmeraldas y está compuesto por sus tanques de almacenamiento de productos limpios y la Estación de bombeo.

Equipo	Marca	Características y Descripción
Antena	Decibel Products	Yagui de 5 elementos con polarización vertical
Radio	Motorola	MARATRAC
Cables	Andrew	Heliac 1.5cm diámetro, 30 metros
		Coaxial RG – 9/U, 1.5 metros
Cargador de Baterías	Astron	12 VDC a 35 [A]
Banco de Baterías	Liberty Series 1000	12 VDC (2)

Tabla 1.17 Equipos de Esmeraldas

Fuente: Inventario PETROCOMERCIAL
Elaboración: Los Autores

1.3.2 Estaciones de Bombeo.

1.3.2.1 Corazón

La Estación de Bombeo Corazón se encuentra localizada a 65 Km. del Terminal Santo Domingo por la vía Chiriboga. Con los siguientes equipos:

Equipo	Marca	Características y Descripción
Antena	Decibel Products	Arreglo lineal de 4 dipolos Omnidireccional con polarización vertical
Radio	Motorola	PRO5100
Cables	Andrew	Heliac 1.5cm diámetro, 30 metros
		Coaxial RG – 9/U, 3 metros
Cargador de Baterías	Astron	12 VDC a 35 [A]
Banco de Baterías	Liberty Series 1000	12 VDC (2)

Tabla 1.18 Equipos de Corazón

Fuente: Inventario PETROCOMERCIAL
Elaboración: Los Autores

1.3.2.2 Faisanes

La Estación de Bombeo Faisanes se encuentra localizada a 29 Km. del Terminal Santo Domingo por la vía Chiriboga. Con los siguientes equipos:

Equipo	Marca	Características y Descripción
Antena	Decibel Products	Yagui de 5 elementos con polarización vertical
Radio	Motorola	5100
Consola	Motorola	
Cables	Andrew	Heliac 1.5cm diámetro, 8 metros
		Coaxial RG – 9/U, 1.5 metros
Cargador de Baterías	Astron	12 VDC a 35 [A]
Banco de Baterías	Liberty Series 1000	12 VDC (2)

Tabla 1.19 Equipos de Faisanes

Fuente: Inventario PETROCOMERCIAL
Elaboración: Los Autores

Diagrama de Radiocomunicaciones VHF Poliducto Esmeraldas - Quito - Ambato

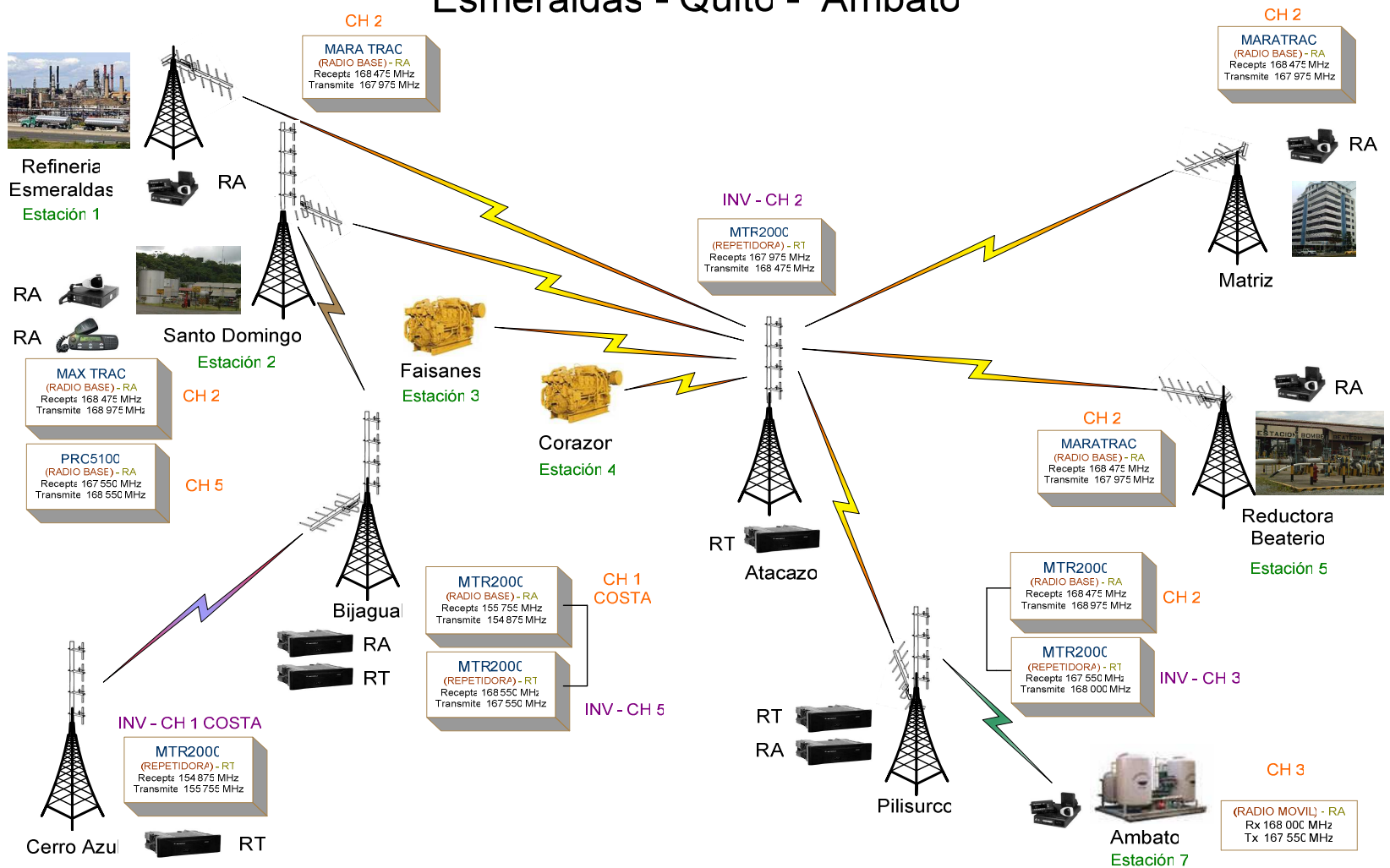


Gráfico 1.7 Diagrama de Radiocomunicaciones VHF Poliducto E-Q-A

Fuente: PETROCOMERCIAL
Elaboración: Los Autores

1.3.3 Cobertura de las Repetidoras de Comunicación.

1.3.3.1 Atacazo

Este cerro se encuentra al sur de Quito en las coordenadas 00°18'30"S y 78°36'37"W. Actualmente en este sector se encuentra una repetidora la cual cubre toda la parte del Poliducto Esmeraldas-Quito y en donde se encuentran los siguientes equipos:

Equipo	Marca	Características y Descripción
Antena	Decibel Products	Omni- direccional.- Arreglo lineal de 4 dipolos con polarización vertical
Radio Base	Motorola	MTR 2000
Cables	Andrew	Heliac 1.5cm diámetro, 35 metros
Inversor/Cargador	Triplite	12VDC – 110VAC
Banco de Baterías	Liberty Series 1000	12 VDC (2)

Tabla 1.20 Equipos de Atacazo

Fuente: Inventario PETROCOMERCIAL

Elaboración: Los Autores

1.3.3.2 Bijagual

Este cerro se encuentra en las cercanías del sector de Patricia Pilar localizado en el límite de la provincia de Pichincha con la provincia de los Ríos. Actualmente en este sector se encuentra una repetidora que une el poliducto Santo Domingo – Macul con la Regional Sur de PETROCOMERCIAL.

Equipos dirigidos al enlace con cerro Azul

Equipo	Marca	Características y Descripción
Antena	Decibel Products	Yagui de 5 elementos con polarización vertical
Radio Base	Motorola	MTR 2000
Cables	Andrew	Heliac 1.5cm diámetro, 14 metros
Inversor/Cargador	Triplite	12VDC – 110VAC
Banco de Baterías	Liberty Series 1000	12 VDC (2)

Tabla 1.21 Equipos de Bijagual

Fuente: Inventario PETROCOMERCIAL

Elaboración: Los Autores

Equipos dirigidos hacia la estación Santo Domingo

Equipo	Marca	Características y Descripción
Antena	Decibel Products	Omni- direccional.- Arreglo lineal de 4 dipolos con polarización vertical
Radio Base	Motorola	MTR 2000
Cables	Andrew	Heliac 1.5cm diámetro, 18 metros
DUPLEXOR	SINCLAIR	Q222E
Inversor/Cargador	Triplite	12VDC – 110VAC
Banco de Baterías	Liberty Series 1000	12 VDC (2)

Tabla 1.22 Equipos de Santo Domingo

Fuente: Inventario PETROCOMERCIAL
Elaboración: Los Autores

1.3.3.3 Pilisurco

El cerro Pilisurco se encuentra ubicado en la provincia de Tunguragua con las siguientes coordenadas 01°08'43"S y 78°40'54"W. Con el fin de cubrir todo el Poliducto Ambato-Quito actualmente existe un enlace entre repetidoras en el cerro Atacazo con el cerro Pilisurco de la siguiente forma: La repetidora de Pilisurco se enlaza con Atacazo a través de un modulo RA (Radio Access) asociada a una Yagui en canal 2 la misma que usa un circuito acoplador para unirse a un modulo RT (Radio Transmit) que trabaja en canal 3, el cual irradia a todo el sector del Terminal Ambato.

Estructura de enlace con cerro Atacazo

Equipo	Marca	Características y Descripción
Antena	Decibel Products	Yagui de 5 elementos con polarización vertical
Radio Base	Motorola	MTR 2000
Cables	Andrew	Heliac 1.5cm diámetro, 14 metros
Inversor/Cargador	Triplite	12VDC – 110VAC
Banco de Baterías	Liberty Series 1000	12 VDC (2)

Tabla 1.23 Equipos de Atacazo

Fuente: Inventario PETROCOMERCIAL
Elaboración: Los Autores

Estructura para la cobertura hacia Ambato

Equipo	Marca	Características y Descripción
Antena	Decibel Products	Omni- direccional.- Arreglo lineal de 4 dipolos con polarización vertical
Radio Base	Motorola	MTR 2000
Cables	Andrew	Heliac 1.5cm diámetro, 18 metros
DUPLEXOR	SINCLAIR	Q222E
Inversor/Cargador	Triplite	12VDC – 110VAC
Banco de Baterías	Liberty Series 1000	12 VDC (2)

Tabla 1.24 Equipos de Ambato

Fuente: Inventario PETROCOMERCIAL
Elaboración: Los Autores

De similar forma que el Poliducto Shushufindi-Quito, se ha realizado aproximaciones de las coberturas en base a reportes del personal técnico como militar, entregándonos el diagrama mostrado en el gráfico 1.9. Un ejemplo de comunicación para un usuario que se encuentra en Ambato y desea comunicarse con Esmeraldas debe usar el canal 3, el cual se conecta con la repetidora del Pilisurco y esta posteriormente con la de Atacazo en canal 2, para así transportar el mensaje audible hacia Esmeraldas.

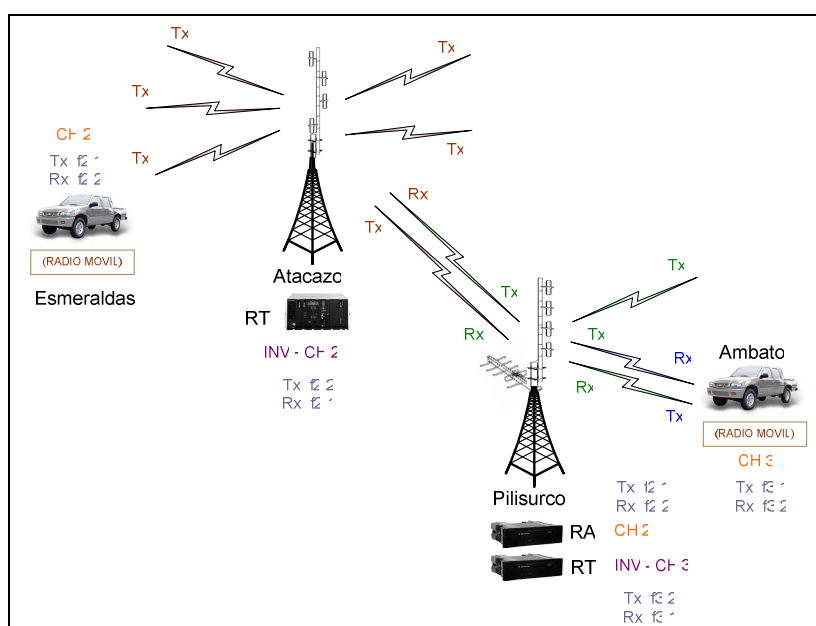


Gráfico 1.8 Diagrama de Frecuencias de Repetidoras E-Q-A

Fuente: PETROCOMERCIAL
Elaboración: Los Autores

1.4 DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS DE COMUNICACIÓN VHF.

PETROCOMERCIAL actualmente dispone de equipos Motorola en su gama de repetidoras, radios base, móviles y portátiles, que prestan un servicio eficiente en todos sus poliductos, a continuación se detallan dichos equipos con sus parámetros más importantes y posteriormente en el Anexo A se describe la funcionalidad de cada parámetro.

1.4.1 Equipos Repetidores

Son equipos analógicos y/o digitales que permiten receptor, procesar y retransmitir las señales de voz generadas por un usuario, ampliando la distancia de propagación de la señal de audio de acuerdo a la cobertura del sistema. Actualmente PETROCOMERCIAL dispone de dos repetidoras Motorola, modelo MTR2000 y el modelo QUANTAR.

1.4.1.1 MTR2000

El modelo MTR2000 es una estación Base/Repetidora analógica con procesamiento digital interno controlado por software, además ofrece la capacidad de operación analógica en sistemas convencionales¹ y sistemas troncales SMARNET². Se destaca por su funcionamiento en transmisión continua a su máxima potencia de salida RF sin degeneración o deterioro de sus componentes, es decir que el equipo puede estar transmitiendo a determinadas potencias de modo continuo y sin descanso.



¹ Comunicación analógica vía radio VHF en modo Half Duplex

² Sistemas de comunicación analógico vía radio VHF con Hand off y troncalización de frecuencias

Beneficios y propiedades

- ✂ Pruebas de programación y diagnóstico realizadas a través de una PC
- ✂ Funcionamiento en base a una estructura Modular de la repetidora
- ✂ Procesamiento del audio en tiempo real en base al uso de un Microprocesador DSP.
- ✂ Diagnóstico y Medición RSS.
- ✂ Conmutación de fuentes de poder AC y DC automáticas, con gran apertura en el rango de voltajes y frecuencias.
- ✂ Modo de operación Simplex, Half y Full Duplex con modulación FM.
- ✂ Rangos de temperatura - 30 ° a + 60 °.

Especificaciones técnicas más relevantes

Parámetros	VHF	UHF
Frecuencia	132-174 MHz	403-470 MHz
Canales	Superior a 32	
Tamaño	13.3 cm x 48.3 cm x 41.9 cm	
Peso	19 Kg.	
Potencia de Salida	100W	100W
Espaciamiento de Canales	12.5, 25 y 30 kHz	12.5 y 25 kHz
Voltaje de Alimentación AC	85 - 264 VAC con 47 - 63 Hz	
Voltaje de Alimentación DC	28.6 V para estaciones de 100 W	
Limitación de Modulación	± 2,5 kHz a 12,5 kHz ± 5 kHz a 25/30 kHz	
Zumbido y Ruido FM	45 dB a 12,5 kHz 50 dB a 25/30 kHz	
Distorsión de Audio	3 %	
Sensibilidad (12dB SINAD)	0.35µV	
Selectividad (EIA SINAD)	75 dB a 12,5 kHz 80 dB a 25/30 kHz	
Intermodulación	85 dB	
Salida de Audio	100W	
Codificación	CSQ, TPL, DPL	

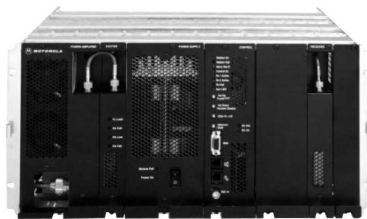
Tabla 1.25 Especificaciones Técnicas de Repetidora MTR2000

Fuente: Manuales Motorola para repetidora MTR2000.
Elaboración: Motorola

1.4.1.2 QUANTAR

El modelo QUANTAR es una estación Base/Repetidora híbrida que soporta todo tipo de equipos en su estructura analógica como digital, de forma similar que la repetidora MTR2000, este modelo se encuentra diseñado en base a microprocesadores DSP que permiten transmisión y recepción en tiempo real.

Su diseño digital permite tener un mayor control en la seguridad de las comunicaciones, ya que puede encriptar digitalmente la voz haciendo más difícil el acceso de usuarios desconocidos.



Beneficios y propiedades

- ✎ Módulos funcionalmente separados: Field Replaceable Units (FRU)
- ✎ Rápidas actualizaciones designadas por la intensidad del software
- ✎ Programación y diagnóstico realizado a través de una computadora personal
- ✎ Peso ligero
- ✎ Confiable estado de actualización
- ✎ Funcionamiento en operación de ciclo continuo
- ✎ Disponibilidad de baterías revertibles en el caso de fallo de alimentación de corriente

Especificaciones técnicas más relevantes

Parámetros	VHF	UHF	800	900
Sub-banda de TX	132-174 MHz	403-520 MHz	851-870 MHz	935-941 MHz
Sub-banda de RX	132-174 MHz	403-520 MHz	806-825 MHz	896-902 MHz
Número de Canales	16			
Ancho de Banda	VHF:30,25,12.5KHz	UHF/800:12.5,25KHz	900:12.5KHz	
Tipo de suministro de poder	Switching			
Generación de Frecuencia	Sintonizado			
Voltaje de Alimentación de entrada	90-280 V ac			
Frecuencia de Alimentación de entrada	47-63 Hz			
Revertidor de Batería	12V (25W radios) 24V (100W, 110W, y 125W radios)			
Separación TX/RX	VHF:>1.5 MHz	UHF/800: 45 MHz	900: 39 MHz	
Rango de Temperatura	-30 ⁰ C a +60 ⁰ C			
Intermodulación	85 dB			
Salida de Audio	100W			
Codificación	CSQ, TPL, DPL			

Tabla 1.26 Especificaciones Técnicas de Repetidora QUANTAR

Fuente: Manuales Motorola para repetidora QUANTAR.

Elaboración: Motorola

1.4.2 Radios Móviles y Bases

Son equipos de comunicación, que permiten establecer una conversación entre dos o más personas en modo Half Duplex, vía radio en estructuras Móviles (vehículos con antenas omnidireccionales) o Bases (oficinas con antenas direccionales), receptando y transmitiendo señales hacia la repetidora más cercana, o a su vez realizar comunicaciones locales en modo Simplex.

1.4.2.1 MARATRAC



Beneficios y propiedades

- ✎ Rastreo con prioridad y rastreo de prioridad única seleccionable por el operador.
- ✎ Señalizaciones estándar Stat-Alert (códigos ID combinados con alarma de emergencia para indicar al operador) y Quick-Call (tono de alerta enviado a un usuario o grupo si este no responde)
- ✎ Presenta identificación con protocolo MDC1200 de Motorola.

Especificaciones técnicas más relevantes

Parámetros	VHF	UHF
Frecuencia	150-174 MHz	450-470 MHz
Canales	1 a 99	
Tamaño	24.5 cm x 36,8 cm x 6,4 cm	
Peso	7.26 Kg.	
Potencia de Salida	100W	100W
Espaciamiento de Canales	20 y 25 kHz	20 y 25 kHz
Voltaje de Alimentación	12 VDC	
Limitación de Modulación	0 a \pm 5 kHz	
Zumbido y Ruido FM	- 45 dB	
Distorsión de Audio	3 %	
Sensibilidad (12dB SINAD)	0.30 μ V	
Selectividad (EIA SINAD)	-80 dB	-75 dB
Intermodulación	-75 dB	
Salida de Audio	10W con distorsión inferior al 5%	
Codificación	CSQ, TPL, DPL	

Tabla 1.27 Especificaciones Técnicas de radio MARATRAC

Fuente: Manuales Motorola para radio MARATRAC.
Elaboración: Motorola

1.4.2.2 MAXTRAC



Beneficios y propiedades

- ✘ Limitador de tiempo de llamada para evitar, en forma automática, el bloqueo de un canal.
- ✘ Capacidad completa de interconexión telefónica.
- ✘ Capacidades de radiolocalización/PA/alarma de emergencia.
- ✘ Presenta identificación con protocolo MDC1200 de Motorola.

Especificaciones técnicas más relevantes

Parámetros	VHF	UHF
Frecuencia	136-162 MHz 146-174 MHz	403-430 MHz 449-470 MHz
Canales	2, 6 o 32	
Tamaño	5.08 cm x 17.8 cm x 19.8 cm	
Peso	1.73 Kg.	
Potencia de Salida	45W	40W
Espaciamiento de Canales	30 kHz	25 kHz
Voltaje de Alimentación	13.8 VDC	
Limitación de Modulación	0 a \pm 5 kHz	
Zumbido y Ruido FM	- 45 dB	
Distorsión de Audio	3 %	
Sensibilidad (12dB SINAD)	0.30 μ V	
Selectividad (EIA SINAD)	-80 dB	-75 dB
Intermodulación	-78 dB	-75 dB
Salida de Audio	30W con distorsión inferior al 5%	
Codificación	CSQ, TPL, DPL	

Tabla 1.28 Especificaciones Técnicas de radio MAXTRAC

Fuente: Manuales Motorola para radio MAXTRAC.

Elaboración: Motorola

1.4.2.3 Astro Spectra



Beneficios y propiedades

- ✎ Múltiples modos de operación tanto en sistemas Digitales (con o sin encriptación) y sistemas analógicos.
- ✎ Presenta identificación con protocolo MDC1200 de Motorola

Especificaciones técnicas más relevantes

Parámetros	VHF	UHF
Frecuencia	136-162 MHz 146-174 MHz	403-433 MHz 438-470 MHz 450-482 MHz 482-512 MHz
Canales	255	
Tamaño	13.7 cm x 6.0 cm x 3.07 cm	
Peso	5.1 Kg.	
Potencia de Salida	110W	100W
Espaciamiento de Canales	12.5, y 30 kHz	12.5 y 25 kHz
Voltaje de Alimentación	- 12 VDC	
Limitación de Modulación	± 2,5 kHz a 12,5 kHz ± 5 kHz a 25/30 kHz	
Zumbido y Ruido FM	40 dB a 12,5 kHz 45 - 50 dB a 25/30 kHz	
Distorsión de Audio	2 %	
Sensibilidad (12dB SINAD)	0.25µV	
Selectividad (EIA SINAD)	70 dB a 12,5 kHz 80 dB a 25/30 kHz	
Intermodulación	80 dB a 85 dB	
Salida de Audio	5W (10W Opcional), distorsión inferior al 3 %	
Codificación	CSQ, TPL, DPL	

Tabla 1.29 Especificaciones Técnicas de radio ASTRO SPECTRA

Fuente: Manuales Motorola para radio ASTRO SPECTRA.
Elaboración: Motorola

1.4.2.4 PRO5100



Beneficios y propiedades

- ✘ Identificación de Llamada PTT-ID (envío / recepción)
- ✘ Rastreo con doble prioridad para monitorear simultáneamente dos canales.
- ✘ Indicador del nivel de la señal de ruido.
- ✘ Señalización SCARLET para llamadas selectivas o alerta, es un incremento gradual de un tono de emergencia si el usuario receptor no responde.
- ✘ Verificación del radio, función que permite verificar si el usuario está en aire y dentro del área de cobertura.

Especificaciones técnicas más relevantes

Parámetros	VHF	UHF
Frecuencia	136-174 MHz	403-470 MHz 450-527 MHz
Canales	64	
Tamaño	19.8 cm x 17.9 cm x 5.9 cm	
Peso	1.65 Kg.	
Potencia de Salida	45W	40W
Espaciamiento de Canales	12.5, 20 y 25 kHz	20 kHz
Voltaje de Alimentación	12 VDC	
Limitación de Modulación	0 a ± 5 kHz	
Zumbido y Ruido FM	- 45 dB	
Distorsión de Audio	3 %	
Sensibilidad (12dB SINAD)	0.30µV	
Selectividad (EIA SINAD)	-80 dB	-75 dB
Intermodulación	-78 dB	-75 dB
Salida de Audio	45W con distorsión inferior al 5%	
Codificación	CSQ, TPL, DPL	

Tabla 1.30 Especificaciones Técnicas de radio PRO5100

Fuente: Manuales Motorola para radio PRO5100.

Elaboración: Motorola

1.4.3 Radios Portátiles

Son equipos de comunicación destinados a los usuarios por su pequeño tamaño y su bajo peso, permiten una fácil manipulación y transporte, generalmente manejan potencias de 5 W lo cual los limita a cubrir una pequeña área de cobertura

1.4.3.1 Astro SABER

Beneficios y propiedades

- ✎ Presenta sistemas electrónicos con elevada inmunidad al ruido
- ✎ Señalización STAT ALERT y Quick-Call.
- ✎ Presenta identificación con protocolo MDC1200 de Motorola

Especificaciones técnicas más relevantes


Equipo	Parámetros	VHF	UHF	
	Frecuencia	136-174 MHz	403-470 MHz 450-520 MHz	
	Canales	12 – 128		
	Tamaño	19,7 cm x 7.46 cm x 2.99 cm		
	Peso	25.13 oz.		
	Duración Batería (5/5/90)	11 horas a 5W	8 horas a 4W	
	Potencia de Salida	1-2,5W y 2,5 - 6W		
	Espaciamiento de Canales	30 kHz		
	Limitación de Modulación	± 5,0 kHz		
	Zumbido y Ruido FM	- 45 dB		
	Distorsión de Audio	3 %		
	Sensibilidad (12dB SINAD)	0.35µV		
	Selectividad (EIA SINAD)	-80 dB		
	Intermodulación	-78 dB		
	Salida de Audio	500mW		
	Codificación	CSQ, TPL, DPL		

Tabla 1.31 Especificaciones Técnicas de radio ASTRO SABER

Fuente: Manuales Motorola para radio ASTRO SABER.

Elaboración: Motorola

1.4.3.2 HT1000

Beneficios y propiedades

- ✘ Incorporación de micrófonos con reducción de ruido.
- ✘ Señalización STAT ALERT y Quick-Call
- ✘ Acceso a líneas telefónicas TOUCH CODE
- ✘ Presenta identificación con protocolo MDC1200 de Motorola
- ✘ Incorpora sistemas de seguridad para trabajar en zonas con alto nivel de contaminación ambiental volátil (Plantas de Gas).

Especificaciones técnicas más relevantes


Equipo	Parámetros	VHF	UHF	
	Frecuencia	136-174 MHz	403-470 MHz 450-520 MHz	
	Canales	16		
	Tamaño	16 cm x 5.94 cm x 3.91 cm		
	Peso	19.4 oz.		
	Duración Batería (5/5/90)	9 horas a 5W	9 horas a 4W	
	Potencia de Salida	1-5W	1-4W	
	Espaciamiento de Canales	12.5, 25 y 30 kHz	12.5 y 25 kHz	
	Limitación de Modulación	± 3,75 kHz a 12,5 kHz ± 7,5 kHz a 25/30 kHz		
	Zumbido y Ruido FM	- 40 dB a 12,5 kHz - 45 dB a 25/30 kHz		
	Distorsión de Audio	3 %		
	Sensibilidad (12dB SINAD)	0.28µV		
	Selectividad (EIA SINAD)	-65 dB a 12,5 kHz -75 dB a 25/30 kHz	-63 dB a 12,5 kHz -73 dB a 25/30 kHz	
	Intermodulación	-65 dB a 12,5 kHz -75 dB a 25/30 kHz	-63 dB a 12,5 kHz -73 dB a 25/30 kHz	
	Salida de Audio	500mW	500mW	
	Codificación	CSQ, TPL, DPL		

Tabla 1.32 Especificaciones Técnicas de radio HT1000

Fuente: Manuales Motorola para radio HT1000.
Elaboración: Motorola

1.4.3.3 GP300

Beneficios y propiedades

- ✎ Programación del nivel de potencia de transmisión en cada canal para un prolongamiento máximo en la vida de la batería.
- ✎ Presenta identificación con protocolo MDC1200 de Motorola
- ✎ Señalización STAT ALERT y Quick-Call.

Especificaciones técnicas más relevantes


Equipo	Parámetros	VHF	UHF
	Frecuencia	136-162 MHz	403-433 MHz 465-495 MHz 490-520 MHz
	Canales	16	
	Tamaño	14 cm x 5.9 cm x 4.2 cm	
	Peso	17.95 oz.	
	Duración Batería (5/5/90)	8 horas a alta potencia 10.5 horas a baja potencia	
	Potencia de Salida	1-5W	1-4W
	Espaciamiento de Canales	12.5, 20, 25 y 30 kHz	
	Limitación de Modulación	± 5,0 kHz	
	Zumbido y Ruido FM	- 40 dB	
	Distorsión de Audio	3 %	
	Sensibilidad (12dB SINAD)	0.22µV	
	Selectividad (EIA SINAD)	-60 dB a -70 dB	
	Intermodulación	-70 dB	
	Salida de Audio	500mW	
	Codificación	CSQ, TPL, DPL	

Tabla 1.33 Especificaciones Técnicas de radio GP300

Fuente: Manuales Motorola para radio GP300.

Elaboración: Motorola

1.4.3.4 PRO3150

Beneficios y propiedades

- ✘ Función de rastreo con prioridad (SCAN) para un canal o grupo de trabajo.
- ✘ Algoritmo de compresión de voz X-Pand™ para canales de 12.5 kHz, para obtener un sonido de alta calidad, claro, cristalino y fuerte comparable con el de los canales de 25 kHz.
- ✘ Llamada selectiva con privacidad para usuarios determinados.
- ✘ Señalización Quik Call.
- ✘ Botones laterales programables para acceso instantáneo a funciones.
- ✘ LED tricolor y tono para indicar el estado de la batería.
- ✘ Presenta identificación con protocolo MDC1200 de Motorola

Especificaciones técnicas más relevantes

Equipo	Parámetros	VHF	UHF	
	Frecuencia	136-174 MHz	403-470 MHz 450-520 MHz	
	Canales	16		
	Tamaño	13,7 cm x 5.75 cm x 3.75 cm		
	Peso	15.8 oz.		
	Duración Batería (5/5/90)	8 horas a 5W	8 horas a 4W	
	Potencia de Salida	1-5W	1-4W	
	Espaciamiento de Canales	12.5, 20 y 25 kHz		
	Limitación de Modulación	± 2,5 kHz a 12,5 kHz ± 4,0 kHz a 20 kHz ± 5,0 kHz a 25 kHz		
	Zumbido y Ruido FM	- 40 dB		
	Distorsión de Audio	3 %		
	Sensibilidad (12dB SINAD)	0.25µV		
	Selectividad (EIA SINAD)	-60 dB a 12,5 kHz -70 dB a 25 kHz		
	Intermodulación	-65 dB		
	Salida de Audio	500mW		
Codificación	CSQ, TPL, DPL			

Tabla 1.34 Especificaciones Técnicas de radio PRO3150

Fuente: Manuales Motorola para radio PRO3150.
Elaboración: Motorola

1.4.3.5 PRO5150

Beneficios y propiedades

- ✘ Nitidez en las comunicaciones por la compresión de audio X-Pand™.
- ✘ Identificación por tonos, que permite fácilmente verificar con 8 tonos diferentes llamadas individuales o de grupo
- ✘ Botón programable para sirena de emergencia/alerta que notificará a la central de algún suceso especial que requiera el usuario
- ✘ Nivel de potencia programable en transmisión para cada canal según sus necesidades de cobertura.
- ✘ Optimización en la transmisión por una compresión del silencio.
- ✘ LED y tono Indicador del estado de la batería.
- ✘ Presenta identificación con protocolo MDC1200 de Motorola

Especificaciones técnicas más relevantes

Equipo	Parámetros	VHF	UHF	
	Frecuencia	136-174 MHz	403-470 MHz 450-520 MHz	
	Canales	16		
	Tamaño	13,7 cm x 5.75 cm x 3.75 cm		
	Peso	15 oz.		
	Duración Batería (5/5/90)	11 horas a 5W	8 horas a 4W	
	Potencia de Salida	1-5W	1-4W	
	Espaciamiento de Canales	12.5, 20 y 25 kHz		
	Limitación de Modulación	± 2,5 kHz a 12,5 kHz ± 4,0 kHz a 20 kHz ± 5,0 kHz a 25 kHz		
	Zumbido y Ruido FM	- 40 dB		
	Distorsión de Audio	3 %		
	Sensibilidad (12dB SINAD)	0.25µV		
	Selectividad (EIA SINAD)	-60 dB a 12,5 kHz -70 dB a 25 kHz		
	Intermodulación	-70 dB		
	Salida de Audio	500mW		
Codificación	CSQ, TPL, DPL, inv DPL			

Tabla 1.35 Especificaciones Técnicas de radio PRO5150

Fuente: Manuales Motorola para radio PRO5150.
Elaboración: Motorola

1.4.3.6 PRO7150

Beneficios y propiedades

- ✘ Nitidez en las comunicaciones por la compresión de audio X-Pand™.
- ✘ Identificador de 8 tonos para llamadas individuales, de alerta o de grupo.
- ✘ Indicador visual del medidor de batería y nivel de potencia de la señal receptada.
- ✘ Limitador de tiempo de transmisión, verificación de radio (área de cobertura)
- ✘ Señalización de alerta de llamada Call Alert™ y Quik Call
- ✘ Funciones de compresión de silencio.
- ✘ Expansión de las funciones del radio a través de la incorporación de tarjetas adicionales (Recepción DTMF, Almacenamiento de voz, etc)
- ✘ Presenta identificación con protocolo MDC1200 de Motorola

Especificaciones técnicas más relevantes

Equipo	Parámetros	VHF	UHF	
	Frecuencia	136-174 MHz	403-470 MHz 450-520 MHz	
	Canales	128		
	Tamaño	13,7 cm x 5.75 cm x 3.75 cm		
	Peso	15 oz.		
	Duración Batería (5/5/90)	11 horas a 5W	8 horas a 4W	
	Potencia de Salida	1-5W	1-4W	
	Espaciamiento de Canales	12.5, 20 y 25 kHz		
	Limitación de Modulación	± 2,5 kHz a 12,5 kHz ± 4,0 kHz a 20 kHz ± 5,0 kHz a 25 kHz		
	Zumbido y Ruido FM	- 40 dB		
	Distorsión de Audio	3 %		
	Sensibilidad (12dB SINAD)	0.25µV		
	Selectividad (EIA SINAD)	-60 dB a 12,5 kHz -70 dB a 25 kHz		
	Intermodulación	-70 dB		
	Salida de Audio	500mW		
Codificación	CSQ, TPL, DPL, inv DPL			

Tabla 1.36 Especificaciones Técnicas de radio PRO7150

Fuente: Manuales Motorola para radio PRO7150.
Elaboración: Motorola

1.4.3.7 XTS1500

Beneficios y propiedades

- ✘ Presenta modos de operación analógica y Digital Trunking.
- ✘ Soporta por software la programación de la reducción de ruido y un control de la ganancia del audio.
- ✘ Presenta identificación con protocolo MDC1200 de Motorola

Especificaciones técnicas más relevantes

Equipo	Parámetros	VHF	UHF	
	Frecuencia	136-174 MHz	403-470 MHz 450-520 MHz	
	Canales	128		
	Tamaño	15,24 cm x 5.84 cm x 5.08 cm		
	Peso	20 oz.		
	Duración Batería (5/5/90)	12 horas a 5W	8 horas a 4W	
	Potencia de Salida	1-5W	1-4W	
	Espaciamiento de Canales	12.5 y 25 kHz		
	Limitación de Modulación	± 2,5 kHz a 12,5 kHz ± 5,0 kHz a 25 kHz		
	Zumbido y Ruido FM	- 31 dB a 12,5 kHz - 40 dB a 25 kHz		
	Distorsión de Audio	3 %		
	Sensibilidad (12dB SINAD)	0.35µV		
	Selectividad (EIA SINAD)	Modo Analógico -65 dB a 12,5 kHz Modo Analógico -70 dB a 25 kHz Modo Digital -60 dB a 12,5 kHz		
	Intermodulación	-70 dB		
	Salida de Audio	500mW		
Codificación	CSQ, TPL, DPL, inv DPL			

Tabla 1.37 Especificaciones Técnicas de radio XTS1500

Fuente: Manuales Motorola para radio XTS1500.

Elaboración: Motorola

1.5 DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS RADIANTES Y DUPLEXORES PARA VHF.

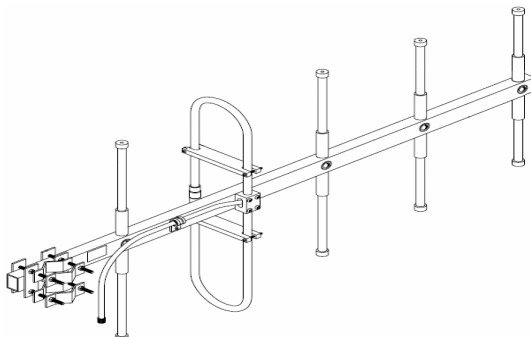
PETROCOMERCIAL además de sus equipos de comunicación de voz vía radio antes expuestos, necesita elementos radiantes para su funcionamiento, para lo cual presenta una buena infraestructura de antenas y duplexores que brindan la mayor parte del tiempo una comunicación analógica efectiva.

La infraestructura esta conformada por antenas omnidireccionales y directivas asociadas en casos que lo requieran con duplexores con un alto rendimiento en la multiplexación de frecuencias. A continuación se describen dichos elementos.

1.5.1 Antenas Yagui con dipolo doblado

Es una antena directiva constituida por elementos parásitos como lo son los directores y el reflector, separados a determinadas distancias para contribuir con la concentración del lóbulo de radiación (reflector³) y la ganancia de la antena (directores⁴).

1.5.1.1 Decibel Products TDD6323



³ Compensa en gran porcentaje el campo radiado en la dirección de la espalda de la antena Yagui

⁴ Contribuyen en el incremento del campo radiado en la dirección del frente de la antena Yagui

Beneficios y propiedades

- ✎ Este diseño permite un ancho de banda de 10 MHz con óptimo funcionamiento en sistemas con una o múltiples frecuencias.
- ✎ El cable de alimentación se encuentra sellado con el dipolo para una protección contra hielo y nieve.
- ✎ Todos los elementos presentan una conexión a tierra para protección

Especificaciones técnicas más relevantes

Parámetros	Valores
Frecuencia	164 - 174 MHz
Ancho de Banda	10 MHz
Ganancia	9 dB
VSWR	1.5 : 1
Impedancia nominal	50 Ω
Potencia de entrada (max)	350 W
Longitud Boom	2,0 m
Longitud elementos	1.27 cm

Tabla 1.38 Especificaciones Técnicas de Antena Yagui TDD6323

Fuente: Catálogo Decibel Products para Antena Yagui TDD6323
 Elaboración: Decibel Products

Diagramas de Radiación

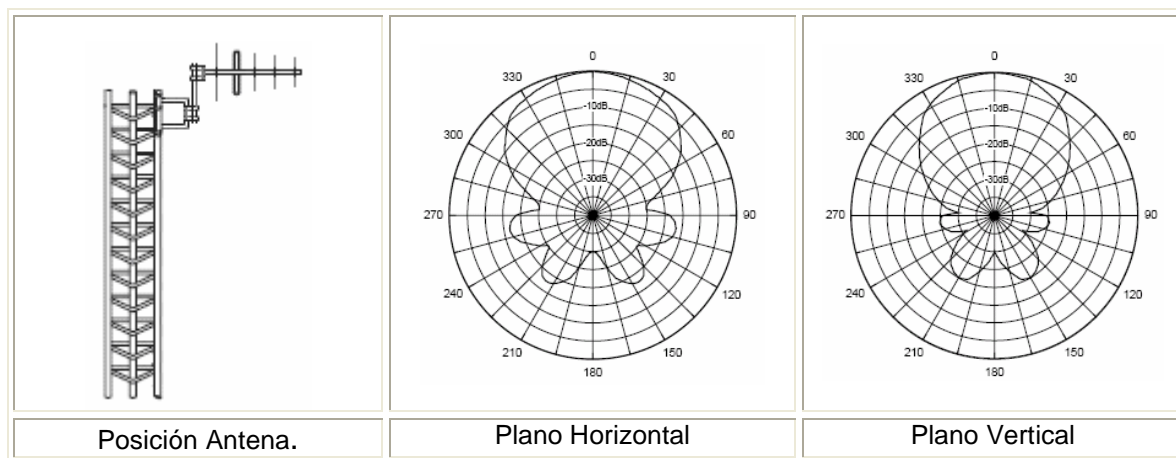


Gráfico 1.10 Respuesta de Frecuencia y Montaje de la Antena Yagui TDD6323

Fuente: Catálogo Decibel Products para Antena Yagui TDD6323
 Elaboración: Decibel Products

1.5.2 Antenas de Arreglo Lineal de Dipolos

Es un arreglo de dipolos doblados que presenta diferentes configuraciones de radiación, frecuentemente este tipo de antena se combina con un equipo repetidor, ya que por su radiación omnidireccional brinda grandes zonas de cobertura.

1.5.2.1 Decibel Products DB224



Beneficios y propiedades

- ✂ Por el diseño con dipolos doblados admite un ancho de banda de 10 MHz con óptimo funcionamiento en sistemas de una o múltiples frecuencias.
- ✂ Presenta varios modelos de radiación por la posición de sus cuatro dipolos, si la configuración es de 90 grados de desplazamiento en el mástil por cada dipolo, se obtiene una antena omnidireccional con una ganancia de 6dB, mientras que, cuando se alinean los cuatro dipolos, la antena presenta características direccionales con una ganancia de 9dB.

Especificaciones técnicas más relevantes

Parámetros	Valores
Frecuencia	164 - 174 MHz
Ancho de Banda	10 MHz
Ganancia	6 – 9dB
VSWR	1.5 : 1
Impedancia nominal	50 Ω
Potencia de entrada (max)	500 W
Longitud Boom	6,47 m
Longitud elementos	1.27 cm

Tabla 1.39 Especificaciones Técnicas de Antena arreglo lineal de Dipolos DB224

Fuente: Catálogo Decibel Products para antena arreglo lineal de Dipolos DB224

Elaboración: Decibel Products

Diagramas de Radiación

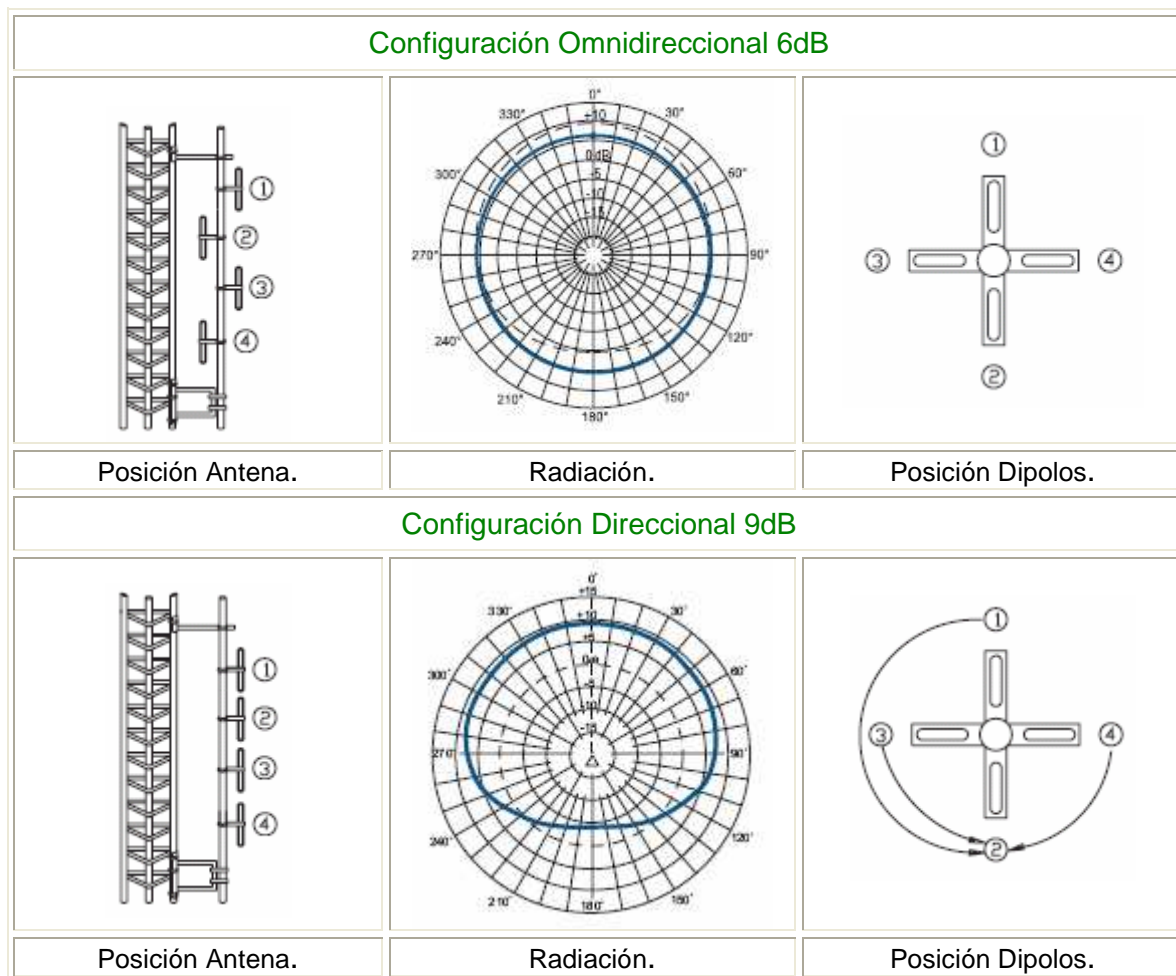


Gráfico 1.11 Respuesta de Frecuencia y Montaje de la Antena DB224

Fuente: Catálogo Decibel Products para antena arreglo lineal de Dipolos DB224
Elaboración: Decibel Products

1.5.3 Antenas omnidireccionales móviles

Son antenas de hilo que presentan una configuración de radiación en todas las direcciones, su longitud esta limitada por el uso adicional del spring (bobina que permite una ganancia en la antena) y la frecuencia que trabajan los radios móviles. PETROCOMERCIAL dispone de diversos modelos que se detallan a continuación.

1.5.3.1 Antenas sin Spring

Beneficios y propiedades

- ✎ No presentan ganancia y la longitud de la antena esta dada por curvas espectrales dadas por el fabricante de acuerdo a la frecuencia configurada.



Parámetros	Valores
Rango de Frecuencia	118 – 940 MHz
Ganancia	0
VSWR	< 1.5 : 1
Potencia máxima	150 W
Impedancia nominal	50 Ω

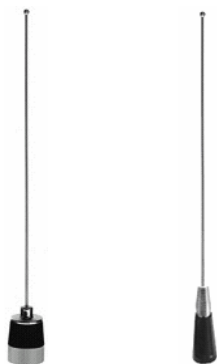
Tabla 1.40 Especificaciones Técnicas de Antenas Móviles RAD 4010 - Motorola y MFT120 - Maxrad

Fuente: Catálogos Motorola y Maxrad para Antenas Móviles VHF
Elaboración: Motorola y Maxrad

1.5.3.2 Antenas con Spring

Beneficios y propiedades

- ✎ Presentan una ganancia de 3 dB generada por el spring (bobina), y su longitud varía de acuerdo a las curvas espectrales con bobina.



MHB5800

RAD4010A

Parámetros	Valores
Rango de Frecuencia	144 – 174 MHz
Ganancia	3 dB
VSWR	< 1.5 : 1
Potencia máxima	200 W
Impedancia nominal	50 Ω

Tabla 1.41 Especificaciones Técnicas de Antenas Móviles RAD4010 - Motorola y MHB5800 - Maxrad

Fuente: Catálogos Motorola y Maxrad para Antenas Móviles VHF
Elaboración: Motorola y Maxrad

1.5.4 Duplexores

Son elementos pasivos que permiten multiplexar dos frecuencias sobre un elemento radiante (antena), esta funcionalidad es válida en sistemas VHF convencionales, ya que permite colocar la frecuencia de transmisión y recepción sobre una misma antena.

1.5.4.1 Duplexor Sinclair Q2220



Beneficios y propiedades

- ✎ Cuatro cavidades duplexoras con 70 dB de Isolación⁵.
- ✎ 1.5 dB en pérdidas de inserción⁶ a 500 kHz de separación.
- ✎ Isolación de 80 dB a 3 MHz de espaciamento típico

Especificaciones técnicas más relevantes

Parámetros	Valores
Rango de frecuencia	136-174 MHz
Entrada VSWR (max)	1.5 a 1 con referencia de 50 Ω
Entrada de Potencia (max)	350 W
Separación de frecuencia (min)	500 kHz
Pérdidas de inserción (max)	1.5 dB
Isolación (min)	70 dB
Tamaño	10,6 cm. x 77.0 cm. x 48.3 cm
Peso	12,70 Kg.
Rango de Temperatura	- 40 °C a + 60°C

Tabla 1.42 Especificaciones Técnicas de Duplexor Q2220

Fuente: Manuales Sinclair para Duplexor Q2220

Elaboración: Sinclair

⁵ Isolación es el nivel de atenuación de una señal con respecto a la otra multiplexada en el Duplexor.

⁶ Pérdidas del nivel de potencia de una señal ocasionada por el ingreso de la señal al duplexor

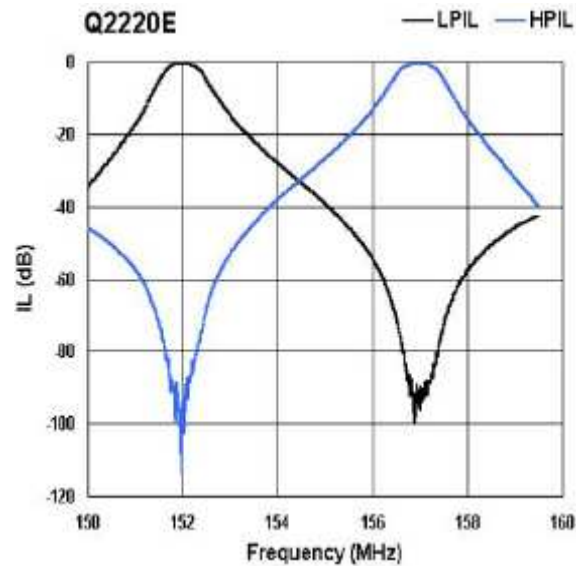


Gráfico 1.12 Respuesta de Frecuencia del Duplexor Sinclair Q2220

Fuente: Manuales Sinclair para Duplexor Q202G.
Elaboración: Sinclair

1.5.4.2 Duplexor Sinclair Q202G



Beneficios y propiedades

- ✎ Cuatro cavidades duplexoras con 80 dB de Isolación.
- ✎ La respuesta del duplexor permite suprimir el ruido falso y el ruido de la banda lateral de transmisión.
- ✎ Fácil instalación en el gabinete y calibración manual.

Especificaciones técnicas más relevantes

Parámetros	Valores
Rango de frecuencia	132-174 MHz
Entrada VSWR (max)	1.5 a 1
Entrada de Potencia (max)	300 W
Separación de frecuencia (min)	500 kHz
Pérdidas de inserción (max)	1.5 dB
Isolación (min)	80 dB
Tamaño	77.5 cm. x 37.8 cm. x 48.3 cm
Peso	27,2 Kg.
Rango de Temperatura	- 40 °C a + 60°C

Tabla 1.43 Especificaciones Técnicas de Duplexor Q202G

Fuente: Manuales Sinclair para Duplexor Q202G

Elaboración: Sinclair

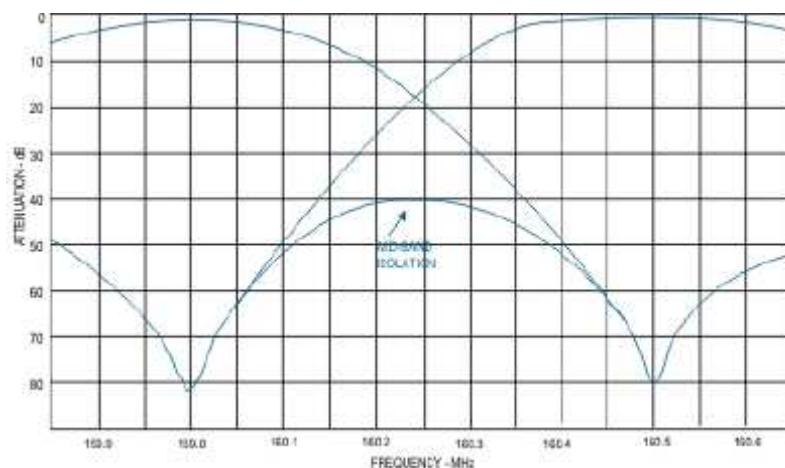


Gráfico 1.13 Respuesta de Frecuencia del Duplexor Sinclair Q202G

Fuente: Manuales Sinclair para Duplexor Q202G.

Elaboración: Sinclair

1.6 DIAGNOSTICO DEL SISTEMA VHF.

PETROCOMERCIAL no dispone de ningún sistema que permita realizar un diagnóstico detallado de las comunicaciones VHF, para lo cual hemos realizado un proyecto tanto de hardware como de software, que realice un monitoreo constante a las comunicaciones VHF a través de una radio base PRO5100 y lo almacene dentro de una PC, adicionalmente todos los días se realiza un reporte telefónico a las estaciones con el fin de receptar cualquier problema, de esta manera se pretende diagnosticar si el sistema funciona eficientemente o no.

1.6.1 Estadísticas de reportes telefónicos diarios en Poliductos

Para este análisis tomamos el reporte telefónico de 4 meses a partir de Febrero (Anexo B), que es aproximadamente el tiempo en el cual se instalaron nuevas repetidoras y se reprogramó eficientemente los radios base, portátiles y móviles.

Los resultados son expresados por meses (Febrero, Marzo, Abril y Mayo) de acuerdo a parámetros como:

- ~ Días sin Comunicación (Comunicaciones completamente deshabilitadas)
- ~ Interferencia (Inserción de otras señales audibles)
- ~ Ruido.

	Sin Comunicación	Interferencia	Ruido
Febrero	10	7	5
Marzo	8	5	13
Abril	5	9	9
Mayo	3	0	7

Este primer diagnóstico nos muestra que en el mes de Febrero se tuvo un alto número de ocasiones en las cuales no se tenía comunicación (equivalente a un 35,71% de fallas), posteriormente por la implementación de nuevas repetidoras, sistemas de respaldo de baterías y puesta a tierra eficientes, han decrecido

satisfactoriamente estos fallos hasta llegar a 3 días sin servicio en el mes de Mayo (equivalente al 9.67% de fallas).

Cabe recalcar que generalmente los daños son producidos por los desniveles de voltaje que existen en la Red Eléctrica Pública y por las continuas descargas eléctricas que se generan en las montañas donde se encuentran instaladas las repetidoras.

Por otro lado mencionaremos a los niveles de interferencia que son ocasionados por la descalibración de los Duplexores permitiendo el paso de otras señales audibles a través de la repetidora. Finalmente tenemos al ruido generado por la calibración no uniforme de la sensibilidad de los radios y a factores climáticos que desestabilizan los parámetros configurados en los equipos. A continuación se muestra un gráfico que resume las conclusiones antes mencionadas.

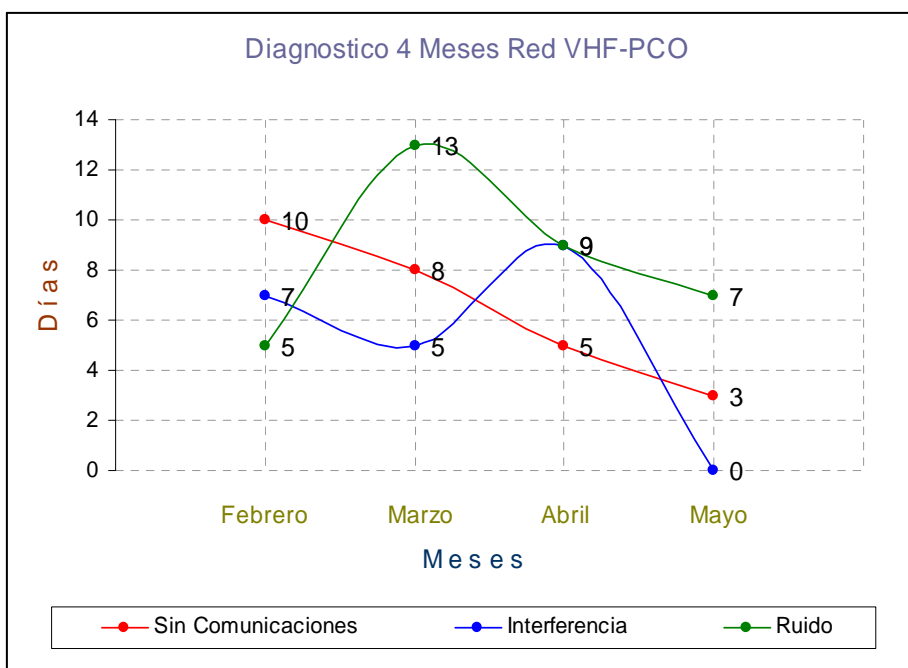


Gráfico 1.14 Diagnóstico 4 Meses Red VHF-PCO

Fuente: Reportes telefónicos diarios realizados a todas las Estaciones de PETROCOMERCIAL
Elaboración: los Autores

En base al mismo diagnóstico por reportes telefónicos, hemos analizado por separado el comportamiento en cada Poliducto mostrando los siguientes resultados:

✎ Poliducto Shushufindi - Quito

	Febrero			Marzo			Abril			Mayo		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Beaterio	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
Chalpi	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Osayacu	4	1	2	0	4	4	1	0	0	0	0	0
Quijos	0	2	2	1	0	3	2	0	1	0	0	2
Shushufindi	0	4	3	2	4	1	1	0	4	0	0	1
Repetidoras	5	3	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0

A. Sin Comunicación; B. Interferencia; C. Ruido

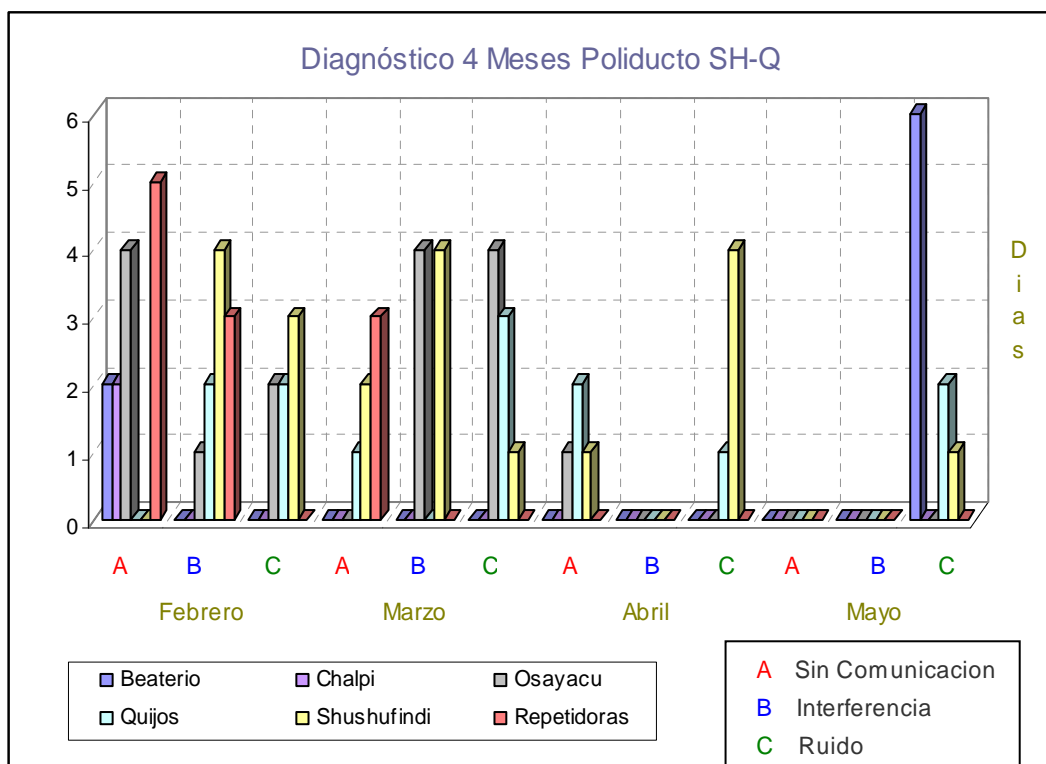


Gráfico 1.15 Diagnóstico 4 Meses Poliducto SH-Q

Fuente: Reportes telefónicos diarios realizados a todas las Estaciones de PETROCOMERCIAL
Elaboración: los Autores

✎ Poliducto Esmeraldas - Quito - Ambato

	Febrero			Marzo			Abril			Mayo		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Beaterio	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Corazon	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0
Faizanes	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0
Sto. Domingo	0	0	0	0	0	3	0	1	6	0	0	0
Esmeraldas	0	0	0	0	0	3	0	9	3	0	0	0
Ambato	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3	0	0
Oyambaro	1	1	0	2	0	3	1	0	1	0	0	0
Repetidoras	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0

A. Sin Comunicación; B. Interferencia; C. Ruido

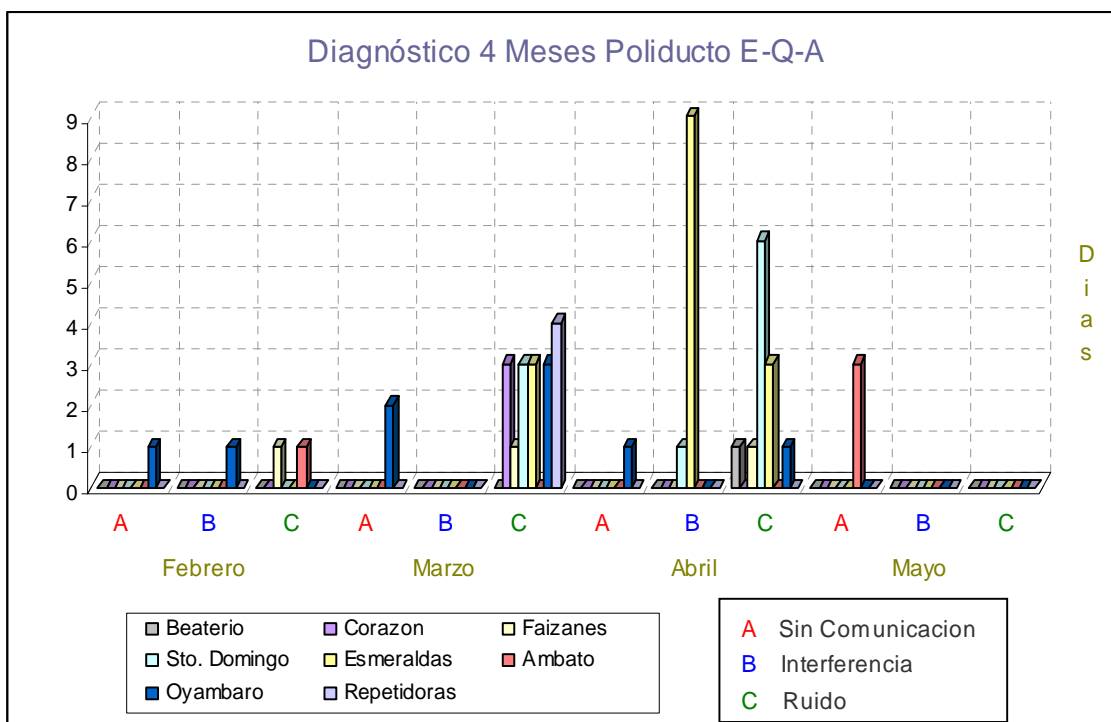


Gráfico 1.16 Diagnóstico 4 Meses Poliducto E-Q-A

Fuente: Reportes telefónicos diarios realizados a todas las Estaciones de PETROCOMERCIAL
 Elaboración: los Autores

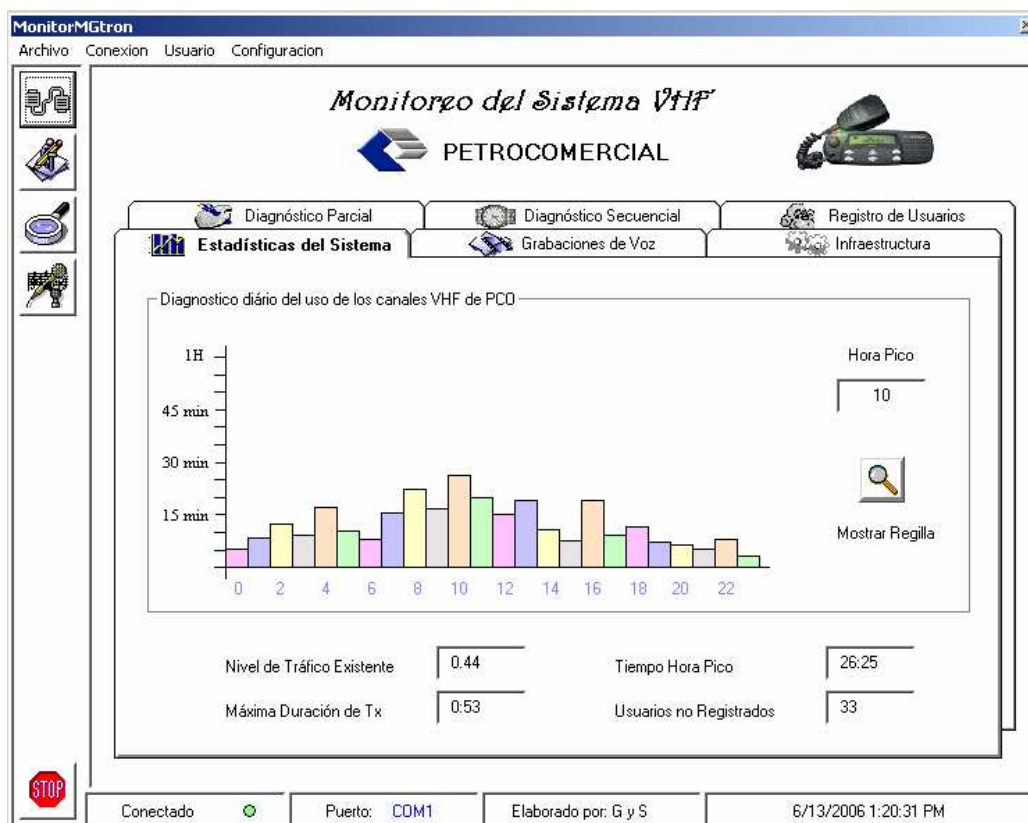
Como se visualiza notoriamente en los gráficos anteriores, el Poliducto Shushufindi-Quito presenta muchos más problemas de comunicación de voz que el de Esmeraldas-Quito-Ambato, principalmente por factores geográficos, climáticos y eléctricos. Este primer diagnóstico nos indica que el sistema VHF

es funcional para las aplicaciones que requieren los usuarios, aunque se debe indicar ciertas desventajas como lo son la poca seguridad en las comunicaciones, la falta de privacidad en el diálogo entre usuarios y los continuos factores de ruido e interferencia que se insertan en los canales de comunicación.

1.6.2 Estadísticas a través del monitoreo MonitorMGtron

Para mejorar y controlar la calidad en la actual red de comunicaciones VHF, hemos realizado un sistema de monitoreo que permite visualizar en pantalla un diagnóstico de las personas que se encuentran utilizando determinado canal, así como realizar estadísticas de tráfico en todo un día de monitoreo y muchas más aplicaciones que se detallan en el Anexo B.

Para nuestro diagnóstico tomaremos las estadísticas del sistema realizadas en un día normal de operaciones, mostrando los siguientes resultados.



Claramente observamos un mayor nivel de ocupación en las 10 AM, con un tráfico del 0.44 Erlangs, mostrando claramente que el sistema está dimensionado para abastecer las necesidades de comunicación VHF para el personal operativo de PCO (Trabajadores de PETROCOMERCIAL), como también para personal del CDR (Militares y Técnicos especializados del Cuerpo de Ingenieros del Ejército Ecuatoriano).

PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS TRUNKING ASTRO 25 DE MOTOROLA Y TETRA NEBULA DE TELTRONIC

2.1 CONCEPTOS DE SISTEMAS DE RADIO

2.1.1 ¿Que es un Sistema de Radio?

Un sistema de comunicación de radio utiliza una señal electromagnética para enviar su información a través del aire, la cual posee una tasa de oscilación propia para poder moverse de un lugar a otro. Esta tasa de oscilación es llamada frecuencia la cual es medida en Hertz (Hz).

2.1.2 Componentes de un Sistema Básico de Radio

Los componentes básicos de un sistema de radio son un equipo transmisor para enviar la información ya sea voz o datos de una forma modulada y un equipo receptor para poder recibir estas señales, tal como se aprecia en el gráfico 2.1.

En un sistema simple de voz, las señales audibles son captadas a través de un micrófono, las cuales pasan al equipo transmisor en donde son moduladas para poder ser transportadas mediante una señal portadora a través de una antena.

De la misma forma y en un proceso inverso se realiza la parte de recepción; mediante una antena se recepta las señales electromagnéticas las cuales pasan al equipo receptor para ser demoduladas y amplificadas a través de un parlante, teniendo de esta forma la señal original de audio.

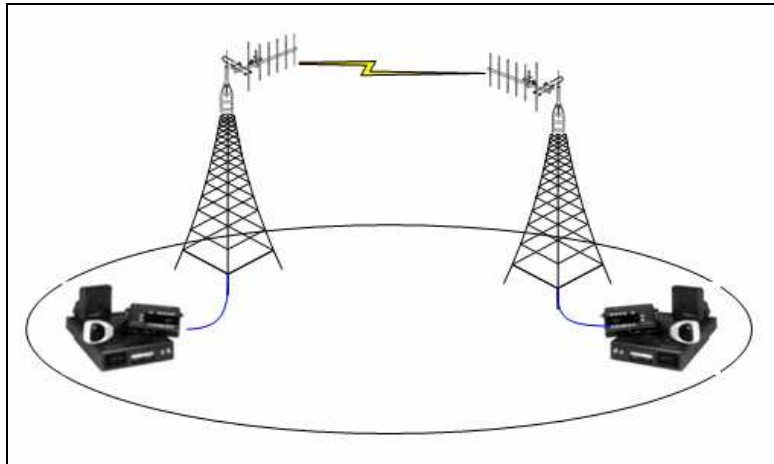


Gráfico 2. 1 Sistema Básico de Radio

Fuente: PETROCOMERCIAL
Elaboración: Los Autores

2.1.3 Sistemas Convencionales de Radio

Un sistema de radio puede ser tan simple o complejo de acuerdo a los requerimientos del número de usuarios y área geográfica que se quiere cubrir. La capacidad y complejidad de estos sistemas de radio varían en base al número de sitios de repetición que se necesiten para satisfacer todas las demandas de tráfico en la misma. Estos sistemas de radio tienen todos o algunos de los siguientes componentes:

- 👉 Antenas
- 👉 Radios
- 👉 Líneas telefónicas
- 👉 Enlaces microondas

Se debe aclarar que estos sistemas restringen la capacidad de comunicación al rango de los equipos que se usen. A continuación se describe los siguientes componentes un sistema convencional de radio:

Subscriber.- son los radios móviles o portátiles que tienen la capacidad de comunicarse en el sistema con múltiples frecuencias, los cuales tienen asignado un número de identificación único.

Central de control.- este control procesa el tráfico de datos de entrada y salida, la asignación de repetidoras para el acceso a canales de voz y generalmente monitorea y mantiene un orden en todo el sistema. A mas de esto es la que mantiene un listado con los IDs de los radio usuarios del sistema.

Repetidor.- un repetidor es un tipo de estación base localizado estratégicamente para incrementar el área de cobertura de los equipos de radio. Cuando este repetidor recibe una señal de un radio, inmediatamente retransmite la señal a una mayor potencia, funcionando de esta forma en modo duplex. Ya que recibe y retransmite la señal al mismo tiempo.

Canal de Control.- en este sistema, el control central es el encargado de asignar canales, uno de estos es el canal de control que siempre esta activo, el cual es el encargado de llevar toda la información necesaria entre el control central y el radio usuario para realizar peticiones de llamadas, control del trafico de datos y peticiones de los subscriptores.

A través de este canal, el control central puede comunicarse con los subscriptores y de la misma forma los subscriptores con el control en un proceso de comunicación.

Canal de Voz.- este canal es aplicado por la repetidora para llevar y recibir información de voz. Cada grupo de subscriptores tiene asignado un determinado número de canal, el cual es usado en toda la duración de una llamada.

2.1.4 Sistema Distribuidor

Un sistema distribuidor puede consistir de una estación base controlada desde una localización central o un número de estaciones bases conectadas a un equipo de control centralizado, las cuales proveen de muchas ventajas al sistema convencional de radio y que incluyen:

Control del equipo de comunicación.- en este tipo de sistemas los radios son configurados en las mismas frecuencias. Un radio usuario que quiere comunicarse con otro llama al punto despachador para acceder a una estación base, el despachador envía un mensaje de voz en la frecuencia común con las instrucciones para cambiarse a una frecuencia específica de acceso para sus radios. Los usuarios involucrados pueden entonces cambiar sus radios a la frecuencia asignada para proceder con su comunicación.

En todo este proceso el resto de usuarios permanecen en la frecuencia común, eliminando de esta forma los problemas de interferencia encontrados en sistemas sin un control central.

Capacidad de parche de frecuencia.- El equipo de control centralizado puede incluir una circuitería que permita al despachador conectar (parchar) el audio de dos o más grupos que transmiten en diferentes frecuencias. Es muy usada esta función cuando dos o más grupos quieren coordinar sus actividades.

El control del repetidor toma dos formas y pueden ser:

- ✎ **Control directo por la radio.-** al inicializar una llamada en los radios con un PTT (push-to-talk), se genera una señal portadora (frecuencia de transmisión), la cual activa a la repetidora hasta que el usuario deje de presionar el PTT.

- ✎ **Control de Despachador.-** los radio usuarios llaman al despachador a través de una frecuencia de acceso común para acceder al repetidor. De esta forma el despachador envía un mensaje de voz indicando la frecuencia asignada, donde el radio usuario cambia el selector de frecuencia de la radio a la posición apropiada. En este punto el mando es asumido por el repetidor.

2.1.5 Sistema Convencional Vs. radio TRUNKING.

Hay dos tipos de sistemas de radio: el convencional y el trunking:

Operación del sistema convencional.- en este sistema los radio usuarios tienen asignados un canal para cuando deseen comunicarse con otros del mismo grupo. Esta asignación de canal viene dada por la programación de la frecuencia en el radio portátil o móvil de una repetidora específica. En este sistema se puede tener el caso de que un grupo tenga mucha actividad y otro poca actividad de comunicación, donde se tendría en el primer caso a muchos subscriptores esperando por usar sus canales asignados, como se ve en el gráfico 2.2.

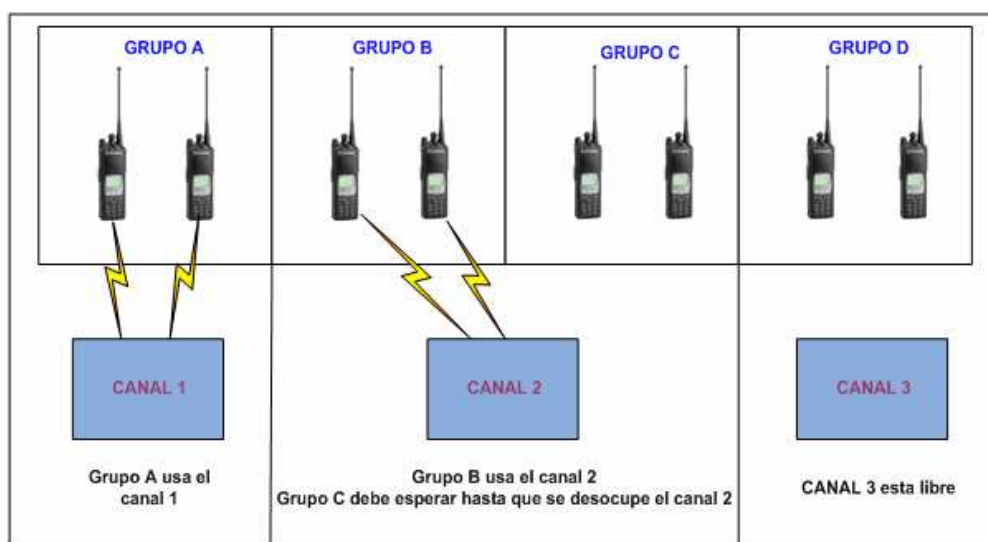


Gráfico 2. 2 Ejemplo de Sistema Convencional de Radio

Fuente: PETROCOMERCIAL

Elaboración: Los Autores

Operación del sistema Trunking.- en este sistema se elimina el concepto de grupos de llamadas, evitando así tener personas en espera por un canal de voz, los usuarios acceden a los canales de acuerdo al orden en que estos realicen sus peticiones. Los usuarios son puestos en una cola y van accediendo en orden a cada canal, tal como se indica en el gráfico 2.3.

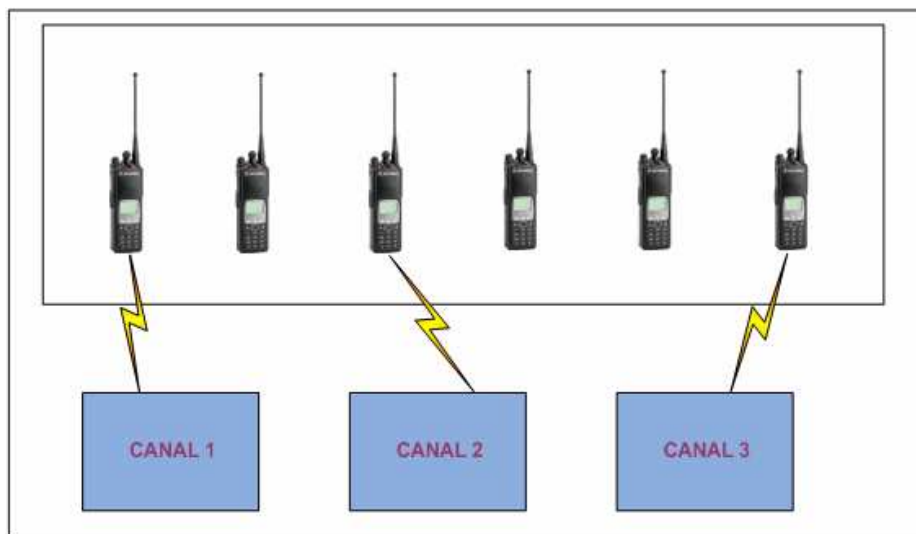


Gráfico 2. 3 Ejemplo de Sistema Troncalizado de Radio

Fuente: PETROCOMERCIAL
Elaboración: Los Autores

Trunking aprovecha el hecho de que los usuarios no usan sus radios las 24 horas del día de forma continua, por esto se puede garantizar tener un canal desocupado para el momento en que se necesita realizar una transacción de comunicación.

2.1.6 Tecnología TRUNKING

El término Trunking es introducido en telefonía para definir un limitado recurso de líneas telefónicas para un gran número de usuarios. Las líneas pueden conectar un teléfono con otro de una misma área o con otro de una diferente área. Todos estos teléfonos conectados a los interruptores constituyen el gran número de usuarios que requieren acceso a las líneas telefónicas a través de los interruptores.

Todos estos sistemas requieren de un eficiente método de respuesta para enrutar líneas telefónicas así como para introducir mecanismos de control de llamadas.

La técnica de troncalización está basada en el principio de que al compartir un número reducido de enlaces de comunicación entre un gran número de usuarios es posible proveer un grado de servicio aceptable a estos usuarios; esto, puesto que la probabilidad de que todos éstos usuarios intenten el acceso a los enlaces de comunicación al mismo tiempo, es muy pequeña.

Debido a la eficiencia inherente del concepto de troncalización, éste se aplicó a los sistemas de radio frecuencia, permitiendo de esta manera la utilización eficiente de los canales de radio frecuencia (RF). El tiempo de espera para obtener acceso al sistema disminuye así, mediante la distribución proporcional del tráfico entre los canales disponibles.

En sistemas troncalizados, estos principios se pueden aplicar fácilmente si consideramos que:

- a) Normalmente el suscriptor sólo requiere el servicio de un canal de voz por cortos períodos de tiempo.
- b) La probabilidad de que todos o la mayoría de los suscriptores requieran el uso del canal de voz al mismo tiempo es muy baja.

2.2 PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA TRUNKING ASTRO 25 DE MOTOROLA.

Un sistema Trunking ASTRO 25 es un sistema de comunicación de radio digital que permite a un usuario de radio móvil hacer llamadas de forma fácil presionando el botón PTT (push-to.talk) sobre toda una extensión de área geográfica.

El sistema incluye una red compleja de servidores y estaciones de trabajo, redes de área local de alta velocidad (LAN), redes de área extendida (WAN), base de datos sofisticadas, software de administración y equipos de radio frecuencias (RF).

EL concepto Trunking sugiere una forma más eficiente de manejar sistemas de radio, para esto MOTOROLA desarrolla dispositivos inteligentes que logren las siguientes tareas:

- 👉 Interpretar las demandas para los servicios de radio.
- 👉 Verificar que los radios sean usuarios permitidos del sistema
- 👉 Seleccionar los apropiados recursos (repetidores)
- 👉 Formular y enviar mensajes a los radios informando sobre las frecuencias asignadas.
- 👉 Enviar una señal de activación al repetidor asignado.
- 👉 Monitorear el sistema para determinar cuando el sistema no esta en uso.
- 👉 Mantener una lista de recursos disponibles.
- 👉 Mantener una lista de recursos asignados.
- 👉 Supervisar el estado de las repetidoras y toda su circuiteria.
- 👉 Mantener una lista de radios activos en el sistema.
- 👉 Informar a los usuarios cuando los recursos son ocupados y asignarlos automáticamente cuando estos los requieran.

Estos dispositivos inteligentes vienen a ser el punto central de control del sistema de radio, el cual se conoce como control central. La tecnología

TRUNKING se extiende hasta las repetidoras y los radios usados en todo el sistema, que necesitan una circuitería y programación especial para ser capaz de comunicarse con el control central.

El sistema ASTRO 25 permite comunicaciones a través de múltiples sitios en una zona y permite a usuarios de diferentes sitios estar combinados en grupos de conversación, como se indica en el gráfico 2.4.

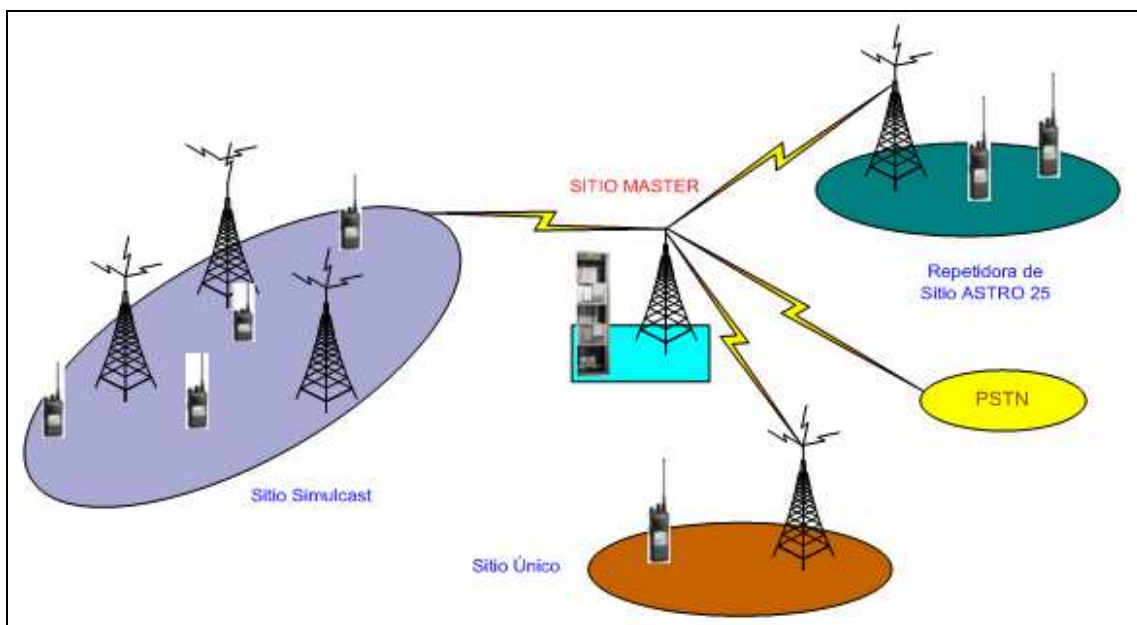


Gráfico 2. 4 Red ASTRO 25 del Sistema Trunking de Motorola

Fuente: PETROCOMERCIAL
Elaboración: Los Autores

2.2.1 Elementos del Sistema Trunking ASTRO 25

Los componentes básicos del sistema trunking ASTRO 25 son los siguientes:

👉 **Radios.**- portátiles y móviles.

- 👉 **Sitios.**- sitio master, sitios repetidores ASTRO 25, sitios del subsistema Simulcast y sitios del distribuidor remoto.
- 👉 **Zona.**- una zona que contiene una o más sitios RF.
- 👉 **Sistema.**- la combinación de sitios que constituyen el sistema de comunicación.

El sistema Trunking ASTRO 25 comprende simples sitios en donde se encuentra un solo controlador máster con varios sitios de repetición, los cuales dan cobertura a una determinada área geográfica. Este controlador master es el responsable de manejar los elementos del sistema, esto incluye la configuración de la infraestructura física, la administración dentro de la zona y el procesamiento de llamadas.

Para incrementar el tamaño del área de cobertura para las comunicaciones de radio en lugares donde no se tiene acceso o para incrementar un simple sitio Trunking, el sistema ASTRO 25 de Motorola define el sistema Trunking de múltiple sitio.

Un múltiple sitio puede ser analizado como un grupo de simples sitios con un punto central de control y distribución del audio. El control central es el que supervisa a los equipos y subscriptores mientras que el control centralizado es el encargado de coordinar y supervisar la operación de los simples sitios. Para esta coordinación se requiere de dispositivos que se puedan comunicar con controladores de simple sitio. Un múltiple sitio permite que radios se muevan a través de extensas áreas geográficas sin perder comunicación con sus grupos.

Una primera implementación de este sistema fue la fusión de dos tecnologías, Trunking y Simulcast.

El sistema Trunking Simulcast usa los mismos juegos de frecuencias para los diferentes simples sitios y sus respectivos repetidores de frecuencia para cuando se realiza la llamada. Este sistema requiere de un equipo especializado que asegure que los mismos transmisores de frecuencia sean activados al

mismo tiempo y que la señal llegue al mismo tiempo en los radio receptores que están en el área de traslape. El sistema simulcast se limita a 10 sitios.

2.2.2 Bandas de Frecuencia

Motorola desarrollo desde en un principio trunking en la banda de los 800 MHz, esta banda tiene un plan de banda muy estructurado y controlado como se muestra en la tabla 2.1:

Parámetros	Descripción
Rango de frecuencia de Recepción	806 – 821 MHz para uso general 821 – 825 MHz reservado para organizaciones de seguridad pública.
Rango de Frecuencia de Transmisión	851 – 870 MHz
Desplazamiento T/R	-45 MHz
Frecuencia de Transmisión Base	851.0125 MHz
Frecuencia de Recepción Base	806.0125 MHz
Separación de Canal	25 KHz en el rango 806 – 821 MHz 25 KHz en el rango 821 – 825 MHz
Ancho de Banda	19 MHz desde 806 – 825 MHz

Tabla 2. 1 Banda de 800 MHz Estructura Analógica Para Equipo Fijo

Fuente: Motorola Understanding Your ASTRO® 25 Trunking System.
Elaboración: Motorola

La introducción del sistema digital en la banda de los 800 MHz ha producido los siguientes cambios en el plan de banda:

- 👉 El espaciamiento entre canales fue de 25 KHz a 12.5 KHz.
- 👉 El número de canales disponibles se duplicó.

El sistema de numeración de canal, bajo las normas de APCO 25, arregla hasta 4096 números de canales y deja un espacio para futuros cambios de espaciamiento de canal como muestra la tabla 2.2.

Parámetros	Descripción
Rango de frecuencia de Recepción	806 – 821 MHz para uso general 821 – 825 MHz reservado para organizaciones de seguridad pública.
Rango de Frecuencia de Transmisión	851 – 870 MHz
Desplazamiento T/R	-45 MHz
Frecuencia de Recepción Base	806.00625 MHz
Separación de Canal	12.5KHz
Ancho de Banda	19 MHz desde 806 – 825 MHz

Tabla 2. 2 ASTRO 25, Banda de 800 MHz Estructura Para Equipo Fijo

Fuente: Motorola Understanding Your ASTRO® 25 Trunking System.

Elaboración: Motorola

El sistema ASTRO 25 a más de trabajar en la banda de los 800 MHz es capaz de soportar trunking en las bandas VHF, UHF y 700 MHz con la estructura que se indica en la Tabla 2.3.

Parámetros	Descripción
Rango de frecuencia de Recepción	794 – 797 MHz para uso general 803 – 806 MHz reservado para organizaciones de seguridad pública.
Rango de Frecuencia de Transmisión	764 – 767 MHz 773 – 776 MHz
Desplazamiento T/R	30 MHz
Frecuencia de Transmisión Base	764.00625 MHz
Frecuencia de Recepción Base	794.00625 MHz
Separación de Canal	12.5KHz

Tabla 2. 3 ASTRO 25, Banda de 700 MHz Estructura Para Equipo Fijo

Fuente: Motorola Understanding Your ASTRO® 25 Trunking System.

Elaboración: Motorola

Las Bandas VHF y UHF se categorizan como se muestra a continuación:

- ✎ VHF: 136-174 MHz (rango de bandas completo) con dos posibles rangos de sub-bandas de 136-162 MHz o 146-174 MHz
- ✎ UHF rango de banda completo 1: 403-470 MHz (rango de bandas completo) con dos posibles rangos de sub-bandas de 403-433 MHz o 438-470 MHz.
- ✎ UHF rango de banda completo 2: 450-520 MHz (rango de bandas completo) con dos posibles rangos de sub-bandas de 450-482 MHz o 470-520 MHz.

2.2.3 Topología de Red

2.2.3.1 Tecnología TRUNKING ASTRO 25 SE

La esencia del sistema es un diseño de transporte centralizado para llevar voz, datos e información de administración a través de paquetes de Protocolo Internet (IP). Esta tecnología de transporte de paquetes provee las siguientes características al sistema:

- ✎ Una plataforma escalable.- el sistema ASTRO 25 soporta hasta 8 sitios RF, en el cual un sitio puede ser un subsistema simulcast.
- ✎ Una plataforma solo digital.- esta plataforma soporta el estándar abierto protocolo IMBE para transmisión de voz.
- ✎ Soporte de consola basada en circuitos.- el sistema soporta el funcionamiento de consolas basadas en circuitos en un ambiente basado en paquetes.
- ✎ Habilidad de transportar audio encriptado.- el centro de transporte provee ésta habilidad, una vez encriptada la información pasa a través de la red sin ser convertida. La conversión al formato de audio original sólo se requiere en el receptor de destino.
- ✎ Funcionamiento seguro.- el sistema ASTRO 25 soporta un funcionamiento seguro radio a radio y radio a consola.

El sistema ASTRO 25 incluye una infraestructura IP que provee la tecnología multicast IP para servicios de despacho. Esta tecnología permite preparar

llamadas de grupo, procesarlas y finalizar en un ambiente de paquetes, reemplazando a los métodos de conmutación de circuitos.

2.2.3.2 Tecnología Multicast

El enrutamiento multicast, usualmente llamado multicast, es un método de transmisión de mensajes (datagramas) entre varios sitios que son parte de un grupo multicast. Esto difiere de un sistema unicast que transmite los mensajes entre dos puntos finales y broadcast, el cual transmite mensajes desde una sola fuente a todos los host de una red.

Multicast emplea un concepto conocido como Punto de Unión (Rendezvous Point - RP) en el que un ruteador o un conjunto de ruteadores es identificado como un RP para un grupo de direcciones multicast. La función del RP es recibir las transmisiones multicast desde un sitio de origen y distribuir a otros sitios creando un multicast (árbol) para cada grupo multicast.

Con multicast la transmisión de audio de los radios es distribuida a los sitios apropiados por los ruteadores RP. Sin multicast la unidad transmisora tendría que enviar una copia separada de cada paquete de una transmisión a cada sitio receptor.

Un rango de direcciones IP de clase "D" (las direcciones empiezan en 224 - 239) son designadas como direcciones de grupo multicast.

2.2.3.3 Planos de Tráfico

Hay cuatro planos de tráfico lógicos preparados en la red de transporte. Estos planos de tráfico describen los caminos de comunicaciones que existen dentro de la red y los tipos de tráfico llevados encima de esos caminos y son los siguientes:

Plano de control de voz.- el tráfico entre el controlador de zona y el sitio RF es llamado Tráfico de Control de Voz, este tráfico es responsable de preparar el camino de audio entre el sitio de transmisión y el sitio o sitios de recepción. El plano lógico usado para transportar esta información se llama Plano de Control de Voz.

Plano de Audio.- este plano realiza la instalación de las rutas unicast y los árboles multicast para el control de voz. Multicast es usado para transportar paquetes de audio para todos los tipos de llamadas (llamadas de grupo, llamadas privadas y llamadas de interconexión telefónica) entre los suscriptores y la consola de despacho en el sistema.

Plano de Administración de Red.- este plano lleva todo el tráfico de administración de red unicast entre los dispositivos de red ASRO 25 (por ejemplo ruteadores y switches) y los servidores y terminales del Sistema Soporte de Operaciones de Red.

Plano de Datos.- este plano permite enviar mensajes de datos desde la Red de datos a los dispositivos de datos móviles en el sistema, como se muestra en el gráfico 2.5.

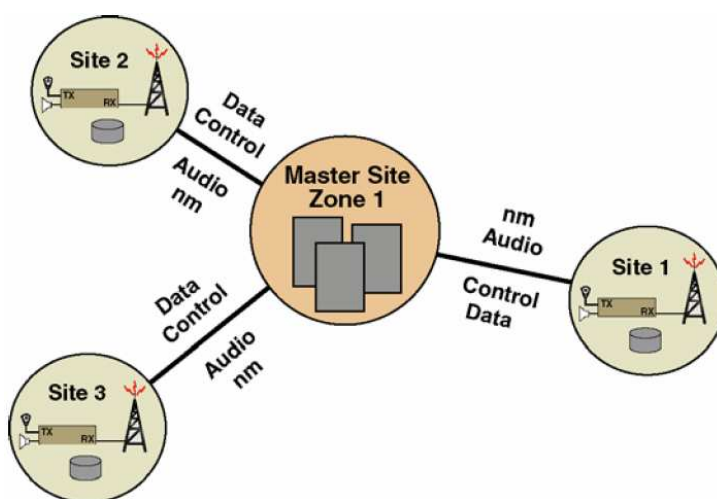


Gráfico 2. 5 Planos de Tráfico Lógicos ASTRO 25


2.2.3.4 Subsistemas funcionales


A continuación se describe los subsistemas funcionales:

2.2.3.4.1 Subsistema de proceso de llamada

Este subsistema funcional tiene componentes asociados al sitio master.

El controlador de zona Motorola MZC 3000 es un procesador (hardware y software) redundante que provee procesamiento de llamadas trunking para el subsistema RF e interconexión telefónica de dispositivos del subsistema, como se indica en el gráfico 2.6. Adicionalmente el MZC 3000 incluye:

-  **Sobre conmutación Inteligente.-** La configuración del controlador de zona redundante proporciona la conmutación automática al controlador de reserva si una pérdida de comunicaciones de área extendida se detecta debido a una falla interna del controlador de zona activo.

-  **Compatibilidad de cruce de controlador.-** la plataforma del controlador de zona redundante es capaz de correr simultáneamente una versión diferente de software que las actualizaciones son totalmente funcionales con un controlador antes de actualizar el segundo controlador.

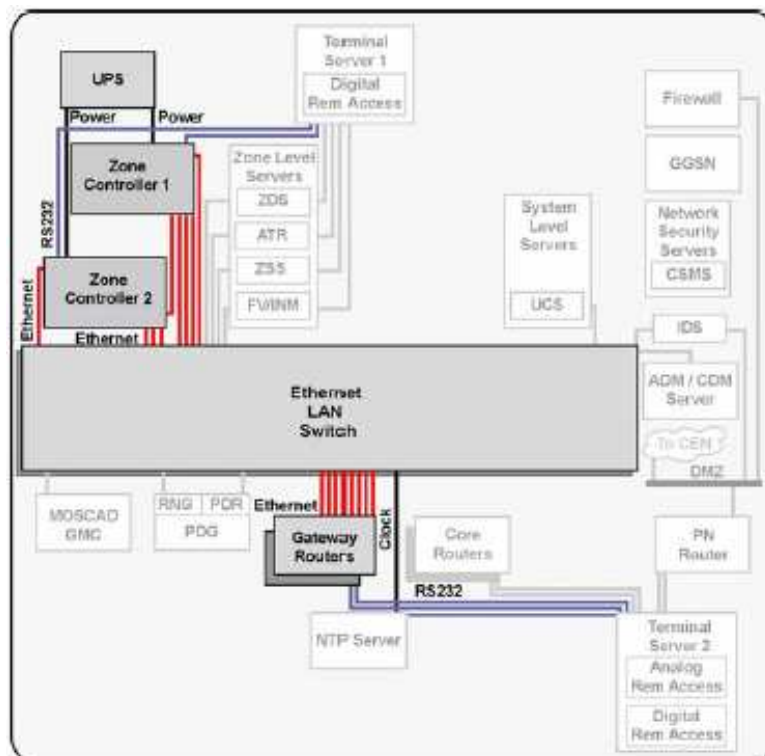


Gráfico 2. 6 Subsistema de Procesamiento de Llamadas

Fuente: Motorola Understanding Your ASTRO® 25 Trunking System

Elaboración: Motorola

2.2.3.4.2 Subsistema de Administración de Red

Este subsistema de administración de red (Network Management Subsystem - NMS) está basado en el modelo de red cliente/servidor. La NMS une y escala los elementos de la infraestructura ASTRO 25 a través de la red conmutación de paquetes, como se muestra en el gráfico 2.7.

La administración de red es un conjunto de herramientas de software que soportan la administración de un complejo sistema de comunicación de radio y sus componentes que incluyen radios, computadoras y componentes de red. Las herramientas de administración de red ayudan a maximizar los recursos disponibles mientras ayudan a minimizar el tiempo fuera del sistema y los costos de mantenimiento.

Las aplicaciones de dirección de red usadas en el sistema ASTRO 25 son parte de la Administración de Red de Radio Privada (PRNM) e incluye lo siguiente:

- 👉 Reloj de zona
- 👉 Administrador de control de radio (RCM)
- 👉 Administrador de configuración de usuario (UCM)
- 👉 Administrador de configuración de zona (ZCM)
- 👉 Reportes históricos
- 👉 Reportes dinámicos
- 👉 Despliegue de afiliación
- 👉 Administrador de red integrado FullVision (INM)
- 👉 Administrador de actualización de software
- 👉 Administrador de ruteador

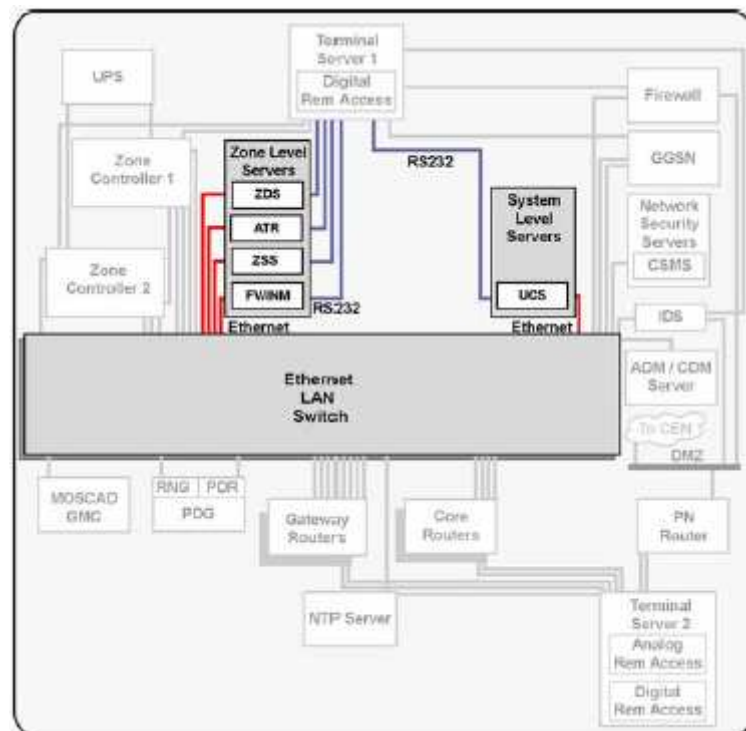


Gráfico 2. 7 Subsistema de Administración de Red

Fuente: Motorola Understanding Your ASTRO® 25 Trunking System
Elaboración: Motorola

2.2.3.4.3 Subsistema de Operador de Consola

El subsistema de operador de consola es una parte funcional del sistema trunking ASTRO 25, con los componentes principalmente asociado con el sitio master, la descripción de la estructura se detalla en el gráfico 2.8.

La Motorola Gold Elite Gateway (MGEG) es un dispositivo de interfaz que permite a un sistema CENTRACOM Elite existente comunicar sobre un sistema de radio troncal ASTRO 25 basado en paquete. El MGEG permite el soporte de la arquitectura del CENTRACOM Elite™ (Ambassador Electronics Bank (AEB), Central Electronics Bank (CEB), and Elite Ops) con el sistema.

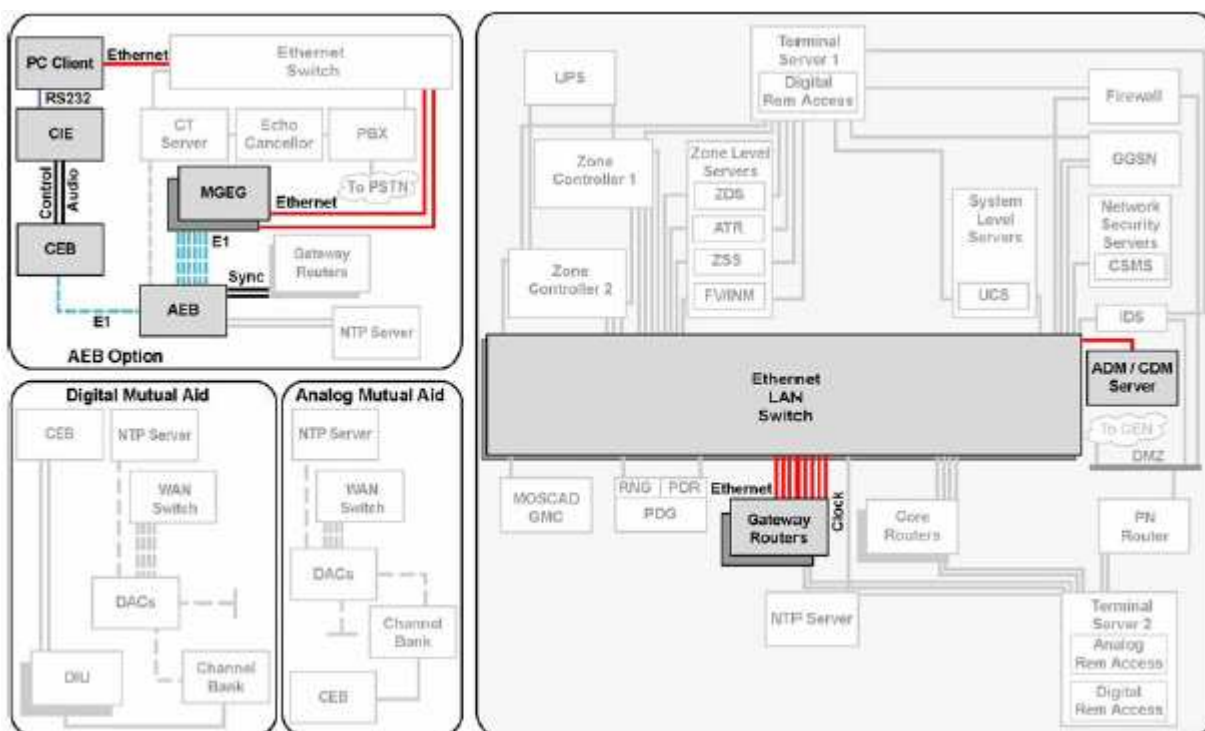


Gráfico 2. 8 Subsistema de Operador de Consola

Fuente: Motorola Understanding Your ASTRO® 25 Trunking System
Elaboración: Motorola

2.2.3.4.4 Subsistemas de Frecuencia de Radio

Un subsistema de frecuencias de radio (RF) en un sistema ASTRO 25 es un grupo de componentes de hardware y software que proveen cobertura de comunicación de radio al sistema.

Para satisfacer las necesidades de acoplar una variedad de áreas de cobertura y requerimientos del sistema, se tiene los siguientes subsistemas RF:

- ✎ **Subsistema de sitio de repetidor ASTRO 25.**- un subsistema a 700 MHz o 800 MHz con sitios de repetidores ASTRO 25
- ✎ **Subsistema simulcast digital.**- un subsistema a 700 MHz o 800 MHz con un sitio primario y sitios remotos.
- ✎ **Subsistema simulcast digital con soporte para recibir un solo sitio.**- subsistema que trabaja en VHF/UHF con un sitio primario y sitios remotos. Capacidad para proveer soporte a un solo sitio remoto.
- ✎ **Subsistema Single Transmitter Receiver Voting (STRV).**- subsistema en VHF/UHF de simple transmisor con un sitio primario y sitios remotos, incluye soporte para un sitio primario, transmite al sitio remoto y recibe solo al sitio remoto.

2.2.3.4.4.1 Repetidor Astro 25

Un repetidor ASTRO 25 es una simple solución para un sitio RF de comunicación designado para optimizar la capacidad de sus canales y que opera en las bandas de los 800 MHz y VHF/UHF. A continuación se muestra la configuración e interconexión de repetidores Astro 25:

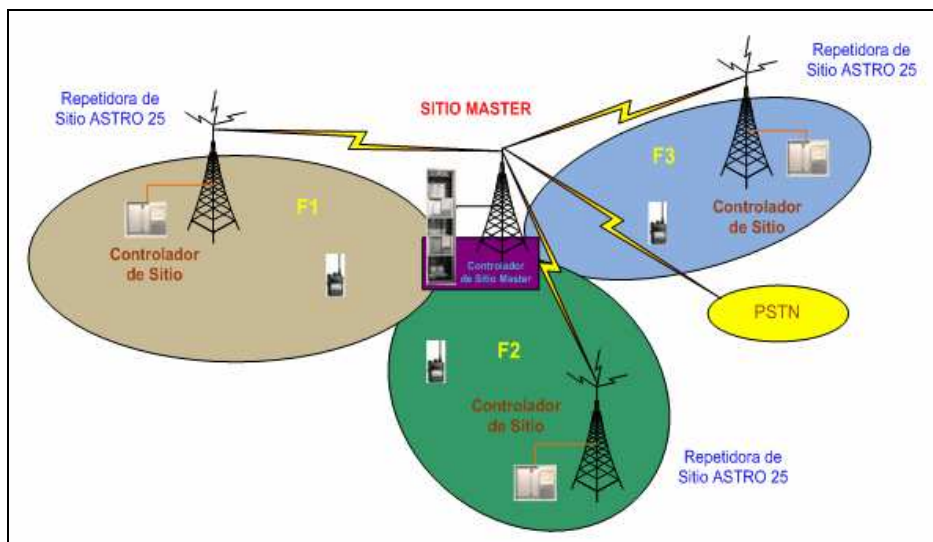


Gráfico 2. 9 Subsistema Repetidora de Sitio ASTRO 25

Fuente: Motorola
Elaboración: Los Autores

Este sistema incluye los siguientes componentes:

- 👉 **Repetidor ASTRO 25.-** Uno para cada canal de comunicación al sitio, cada uno incluye un interfaz Ethernet. Puede estar configurado con canales de voz, canales de datos o canales de control.
- 👉 **Controlador de sitio PSC 9600.-** controlador dual para redundancia. Dos controladores proveen protección a un punto de falla, funcionando uno como primario y otro como secundario que entra a trabajar si falla el primario.
- 👉 **Switch Ethernet.-** simples o switchs duales (10/100 Base-T) para reunir los requerimientos de capacidad de canal. Proveen pórticos para la interconexión de controladores, estaciones base, ruteadores de sitio y MOSCAD.
- 👉 **Ruteador(es) de sitio remoto.-** simple ruteador o configuración de ruteador dual para sitio master y sitio de interconexión de repetidor. Procesa el enlace de datos físico y lógico, para soporta comunicaciones entre controladores de zona y controladores de sitio. Provee un interfaz WAN que maneja el tráfico por los sitios RF

incluyendo voz, datos y tráfico de administración de red. También provee una interconexión entre repetidores ASTRO 25 de un sitio LAN y el transporte de conexión a una red de computadoras.

👉 **Banco de canales.-** solo para soporte de ayuda.

👉 **MOSCAD.-** un componente adicional para soportar el monitoreo y operaciones de reporte del estado del sistema.

2.2.3.4.4.1.1 Modos de Operación

Los modos de operación de un sitio de repetidor ASTRO 25 son:

Trunking de área extendida.- un repetidor de sitio ASTRO 25 puede permanecer en trunking de área extendida mientras se tenga habilitado los siguientes recursos:

- 👉 Un canal de voz.
- 👉 Un canal de control.
- 👉 Un controlador de sitio.
- 👉 Conectividad a través de switches Ethernet.
- 👉 Un ruteador de sitio
- 👉 Un enlace físico entre el subsistema y el sitio master
- 👉 Un camino lógico entre el ruteador de sitio y el equipo IP del sitio master.

Si ocurre un intercambio de un controlador de sitio PSC 9600 mientras el subsistema esta en estado de trunking de área extendida, todas las llamadas de voz activas del sitio continúan sin ninguna interrupción del servicio. Esto es posible porque los estados de las llamadas de voz activas, bases de datos activos y reservas del controlador de sitio PSC 9600 están sincronizados.

Trunking de sitio.- el trunking de sitio toma lugar cuando no existe un enlace físico o lógico entre el ruteador de sitio y el sitio master. Se requiere las siguientes condiciones:

- ✎ Un canal de voz
- ✎ Un canal de control
- ✎ Un controlador de sitio
- ✎ Conectividad a través de switchs Ethernet

Si ocurre un intercambio de un controlador de sitio PSC 9600 mientras el sitio esta en estado de trunking de sitio, todas las llamadas activas del sitio serán troncalizadamente transmitidas.

Failsoft.- el modo Failsoft de operación en la repetidora ASTRO 25 toma lugar únicamente cuando ambos controladores de sitio fallan. Failsoft puede también ser inicializado desde la capacidad de diagnostico en el ZCM.

Fuera de sitio.- este es un modo operacional que puede ser inicializado desde la capacidad de diagnostico en el ZCM. En este estado el subsistema no esta disponible para los radios.

2.2.3.4.4.1.2 Configuraciones del Subsistema

El repetidor de sitio ASTRO 25 es una solución de sitio único soportada por el sistema ASTRO 25. Las configuraciones soportadas para un repetidor de sitio ASTRO 25 incluyen:

- ✎ Ruteador único, switch Ethernet único para subsistemas con 18 o menos estaciones base, gráfico 2.10 (a).
- ✎ Ruteador único, switch Ethernet dual para subsistemas con más de 18 estaciones base, hasta 28 estaciones base gráfico 2.10 (b).

- 👉 Ruteador dual, switch Ethernet dual para subsistemas con más de 28 estaciones base.

Dos controladores de sitio están instalados en este tipo de configuración para proveer un nivel de redundancia al nivel de control. Las configuraciones específicas instaladas en el sistema dependen de los requerimientos del usuario y de las fuentes de transporte (T1 o E1).

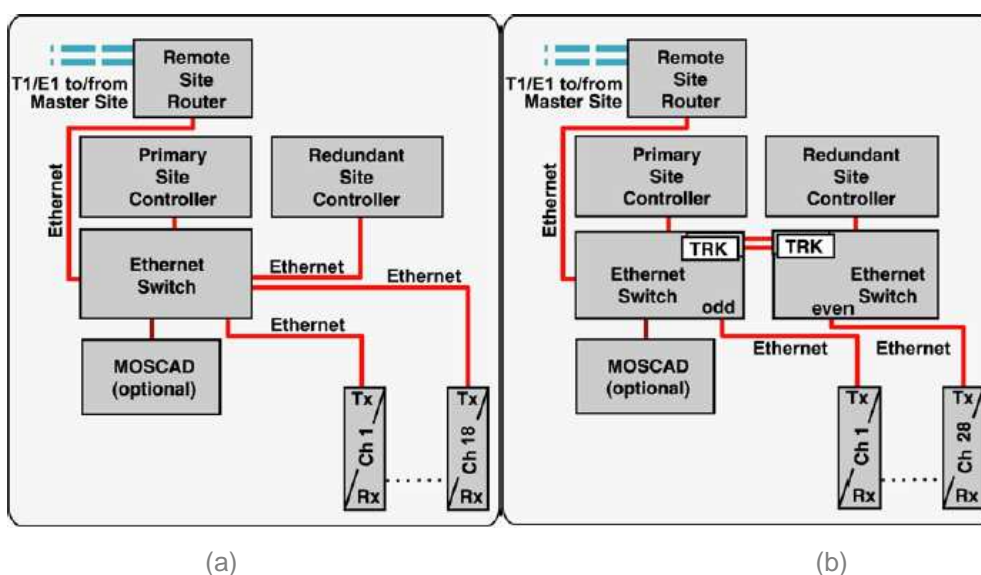


Gráfico 2. 10 Repetidora de Sitio ASTRO 25
 a. Subsistema de Ruteador Único y Switch Ethernet Único
 b. Subsistema de Ruteador Único y Switch Ethernet Dual

Fuente: Motorola Understanding Your ASTRO® 25 Trunking System
 Elaboración: Motorola

2.2.3.4.4.1.3 Repetidores de Sitio ASTRO 25

Existen dos tipos de repetidores de sitio ASTRO 25 que pueden ser usados en los sitios de repetición ASTRO 25:

2.2.3.4.4.1.3.1 Repetidor de sitio QUANTAR ASTRO 25

Esta repetidora es usada para instalaciones de 800 MHz, VHF y UHF; incluye los siguientes módulos:

Módulo Receptor.- comprende de un conjunto de de filtros pre-selectores y un panel receptor, el cual realiza la conversión de analógico a digital de la señal recibida y saca una señal diferente de datos al SCM.

Módulo de Control de Estación.- El SCM sirve como el controlador principal para la estación para proporcionar procesamiento de señal y el control operacional sobre los otros módulos de la estación. Además contiene el software de operación de la estación usado para definir los parámetros de funcionamiento de la estación. El SCM contiene lo siguiente:

1. Un microprocesador
2. Un procesador digital de señales (DSP)
3. Un interfaz ethernet
4. Circuiteria de soporte

Transmisor.- esta compuesto de:

1. Exciter – este panel genera un bajo nivel de señal modulada RF, la cual pasa al amplificador de potencia.
2. Amplificador de potencia – este módulo amplifica la señal modulada y la envía a que se transmita por la antena a los subscriptores.

Fuente de Poder.- este módulo acepta una entrada AC (de 90 a 280 V y de 47 a 63 Hz) y genera + 5V DC y 14.2 V DC para los módulos de la estación.

El siguiente gráfico muestra todos los paneles que conforman la repetidora Quantar Astro 25:



Gráfico 2. 11 Repetidora de Sitio QUANTAR ASTRO 25, versión 800 MHz (Vista Frontal)

Fuente: Motorola Understanding Your ASTRO® 25 Trunking System
Elaboración: Motorola



Gráfico 2. 12 Repetidora de Sitio QUANTAR ASTRO 25, Versión UHF (Vista Frontal)

Fuente: Motorola Understanding Your ASTRO® 25 Trunking System
Elaboración: Motorola

2.2.3.4.4.1.3.2 Repetidor de Sitio STR 3000 ASTRO 25

Esta repetidora es la solución para instalaciones de 700 MHz, está basada en la plataforma STR 3000 desarrollado para el subsistema simulcast ASTRO 25. La banda de los 700 MHz es designada como una banda solo digital, por cuanto es compatible con el sistema ASTRO 25. Esta repetidora soporta la expansión a frecuencias superiores de 800 MHz con un software que permite el acceso de radios de 700 MHz para comunicarse con radios de 700 MHz o 800 MHz, el gráfico 2.13 muestra la repetidora STR 3000.

Esta repetidora soporta las siguientes características:

- 👉 Cobertura en la banda de los 700 MHz desde los 764-776 en transmisión a 794-806 en recepción.
- 👉 Modulación C4FM en canales de ancho de banda de 12.5 KHz.
- 👉 Máximo 12 transmisores por antena.
- 👉 Software con capacidad de actualización de administrador
- 👉 Programable con CSS.

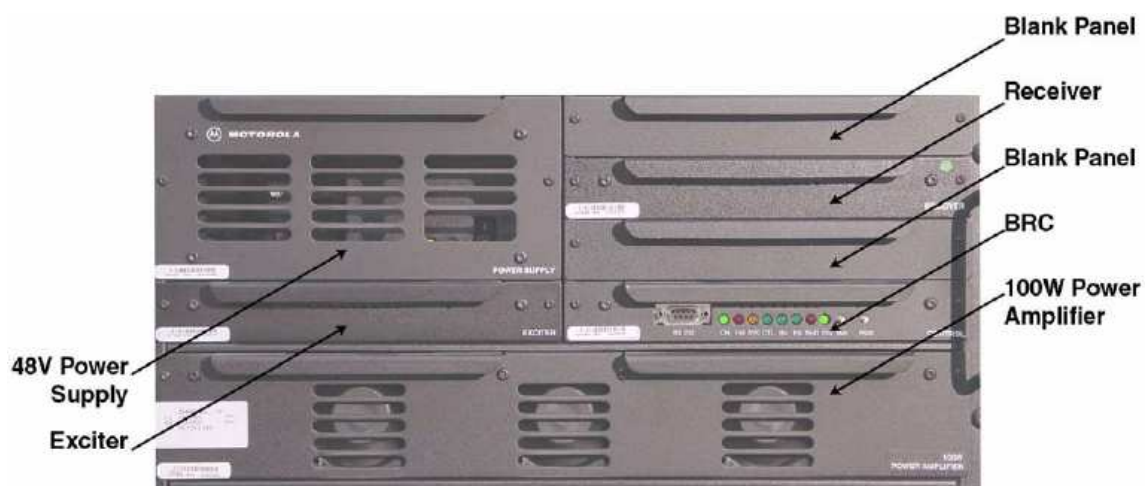


Gráfico 2. 13 Repetidor de Sitio STR 3000 ASTRO 25 - 700 MHz

Fuente: Motorola Understanding Your ASTRO® 25 Trunking System
Elaboración: Motorola

En el siguiente cuadro se describe los componentes de la repetidora STR 3000 ASTRO 25:

Módulos del Repetidor de Sitio STR 3000 ASTO 25	Descripción
Fuente de Poder	Recibe una señal de entrada de -48 VDC y la convierte a los voltajes requeridos por los otros módulos del repetidor
Exciter	Genera la frecuencia de transmisión y las funciones de modulación para el repetidor. Proporciona la señal modulada al amplificador de potencia.
Amplificador de Potencia (PA)	Provee las funciones del transmisor en conjunto con el exciter. El PA acepta la señal modulada RF de bajo nivel del exciter y la amplifica para transmitir a través del conector de salida.
Control de Radio Base (BRC)	Mantiene el procesamiento de señal y control operacional de los módulos del repetidor
Receptor	Provee la detección, amplificación, conversión y filtrado de las señales de entrada.

Tabla 2. 4 Módulos de la Repetidora de Sitio ASTRO 25 STR 3000 (700 MHz)

Fuente: Motorola Understanding Your ASTRO® 25 Trunking System.

Elaboración: Motorola

Esta repetidora STR 3000 requiere una frecuencia de referencia externa de 5 MHz. La referencia es proporcionada por una frecuencia estándar interior al controlador de sitio PSC 9600.

2.2.3.4.4.1.4 Tiempo de Infraestructura de Sincronización de Día.

El tiempo de infraestructura de día es una función automática usada para mantener un tiempo común a través del sistema. Un tiempo común hace posible asociar archivos de registro de diferentes dispositivos a través del sistema por error de timbrado de tiempo cuando ello ocurre y provee un método para simultáneamente poner al día parámetros de funcionamiento en dispositivos críticos. El tiempo está sincronizado a través del protocolo de tiempo de red (NTP). La mayoría de clientes NTP tienen una fuente NTP

primaria y secundaria. Para el sitio del repetidor ASTRO 25, el servidor PSC 9600 activo tiene dos funciones:

- ✎ Actúa como el cliente NTP para el sitio. El PSC 9600 usa el TRAK 9100 al sitio master de zona como la fuente NTP primaria y el servidor de base de datos de zona (ZDS) como la fuente NTP secundaria.
- ✎ Sirve como la fuente NTP primaria para dispositivos del sitio. El PSC 9600 pregunta al servidor NTP del sitio master de zona por el tiempo de actualización del servidor NTP.

El PSC 9600 mostrado en el gráfico 2.14, transmite el tiempo de actualización cada 64 segundos. El PSC desocupado y el repetidor de sitio ASTRO 25 usan el tiempo de la fuente NTP para verificar correcciones de puestas de tiempo. Si la variación del tiempo interno de un dispositivo es igual a o mayor a 500 ms del tiempo de la fuente NTP, el dispositivo corrige el tiempo NTP del reloj de día para igualar al tiempo NTP recibido.



Gráfico 2. 14 Controlador de Sitio PSC 9600

Fuente: Motorola Understanding Your ASTRO® 25 Trunking System
Elaboración: Motorola

2.2.3.4.4.1.5 Referencias del Sitio

Una señal de referencia de sitio (o señal de frecuencia de referencia) es una señal de rendimiento de 5 MHz muy exacto generado de un oscilador de alta estabilidad. Esta señal de referencia es usada por un repetidor de sitio ASTRO 25 para generar una frecuencia de portadora muy estable. La fuente de la señal de referencia del sitio puede ser diferente basado en el tipo de repetidora de sitio ASTRO 25 instalada en el sitio:

- ✎ El Repetidor de sitio ASTRO 25 QUANTAR.- usa una señal de referencia de sitio interna de la QUANTAR o una señal de referencia de sitio externa desde el Oscilador de muy alta estabilidad (UHSO) del controlador de sitio PSC 9600.
- ✎ El Repetidor ASTRO 25 STR 300 (700 MHz).- usa una señal de referencia de sitio externa desde el UHSO del controlador de sitio PSC 9600.

2.2.3.4.4.2 Subsistemas SIMULCAST DIGITAL

El subsistema simulcast digital para el sistema ASTRO 25 es un sistema de radio que emplea múltiples transmisiones en una frecuencia única en localizaciones separadas. Este subsistema es designado para transmisiones simultáneas de información a lo largo del subsistema entero desde una radio base a cada sitio remoto. La entrada GPS es usada para sincronizar estas transmisiones. El subsistema permite mejorar comunicaciones portátiles en coberturas de ambientes densos, urbanos y provee una solución para cubrir largas áreas pobladas donde las frecuencias limitadas están disponibles. El gráfico siguiente muestra la configuración en un subsistema simulcast:

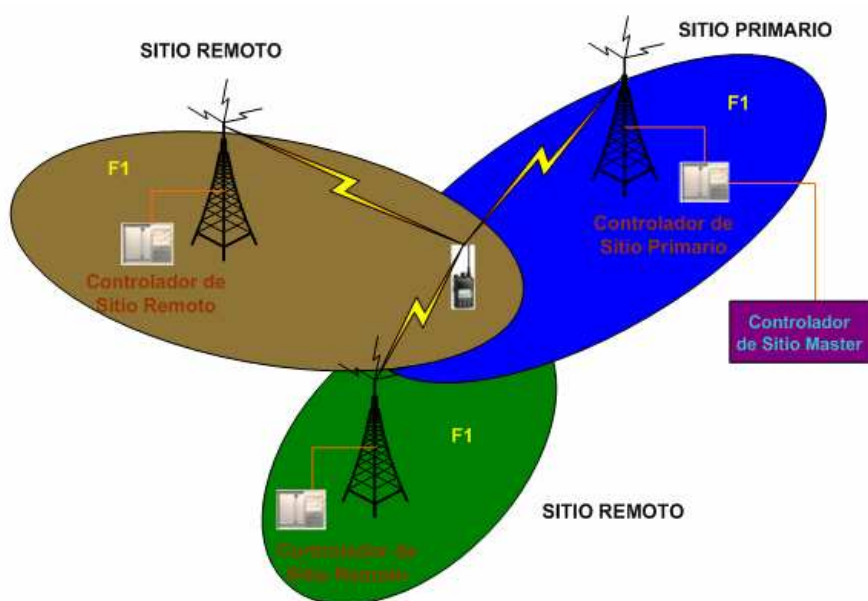


Gráfico 2. 15 Subsistema Simulcast ASTRO 25

2.2.3.4.4.2.1 Infraestructura

El subsistema simulcast digital consiste de un sitio primario y por lo menos dos sitio simulcast remotos, hasta 15 subsitios remotos y 30 canales de voz son soportados por subsitio.

Los subsitios remotos pueden estar separados físicamente 15 sitios o 14 sitios con una localización en el primer sitio. Un subsitio remoto instalado en la misma localización física como el primer sitio es conocido como sitio primario.

2.2.3.4.4.2.2 Comunicación y Enlaces del Interfaz

El comparador ASTRO-TAC 9600 del primer sitio simulcast encapsula el audio V.24 en paquetes Ethernet los cuales son llevados a un ruteador para encapsular como paquetes Frame Relay. Se usa un enlace T1 para enviar los paquetes Frame Relay que contienen voz, información de control del sitio y la información de administración de red entre el sitio primario y el sitio master. La comunicación entre el sitio primario simulcast y el sitio remoto simulcast tiene lugar de la siguiente forma:

- ✎ Enlaces V.24 entre la estación base y el comparador ASTRO-TAC 9600 para información de control y voz.
- ✎ Enlaces Ethernet para administración de red.

Las siguientes bandas de frecuencias son soportadas en el subsistema simulcast digital:

- ✎ 700 MHz
- ✎ 800 MHz
- ✎ UHV
- ✎ VHF

2.2.3.4.4.2.3 Topología de Red

La topología de red para el subsistema simulcast digital esta dividida en las siguientes categorías:

- 👉 Red de voz simulcast
- 👉 Control trunking simulcast
- 👉 Administración de red simulcast
- 👉 Referencias de sitio simulcast

El enlace de canal de voz une directamente al comparador para el ruteo de audio al subsitio remoto simulcast en forma de enlace V.24. Cada canal de voz y subsitio remoto tiene un enlace V.24.

El comparador ASTRO 25 soporta el funcionamiento del sistema digital como parte del subsistema simulcast digital ASTRO 25. El funcionamiento analógico o modo mixto (analógico y digital) no es soportado. El audio saliente del comparador es enviado al ruteador del sitio master como paquetes IP, los cuales son enrutados a los sitio requeridos así como el MGEG si la llamada involucra las consolas o interconexión telefónica.

El funcionamiento simulcast requiere una entrada de 1 pps (pulso-por-segundo) y una referencia de 5 Mpps para el comparador ASTRO-TAC 9600 desde el sitio de referencia GPS para sincronizar el tiempo de disparo. Todos los requerimientos de software para el controlador de tiempo de disparo están incluidos en el estándar ASTRO-TAC 9600 paquetes del software.

El camino de control de sitio del sitio primario simulcast se conecta al sitio primario LAN, adicionalmente el controlador de sitio y el comparador también residen en el sitio primario LAN. El ruteador de sitio primario simulcast procesa llamadas de tráfico entre el controlador de zona y el controlador de sitio simulcast. El enlace de control trunking al sitio remoto simulcast usa enlaces V.24 de canales de voz que está, actuando como canales de control.

El subsistema simulcast soporta 2 tipos de LANs el sitio primario y el subsitio remoto, a 10/100 Base-T. Esta LAN 10/100Base-T se proporciona con todos los nuevos subsistemas simulcast o cuando se agregan los subsitios adicionales a un subsistema simulcast existente.

2.2.3.4.4.2.4 Modos de operación

Los modos de operación del subsistema simulcast digital incluyen lo siguiente:

Trunking de Área Extendida – Subsistema Simulcast.- este subsistema permanece en trunking de área extendida si los siguientes recursos están disponibles y funcionando apropiadamente:

- ✎ El camino del control de sitio (enlace de transporte, controlador de zona, ruteador de control, switches LAN y WAN y ruteador de core del sitio master)
- ✎ Un ruteador de sitio
- ✎ Un controlador de sitio primario
- ✎ Un switch de sitio
- ✎ Por lo menos un canal de voz y un comparador asociado
- ✎ Por lo menos un canal de control

Trunking de sitio – Subsistema Simulcast.- cuando un subsistema simulcast o STRV (Single Transmitter Receiver Voting) pierde el camino de control (debido a una falla en el enlace de transporte o en el equipo del sitio de control de camino) y el subsistema continua proporcionando operaciones de troncalización, el subsistema esta en modo trunking. En este modo los radios pueden continuar comunicándose con los miembros de otros grupos que también están registrados en el sitio. Para este modo se necesita que los siguientes recursos estén habilitados:

- ✎ Un controlador de sitio primario
- ✎ Un switch de sitio
- ✎ Por lo menos un canal de voz y un comparador asociado
- ✎ Por lo menos un canal de control.

Failsoft – Subsistema Simulcast.- si el subsistema simulcast no puede mantener un trunking de área extendida o un trunking de sitio, el subsistema entra en el modo de operación Failsoft. Este modo ocurre cuando el controlador del sistema no está funcionando apropiadamente, cuando todos los canales de control están deshabilitados o en funcionamiento defectuoso o cuando solo una canal esta habilitado. Un modo Failsoft de área extendida ocurre en modo Failsoft cuando el comparador está aun habilitado y el modo Failsoft local ocurre en modo Failsoft cuando el comparador no esta habilitado.

Fuera de sitio – Subsistema Simulcast.- este es un modo de funcionamiento que inicializa desde la capacidad de diagnostico del administrador de configuración de zona (ZCM). En este estado el subsistema no está disponible a los radios.

2.2.3.4.4.2.5 Sitio Primario SIMULCAST

Un sitio primario actúa como un centro de control y audio para el subsistema simulcast digital. Une con el sitio master a través de una infraestructura WAN. Desde el sitio primario a cada sitio remoto simulcast, control y audio usa enlaces seriales desde el comparador a través de bancos de canales. Solo el tráfico de administración de red es enrutado sobre la red IP a través del sitio primario al sitio remoto.

El subsistema simulcast digital está usualmente descrito por referencia al número de canales y al número de sitio remotos simulcast del sistema. Por ejemplo un subsistema simulcast digital utiliza 10 canales RF por 5 sitios

remotos simulcast que son llamados como “5 sitios, 10 canales del subsistema simulcast digital”.

El sitio primario simulcast se comunica con el sitio remoto simulcast sobre dos enlaces de datos separados. Los datos del canal de control y los datos del canal de tráfico de voz son pasados entre el comparador del sitio primario y los radios base del subsitio remoto usando enlaces V.24 de 9600 bps. Los datos de administración de red son distribuidos al sitio remoto sobre enlaces V.35. El controlador de sitio primario y el comparador ASTRO-TAC 9600 realizan todas las tareas necesaria para el funcionamiento del subsistema simulcast digital y por consiguiente no se necesita el controlador de sitio remoto en un subsistema simulcast digita ASTRO 25.

Se soportan dos configuraciones de sitio primario:

👉 Sitio primario sin colocación de sitio remoto

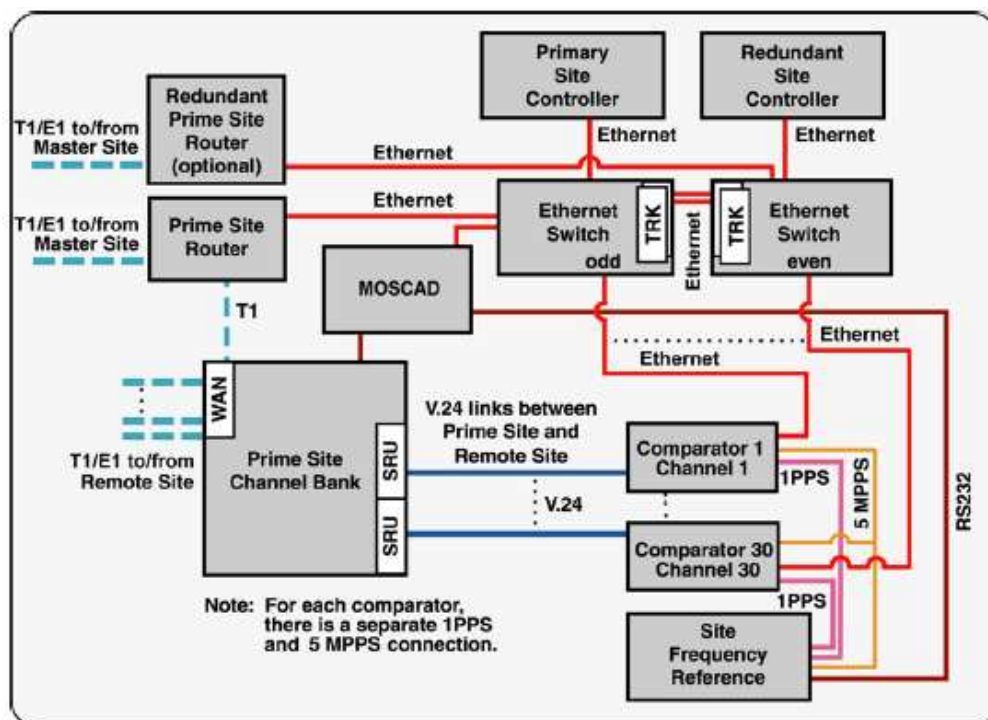


Gráfico 2. 16 Sitio Primario Simulcast sin Colocación de Sitio Remoto

Fuente: Motorola Understanding Your ASTRO® 25 Trunking System
Elaboración: Motorola

👉 Sitio primario con colocación de sitio remoto

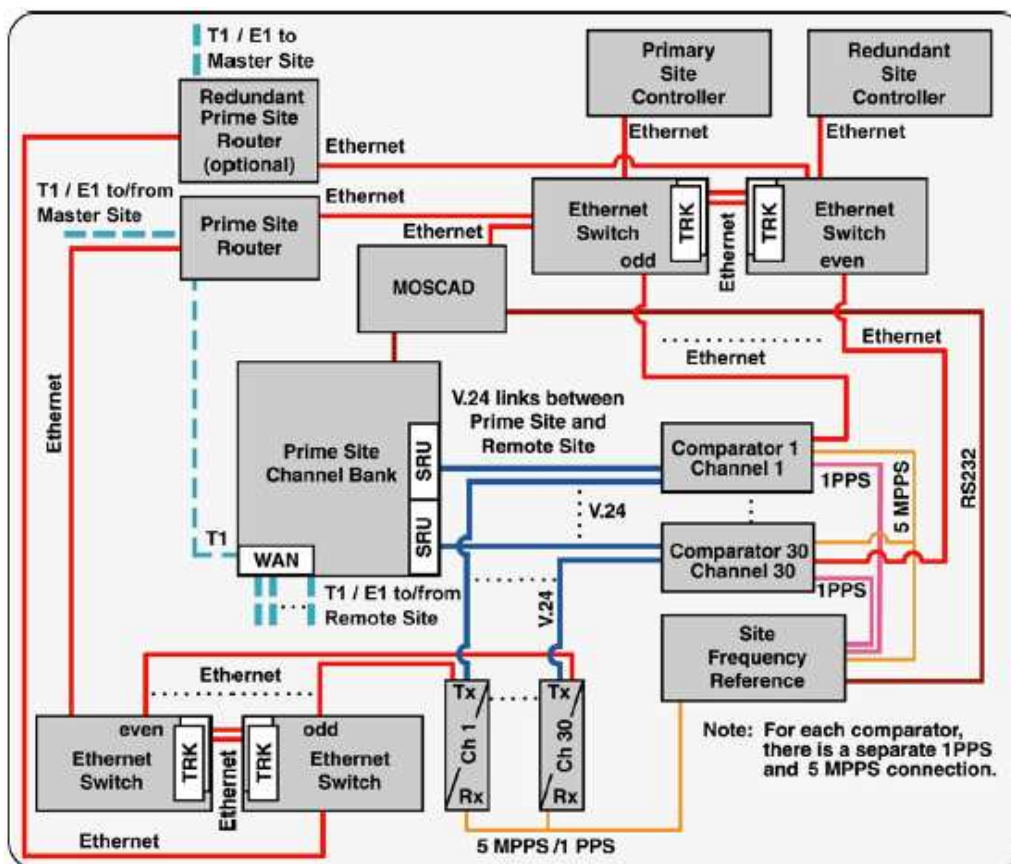


Gráfico 2. 17 Sitio Primario Simulcast con Colocación de Sitio Remoto

Fuente: Motorola Understanding Your ASTRO® 25 Trunking System
Elaboración: Motorola

En un sitio primario simulcast el servidor Terminal puede emplearse para la administración de fuera-de-banda. La aplicación de la administración de fuera-de-banda en un sitio primario simulcast proporciona el acceso serial a varios componentes del sitio primario, como se muestra en la figura 2.18.

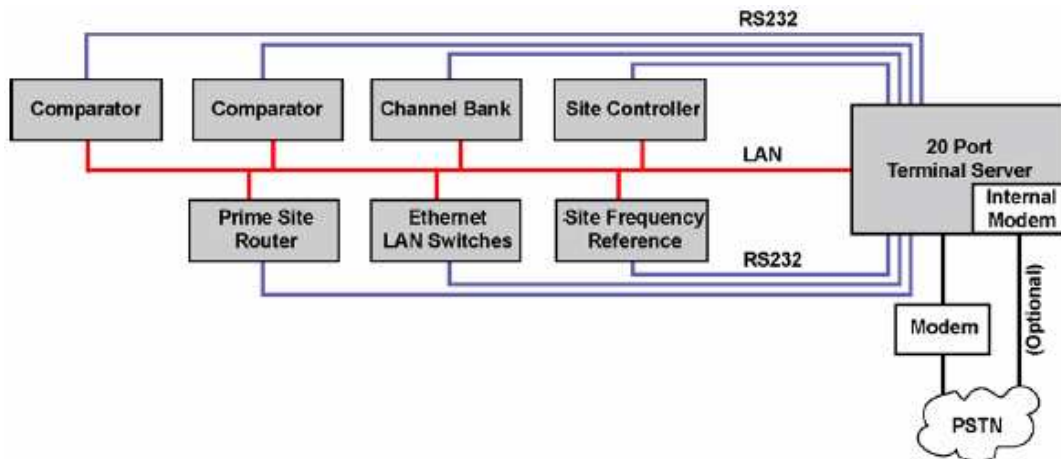


Gráfico 2. 18 Servidor Terminal – Administración fuera de banda en el Sitio Primario Simulcast

Fuente: Motorola Understanding Your ASTRO® 25 Trunking System
Elaboración: Motorola

La administración fuera-de-banda proporciona los siguientes componentes:

- ✎ Controlador de sitio primario simulcast MTC 9600.- usa un canal de control de 9600 bps, provee el procesamiento de llamadas para subsitios individuales y actúa como un enlace entre el subsistema simulcast digital y el controlador de zona. Este controlador es capaz de soportar hasta 15 subsitios simulcast con 30 canales cada uno.
- ✎ Comparador ASTRO-TAC 9600.- usa un canal de control de 9600 bps, con múltiples estaciones base operando en la misma frecuencia, es posible para los rádios de campo pegar a los múltiples sitios simultáneamente cuando están transmitiendo. El ASTRO-TAC 9600 chequea las señales de tráfico de voz entrante y selecciona la mejor o desarrolla una señal compuesta para difusión simulcast. Con la señal compuesta y transmitiendo simultáneamente una señal RF idéntica de los múltiples sitios dentro del sistema, se refuerza la calidad de la señal y la Cobertura.
- ✎ Banco de canales
- ✎ Ruteador de sitio primario
- ✎ Switchs LAN
- ✎ Referencia de sitio

2.2.3.4.4.2.6 Sitios SIMULCAST

Un subsistema simulcast digital consiste de un sitio primario y un número de sitios remotos. Los siguientes dos sitios remotos son soportados por el subsistema:

- ✎ Sitio remoto simulcast.- soporta el funcionamiento del subsistema simulcast en la banda de los 700 MHz, 800 MHz o VHF/UHF.
- ✎ Sitio remoto simulcast que solo recibe.- soporta el subsistema simulcast con sitios que solo reciben comunicaciones de usuarios pero no las retransmiten y que funcionan solo en la banda de VHF/UHF.

2.2.3.4.4.2.7 Sitio remoto SIMULCAST

Un sitio remoto simulcast es un subsitio simulcast equipado con por lo menos una estación que proporciona un transmisor y un receptor. Por lo menos dos sitios remotos simulcast son requeridos en un subsistema simulcast digital.

Un sitio remoto simulcast con ambas capacidades de transmitir y recibir es diferente de un sitio remoto que solo recibe.

Un número de receptores de varios sitios remotos simulcast cubren un área particular en el subsistema, pueden recibir la misma señal (una llamada) transmitida de una unidad subscriptora móvil o portátil. El sitio remoto simulcast enruta estas señales al sitio primario simulcast donde la señal de audio para una llamada particular es procesada por un comparador para establecer la mejor calidad de la señal de audio. Esta mejor señal de audio es empaquetada y enviada al sitio master de la zona donde recoge información de ruteo (el ruteador de core o el punto de reunión).

El sitio remoto simulcast acepta múltiples enlaces V.24 y enlaces Ethernet desde un sitio primario simulcast. Los enlaces V.24 enlazan al equipo de la estación base RF (una por estación base) para llevar el tráfico de voz. La salida

del sistema Ethernet de la red remota simulcast se conecta al sitio remoto LAN. El sistema de red remoto simulcast dirige el tráfico de administración de red entre el sitio primario simulcast y el sitio remoto simulcast. Y se lo representa en el gráfico 2.19.

El subsistema remoto simulcast contiene los siguientes componentes:

- ✎ Estación Base – El radio base STR 3000 (700 MHz o 800 MHz) o la estación base QUANTAR para VHF (134 MHz – 175 MHz) o UHF (380 MHz – 520 MHz)
- ✎ Sistema de distribución de frecuencias de radio (RFDS) – equipo de estación base STR 3000.
- ✎ Equipo de cronometro de GPS (posicionamiento satelital global)
- ✎ Banco de canales
- ✎ Ruteadores
- ✎ Switchs Ethernet.

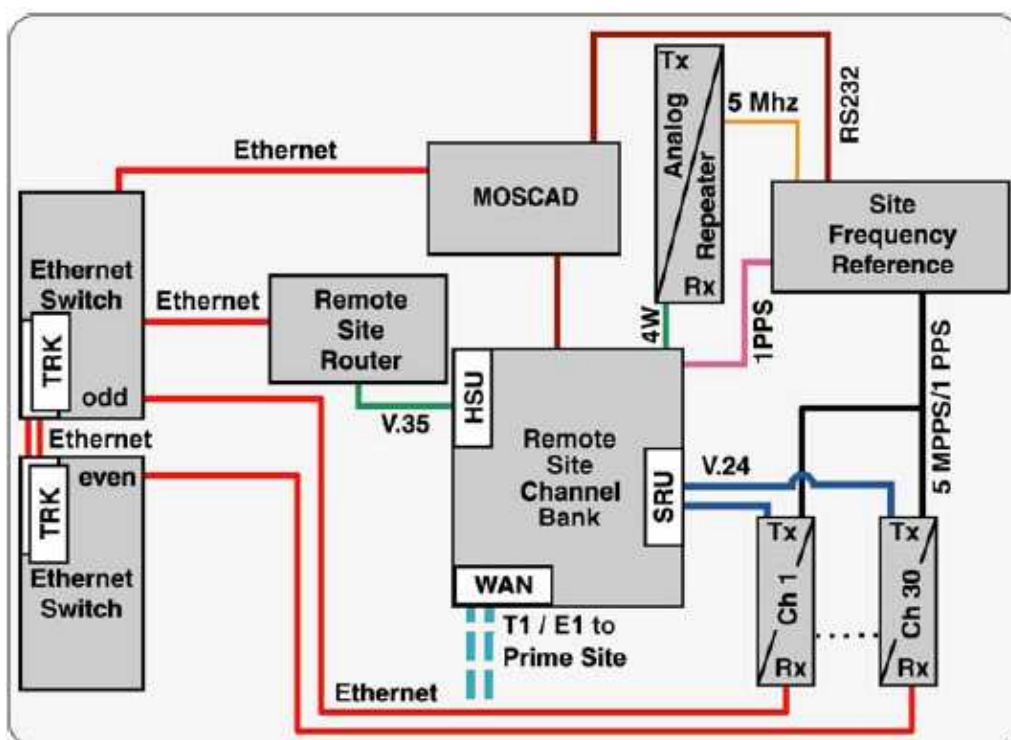


Gráfico 2. 19 Sitio Remoto Simulcast

Fuente: Motorola Understanding Your ASTRO® 25 Trunking System
Elaboración: Motorola

Las consideraciones de configuración para el subsistema simulcast incluyen el establecimiento esencial de los sitios remotos y el uso del software de configuración de servicio (CSS) para programar la configuración y modos de operación del equipo del subsistema simulcast.

2.2.3.4.4.2.8 Sitios remotos esenciales

En un subsistema simulcast digital un subsitio remoto puede estar designado como el esencial administrador de configuración en la zona, subsitio remoto simulcast de registros de configuración. El registro contiene un campo llamado “Número de Disponibilidad del Subsitio (Subsite Availability Number)” el cual es usado para especificar el porcentaje de canal de tráfico requerido de funcionamiento defectuoso antes de que el subsistema ignore un subsitio. Si el porcentaje de funcionamiento defectuoso del canal del subsitio supera la disponibilidad del número, el subsitio simulcast se pone en estado de funcionamiento defectuoso. Si el subsitio remoto de funcionamiento defectuoso es un subsitio esencial, el subsistema simulcast digital se pone en Failsoft sin tomar en cuanto el estado del resto del sistema.

El campo del Número de Disponibilidad del Subsitio especifica un valor de 100 para designar un subsitio remoto esencial. Por lo menos se debe habilitar un canal de control y un canal de voz para que el subsistema simulcast digital permanezca en modo trunking.

Un subsistema esencial remoto puede causar que el subsistema entre en Failsoft bajo las dos siguientes condiciones:

- 👉 Ningún canal de control está disponible en el subsitio remoto esencial y por lo menos un canal Failsoft de área extendida esta disponible.
- 👉 Ningún canal de voz está disponible en el subsitio remoto esencial. Si el canal de control esta funcionando y tiene la capacidad de Failsoft, el subsistema simulcast digital va a Failsoft.

2.2.3.4.4.3 Subsistema de Transmisor Receptor Único

Un subsistema de Single Transmitter Receiver Voting (STRV) cubre una sola área geográfica con un solo transmisor y proporciona el soporte de comunicación de radio en las bandas de frecuencia UHF/VHF. El subsistema STRV contiene muchos de los mismos componentes encontrados en el subsistema simulcast, así como los modos de operación del subsistema STRV son similares a los del subsistema simulcast digita.

El subsistema STRV no requiere de los dispositivos de sitios de referencia simulcast debido a que la transmisión simultánea de los transmisores múltiples no son requeridas en un subsistema de transmisor único.

Las siguientes son otras características del subsistema STRV:

- ✎ Un subsistema STRV debe tener un sitio de transmisión único y uno o más sitios remotos de solo recepción.
- ✎ El subsistema STRV puede tener un máximo de 30 canales RF.
- ✎ Todos los sitios remotos en el subsistema STRV contienen los mismos números de canales (densidad variable no es soportada).
- ✎ El audio en el subsistema STRV solo es transportado en formato digital.
- ✎ El subsistema STRV solo opera en la bandas de frecuencias UHF/VHF.

2.2.3.4.5 Subsistema de Interconexión Telefónica

Este subsistema de interconexión telefónica proporciona un medio entre el sistema de radio con la Red Telefónica Pública Conmutada (PSTN). Un Private Branch Exchange (PBX) es usado para proporcionar la interconexión telefónica y un servidor de señalización de control para proporcionar todos los otros requisitos del sistema, gráfico 2.20.

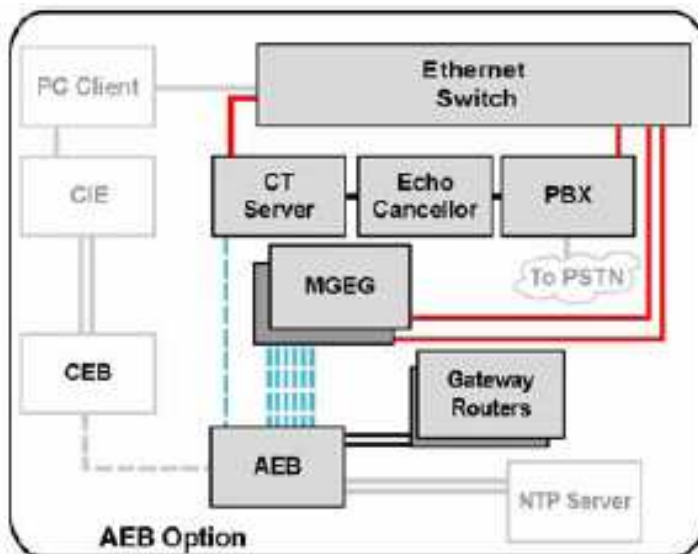


Gráfico 2. 20 Subsistema de Interconexión Telefónica

Fuente: Motorola Understanding Your ASTRO® 25 Trunking System
Elaboración: Motorola

2.2.3.4.6 Subsistema de Comunicación de Datos

Este subsistema soporta las características y funciones de comunicación de datos en el sistema de comunicación ASTRO 25. Este subsistema permite el transporte IP de datos sobre canales de datos troncalizados que actualmente existen en el mismo grupo de canales usados para soportar comunicaciones de voz. Este subsistema se muestra en el gráfico 2.21.

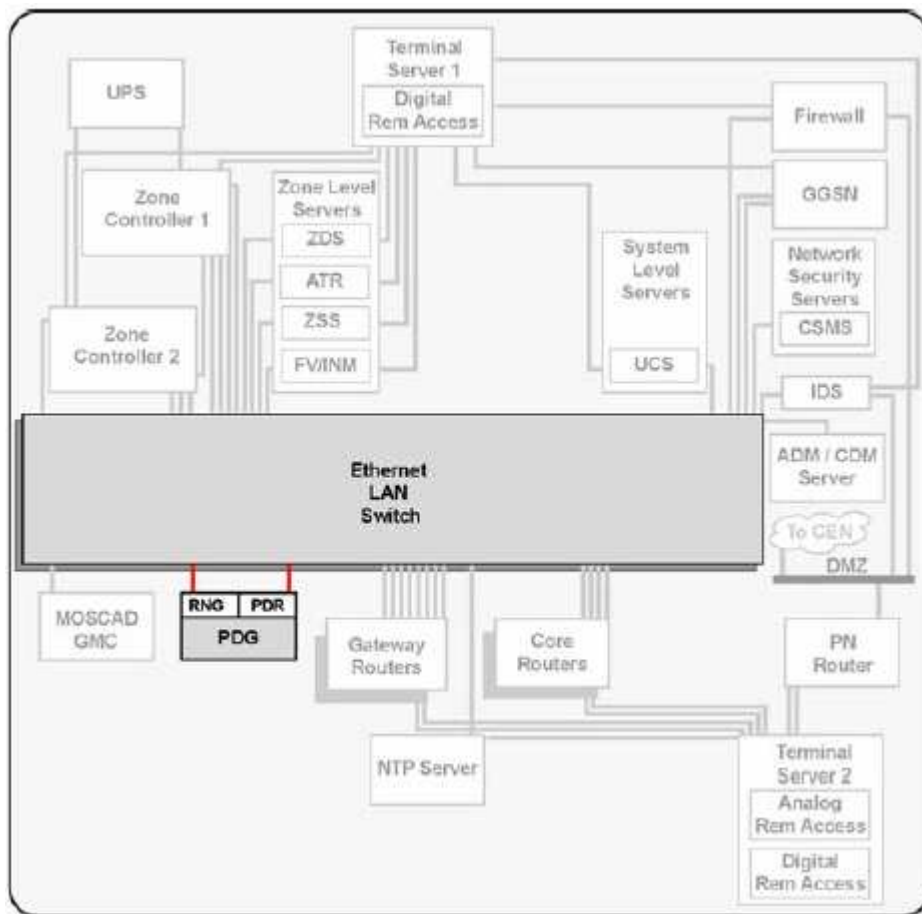


Gráfico 2. 21 Subsistema de Comunicación de Datos

Fuente: Motorola Understanding Your ASTRO® 25 Trunking System
Elaboración: Motorola

2.2.3.4.7 Subsistema de Seguridad de Red

Este subsistema proporciona componentes que contribuyen a la protección de la información del sistema y a los recursos de comunicación. El subsistema de seguridad de red consiste en hardware y componentes del software que contribuyen a la protección del sistema, así como las actividades de administración de seguridad. Gráfico 2.22.

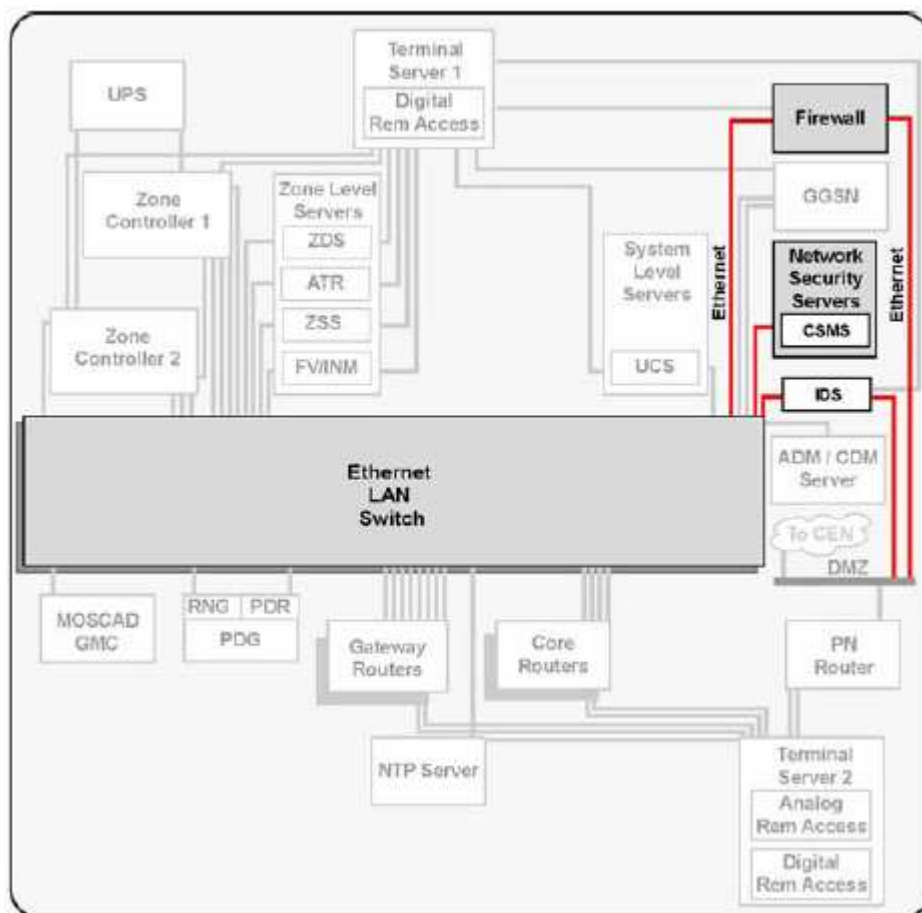


Gráfico 2. 22 Subsistema de Seguridad de Red

Fuente: Motorola Understanding Your ASTRO® 25 Trunking System
Elaboración: Motorola

2.2.3.5 Base de Datos del Sistema de Radio

El sistema usa una variedad de base de datos para proveer servicio de comunicación a usuarios individuales. En estas bases de datos se guardan los datos de configuración de usuarios, grupos de comunicación y la infraestructura del sistema. Otro tipo de información guardada es el comportamiento del sistema y los datos de falla. Por esto decimos que las bases de datos son los elementos organizados que transforman a las computadoras y radios del sistema en una plataforma de comunicación versátil.

2.2.3.5.1 Requisitos de Datos del Sistema

El sistema colecciona datos para usar en el sistema, zonas y niveles del sitio. La variedad de base de datos incluye información relacionada a lo siguiente:

- ✎ **Control de acceso del suscriptor.-** estos datos incluyen toda la información de control de acceso para las unidades subscriptoras. A través de perfiles que definen las características comunes de un grupo de usuarios se configuran los permisos de usuarios individuales.
- ✎ **Infraestructura.-** estos datos incluyen todo el hardware, enlace, slots, conexiones y la información de configuración necesaria para proveer un proceso de llamada.
- ✎ **Alias.-** estos datos proporcionan la cartografía de nombres IDs.
- ✎ **Estadísticas.-** estos datos proveen información de los números y tipos de llamadas, asignación de recursos (como canales), ocupaciones y rechazos. Por tanto esta información puede recogerse para generar informes.
- ✎ **Afiliación.-** estos datos proporcionan un listado asociaciones de radios a grupos de comunicación y localizaciones de sitio.
- ✎ **Fallas.-** estos datos proporcionan estado o información de diagnóstico en los dispositivos de manejo IP.

A continuación se especifica los tipos de datos y como ellos son usados:

- 1) **Registro de Localización de casa (HLR).-** El registro de localización de casa HLR (Home Location Register) es una base de datos del controlador de zona y del ruteador de paquete de datos; debido a que la zona de casa es responsable de controlar toda voz de las llamadas de grupo para un grupo de conversación., el controlador de zona coordina la asignación de recursos basado en el plano de la zona de casa y la información guardada en su HLR y su Registro de Localización de

Visitante (VLR). El ruteador de paquetes de datos usa el HLR en similar manera.

Un HLR por cada zona contiene el radio del suscriptor y la información del grupo de comunicación específicamente designado para esa zona.

Una base de datos HLR contiene la siguiente información:

- ✎ Privilegios y capacidades de los radios.
- ✎ La localización de la zona actual de los radios.
- ✎ Afiliaciones de grupos de comunicación de radios.
- ✎ Capacidades de los grupos de comunicación.
- ✎ La localización de la zona actual de los grupos de comunicación.

El HLR es realizado en dos componentes:

- ✎ Registro de Localización de Casa de Grupo (GHLR) guarda información de los grupos.
- ✎ Registro de Localización de Casa Individual (IHLR) guarda información acerca de los radio usuarios.

2) Registro de Localización de Visitante (VLR).- El registro de localización del visitante (VLR) es una base de datos del controlador de zona que contiene información actual sobre la asociación de todos los radios a los sitios de una zona. El VLR maneja una copia local de la información específica de zona para individuos y grupos de comunicación. Esto incluye la información de la base de datos del suscriptor y la información de localización de sitio para los individuos y los grupos de comunicación.


Cada zona tiene un VLR individual (IVLR) y un VLR de grupo (GVLR).


- 3) **Información de Alerta y Alarma.-** FullVision INM puede proveer la información de fallas integradas a un sistema de zona única y a todas las zonas de un sistema de zonas múltiples. El servidor monitorea las fallas de cada una de las zonas y del equipo de la red de área local (Hubs, switchs y ruteadores).

- 4) **Base de Datos Alias y Consola de Información de Administración.-** Cada radio móvil y cada grupo de conversación tiene un único número ID de ocho dígitos. Cada objeto mostrado en la pantalla del CENTRACOM Elite TM permite a un distribuidor establecer comunicación con un grupo de comunicación o el recurso de radio también es asignado a un ID único y por consiguiente puede asignarse un alias. Un alias es usado para asignar una mas fácil designación, reconocible y memorable, como un nombre a los IDs.

- 5) **Datos Estadísticos.-** El sistema organiza la información de estadísticas en los reportes. Los datos son reunidos basados en grupos especificados por el administrador, los grupos son basados en el tipo de objetos, intervalo de tiempo y número de intervalos. Dos tipos de reportes se soportan: Dinámico e Histórico. Los reportes dinámicos son actualizados por cada intervalo seleccionado por el usuario. Los reportes históricos son estáticos, se genera una vez este reporte y no cambia.

Varias bases de datos proveen soporte para el sistema de comunicación trunking de área extendida ASTRO 25. A continuación se describe la relación entre las bases de datos y la manera en que el sistema usa los datos y son:

-  **Base de datos del Servidor de Configuración de Usuario (UCS).-** esta base de datos contiene los datos de configuración del suscriptor y los datos de configuración del usuario.

-  **Base de datos de la zona.-** esta base de datos reside en el servidor de base de datos de la zona (ZDS) y contiene información del sistema y del suscriptor.

- ✎ **Base de datos de la zona local.-** esta base de datos es un archivo de texto que reside en el controlador de zona y contiene la información de infraestructura para esa zona particular.
- ✎ **Base de datos del Servidor de estadísticas de la zona (ZSS).-** esta base de datos se usa para resumir e informar de las estadísticas de uso para la zona.
- ✎ **Base de datos de consola de administrador (CDM)/ Base de datos de alias de administrador (ADM).-** esta base de datos es usada con el sistema distribuidor CENTRACOM Gold Elite.
- ✎ **Base de datos FullVision INM.-** el FullVision es la herramienta de software usada para alarmas y datos de estado para fallas y administración de comportamiento de la red.
- ✎ **Ruteador de tráfico aéreo (ATR).-** el ATR recoge las estadísticas sobre el tráfico de control de llamadas en el sistema desde el controlador de zona y pasa la información a lo largo del ZSS y el SSS.

2.2.3.6 Servidores del Sistema.

Los servidores son computadoras que “sacan” datos a otras computadoras o dispositivos (clientes). Los servidores son diferentes de los computadores de clientes, en general, los clientes consumen y manipulan la información y recursos, mientras los servidores son proveedores de información y recursos. En ASTRO 25 hay muchos servidores y cada uno tiene funciones especializadas. Estos servidores cumplen las siguientes funciones:

- ✎ Colecciona y despliega información de falla del sistema.
- ✎ Compila estadísticas del sistema.
- ✎ Guarda archivos para usuarios, infraestructura y radios.
- ✎ Maneja actividades de procesos de llamadas.

Al trabajar con servidores, una comprensión del diseño físico de cada servidor en el sistema ASTRO 25 es esencial. A continuación se da una descripción de cada servidor:

1. **Servidor de Configuración de Usuario.-** El servidor de configuración de usuario (UCS) es un servidor en base-UNIX. Hay un único UCS por sistema y generalmente esta localizado en el sitio OSS. El UCS hace posible para el personal de administración configurar los planos de zona, usuarios de administración, radios, grupos de habla, sitio críticos, canales de control adyacentes (ACC), información de seguridad para niveles del sistema y otros parámetros de niveles del sistema. Esta información es configurada para usar la aplicación Administrador de Configuración de Usuario (UCM) y es guardada en la base de datos UCS.
2. **Servidor de Estadísticas del Sistema.-** El servidor de estadísticas del sistema (SSS) es un servidor en base-UNIX. Hay un único SSS por sistema y generalmente esta localizado en el sitio OSS. Este servidor colecciona y guarda la información de estadística del sistema desde cada uno de los ruteadores de Tráfico Aéreo (ATRs) para usarse por la aplicación de reportes de niveles del sistema. El SSS no usa un sistema de zona única.
3. **Servidor de Base de Datos de Zona.-** El servidor de base de datos de zona (ZDS) es un servidor en base-UNIX. El ZDS mantiene la infraestructura de bases de datos para el sistema, mantiene una réplica de la base de datos UCS actual y el plano de la zona e importa la información del subscriptor que recibió del UCS del controlador de la zona. El ZDS también realiza toda la administración de red y de fallas de los dispositivos del sistema para dar soporte a los clientes administradores de red. Este servidor pasa comandos e información desde la aplicación Administrador de Control de Radio (RCM) al controlador de la zona.

4. **Servidor de Estadísticas de Zona.-** El servidor de estadísticas de zona (ZSS) es un servidor en base-UNIX. Hay un solo ZSS por zona. El ZSS colecciona guarda las estadísticas de zona con respecto al tráfico de procesos de llamadas, deriva ésta información desde el flujo Acceso de Información de Tráfico Aéreo (ATIA) proporcionado por el ruteador de tráfico aéreo.
5. **Ruteador de Tráfico Aéreo.-** El ruteador de tráfico aéreo (ATR) es un servidor en base-UNIX. El ATR recibe la información de tráfico aéreo desde el controlador de zona, crea paquetes ATIA y los transmite como flujo ATIA en la red. Varios clientes escuchan este flujo para realizar sus funciones.
6. **Servidor FullVision INM.-** El servidor FullVision INM es un servidor en base-UNIX. Hay un solo servidor FullVision INM por zona. Los servidores FullVision INM son el corazón del sistema de administración de fallas. Usando una estación cliente administrador de red se puede usar la aplicación FullVision INM para acceder a la información de administrador de red que el servidor obtiene del ZDS y de otros dispositivos de manejo IP en el sistema.

2.2.4 Interfaz Aire

El sistema ASTRO 25 de Motorola cumple con CAI tanto en sistema troncalizado como en convencional APCO Project 25. (CAI son las siglas en ingles de Interfaz Aéreo Común).



ASTRO es la primera plataforma de radio digital disponible que es capaz de reunir el Interfaz Aéreo Común (CAI) APCO Proyecto-25. La Asociación de Oficiales de Comunicaciones de Seguridad Publica (APCO), es el comité encargado de seleccionar los procesos de APCO Proyecto 25, donde se

especifica el CAI, que es el punto de compatibilidad e interoperabilidad para la transmisión aérea de señales digitales de radio a radio para las organizaciones de Seguridad Públicas. Esto significa que el equipo móvil y portátil de cualquier fabricante que se encuentra con la norma de CAI puede combinarse libremente en un sistema APCO-25.

Los únicos rasgos de ASTRO y aplicaciones se traducen en beneficios que mejoran las comunicaciones de radio de muchas maneras diferentes. ASTRO está diseñado para mejorar el control del sistema, reforzar la seguridad del usuario, aumentar al máximo la seguridad de las comunicaciones, y proporcione un excelente potencial de crecimiento del sistema.

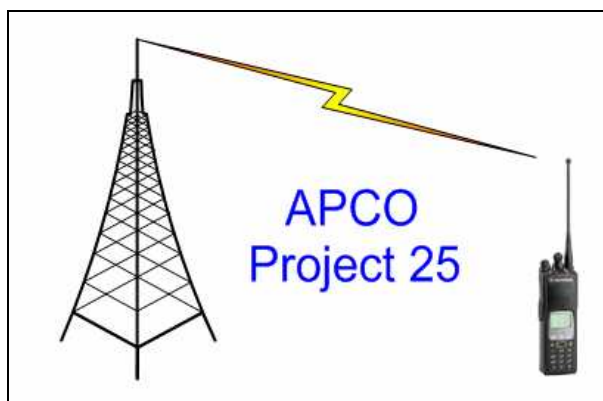


Gráfico 2. 23 Interfaz Aéreo Común

Fuente: Motorola
Elaboración: Los Autores

El elemento central del Proyecto 25 de APCO es el CAI, el cual define seis elementos, los cuales son adoptados por ASTRO 25 y son:

1. Método de acceso al canal – FDMA.-

El método usado por ASTRO 25 para mejorar la eficiencia del espectro se llama Acceso Múltiple por División de Frecuencia (FDMA). Con FDMA se usa menos espectro de radio por cada canal, creando más canales de radio en un bloque de espectro dado, como muestra el gráfico 2.24.

FDMA ("Frequency Division Multiple Access") es la manera más común de acceso truncado. Con FDMA, se asigna a los usuarios un canal de un conjunto limitado de canales ordenados en el dominio de la frecuencia. Los canales de frecuencia son muy preciados, y son asignados a los sistemas por los cuerpos reguladores de los gobiernos de acuerdo con las necesidades comunes de la sociedad. Cuando hay más usuarios que el suministro de canales de frecuencia puede soportar, se bloquea el acceso de los usuarios al sistema. Cuantas más frecuencias se disponen, hay más usuarios, y esto significa que tiene que pasar más señalización a través del canal de control. En los sistemas muy grandes, FDMA frecuentemente tienen más de un canal de control para manejar todas las tareas de control de acceso. Una característica importante de los sistemas FDMA es que una vez que se asigna una frecuencia a un usuario, ésta es usada exclusivamente por ese usuario hasta que éste no necesite el recurso.

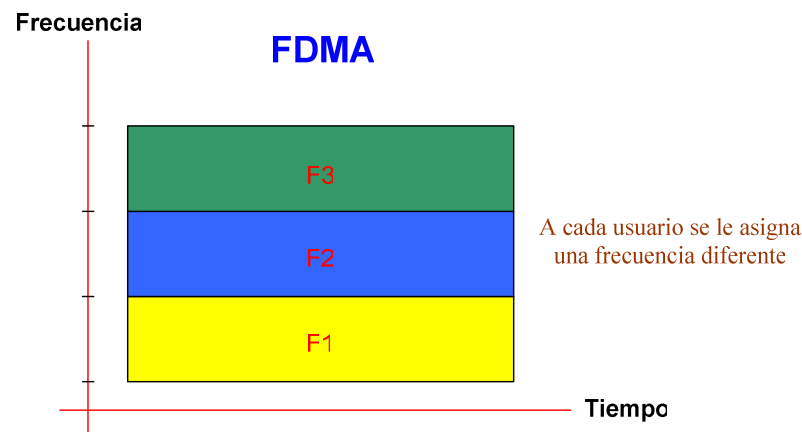


Gráfico 2. 24 Acceso Múltiple Por División de Frecuencia

Elaboración: Los Autores

2. Técnica de modulación – C4FM.-

A diferencia de la modulación analógica FM en que la frecuencia de transmisión usa la forma de onda de la voz, las transmisiones digitales deben transmitir una cadena de ceros y unos y estos deben ser codificados de alguna manera y puestos en la onda portadora. En el esquema de

modulación C4FM del estándar APCO P25 los datos son procesados a 9.6 kbits/s, lo que significa que los receptores deben poder detectar un juego de dos bits sobre cada 200 microsegundos.

En la Modulación de Frecuencia Compatible a Cuatro Niveles (C4FM), cada juego de dos bits (dibit) es representado como una desviación fija de la frecuencia de transmisión, como se muestra en el siguiente cuadro:

Información	Desviación de Frecuencia
01	+ 1.8 KHz
00	+ 0.6 KHz
10	- 0.6 KHz
11	- 1.8 KHz

Tabla 2. 5 Desviación de Frecuencia por Dibit para la Modulación C4FM

Fuente: White Paper: What is APCO Project 25.
Elaboración: Motorola

La salida RF de C4FM digital, así como de FM analógico, tiene una amplitud constante. Se usan dos filtros para preparar la señal a la entrada del modulador. El filtro de Nyquist ayuda a minimizar la interferencia entre símbolos y el filtro formado ayuda hacer la señal inmune al ruido en el canal (para mejorar el desempeño, más bien como el pre-y de-énfasis en las transmisiones FM analógicas).

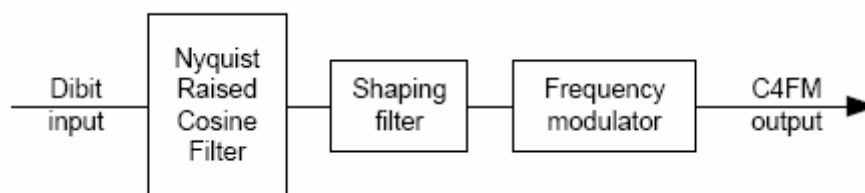


Gráfico 2. 25 Modulador C4FM

Fuente: *White Paper: What is APCO Project 25*
Elaboración: Motorola

El resultado es una forma de onda que hace una transición uniforme entre dibits, como muestra el diagrama de ojo siguiente.

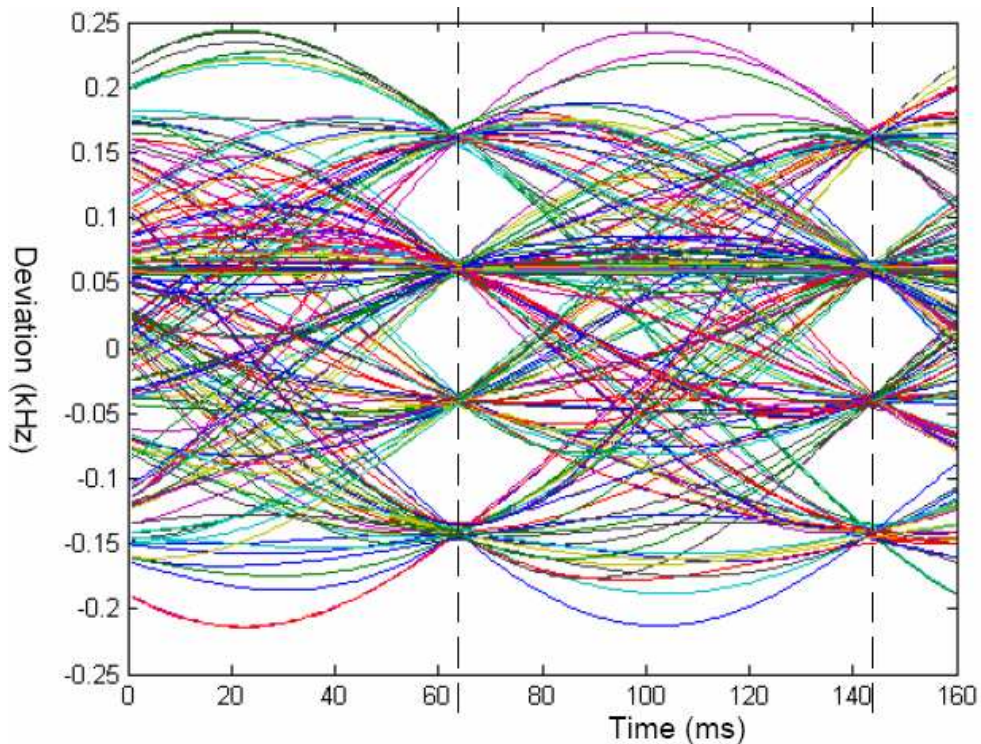


Gráfico 2. 26 Diagrama de Ojo para el Modulador C4FM

Fuente: *White Paper: What is APCO Project 25*
Elaboración: Motorola

Cuando el transmisor está funcionando apropiadamente, la desviación en el momento de medida es muy estrecha al valor nominal del par de bits. El receptor puede decodificar los bits con un alto grado de exactitud.

3. El DVSI Vocoder – IMBE.-

APCO 25 selecciono el Vocoder⁷ IMBE (Excitación MultiBanda Mejorado), operando a 4400 bits/s. Adicionalmente 2800 bits/s de forward para la corrección de errores de voz digitalizada. Un vocoder es una técnica de digitalización de voz la cual traduce la voz humana en señales digitales.

En la estructura de trama de voz digitalizada, las cabeceras transmitidas a la salida de cada transmisión contienen 120 bits de información y 528 bits de

⁷ ("Voice Coder") Es un mecanismo que convierte las señales de voz en señalización digital compacta para la transmisión.

corrección de errores. Las tramas de voz son de 180 ms de longitud y pares de tramas componen una Supertrama de 360 ms. La estructura de una trama de voz digitalizada consiste de una Unidad de Datos de Cabecera, continua con una Unidad de Datos de Enlace lógico (LDU) que transporta la conversación digital y termina con una Unidad de Datos de Terminación.

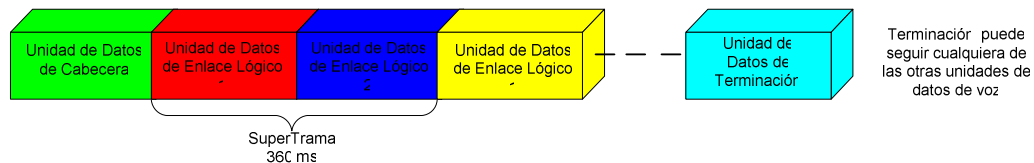


Gráfico 2. 27 Estructura Trama de Voz Digitalizada

Fuente: *White Paper: What is APCO Project 25*
Elaboración: Los Autores

La primera de un par de tramas de voz transmite, además de la voz digitalizada y su codificación correctivo de error, 72 bits de información de control de enlace, 168 bits codificación correctivo de error en la información de control de enlace, y 16 bits de señalización de datos de baja-velocidad incluidos con 16 bits de codificación correctivo de error. La segunda del par de tramas de voz transmite una adicional señalización de 16 bits de datos de baja-velocidad con 16 bits de codificación correctivo de error, 96 bits de información de encipherment, y 144 bits de codificación protectora de error en la información de encipherment.

La cabecera es procedida por 48 bits de señal de sincronización y un identificador de red de 64-bit (para prevenir la confusión entre radios en redes diferentes). Los 120 bits de información en la cabecera consisten en 72 bits para el vector de inicialización de encipherment, 8 bits para un identificador de fabricante, 8 bits para identificar el algoritmo de encipherment, 16 bits para identificar la clave variable de encipherment que está siendo empleada (en sistemas con el encipherment múltiple las claves

son variables), y 16 bits para la dirección de grupos de habla. La cabecera requiere de 82.5 ms para ser transmitida.

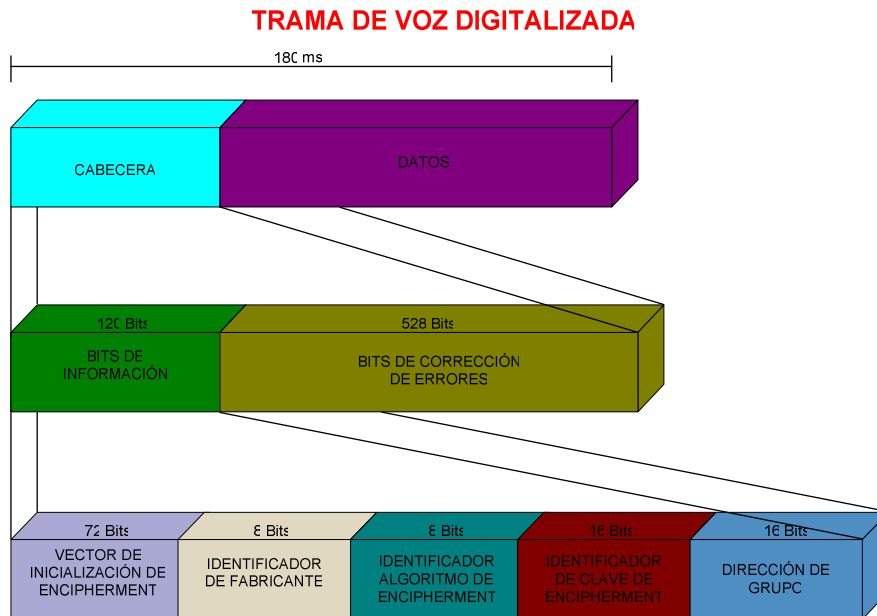


Gráfico 2. 28 Trama de Voz Digitalizada

Fuente: *White Paper: What is APCO Project 25*
Elaboración: Los Autores

4. Velocidad de canal de datos – 9.6 Kbps.-

La velocidad de bit es de 9600 bits/s. en el caso de transmisión de datos, los paquetes de datos consisten básicamente de una cabecera que contiene la información de overhead, seguida por los datos. En el caso de transmisión de voz digitalizada, después de la transmisión de la cabecera que contiene la información de overhead protegida de error, 2400 bits/s son dedicados para repetir periódicamente la información de overhead necesaria para permitir la entrada tardía (o la recepción faltante de la cabecera).

5. Estructura de Trama de Datos.-

Los bloques de datos confirmados contienen un número serial de 7 bits (para permitir la transmisión selectiva), 9 bits de detección de errores en el

bloque total y 14 octetos de datos. Los bloques de datos no confirmados contienen 12 octetos de datos (nota: un código de detección de errores de 32 bits es añadido al final de todos los paquetes de datos).

TRAMA DE DATOS

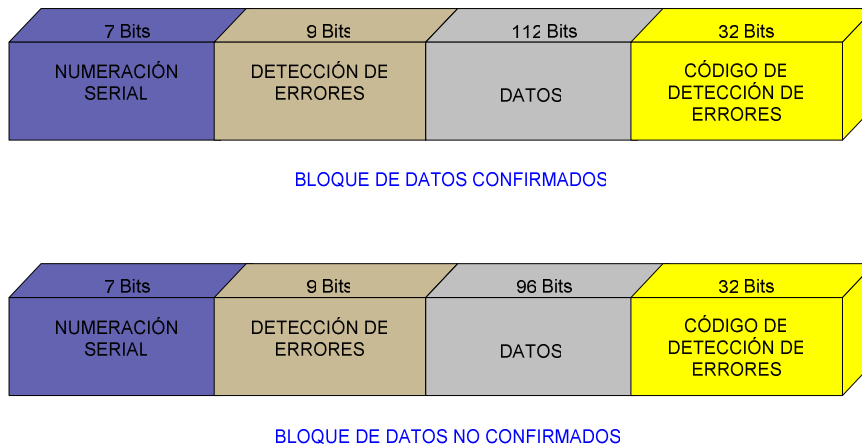


Gráfico 2. 29 Trama de Datos

Fuente: *White Paper: What is APCO Project 25*
Elaboración: Los Autores

El bloque de encabezamiento usado para las comunicaciones entre una radio y un nodo de paquetes de datos (un switch) contiene 10 octetos de dirección e información de control, seguido de 2 octetos de codificación de detección de errores. Para comunicaciones de paquetes de datos directamente entre dos radios se usa 12 octetos al principio de cada paquete para llevar la información necesaria e información de control. La cabecera es precedida por 48 bits de sincronización y 64 bits de identificación de red (para prevenir confusión entre radios de redes diferentes).

Los mensajes de datos son divididos en fragmentos de menos de 512 octetos. Los fragmentos a su vez son divididos en bloques de M octetos, donde $M = 12$ para los mensajes no confirmados y $M = 16$ para mensajes confirmados (excepto los bloques de cabecera que son de 12 octetos de

longitud). Nota: un Fragmento precedido por información de cabecera, es definido como un paquete de datos.

Los bloques de encabezamiento normalmente usan un codificador de trellis de tasa 1/2 para la corrección de error. Los paquetes de datos sin confirmar usan un codificador de trellis de tasa 1/2, mientras que los paquetes de datos confirmados usan un codificador de trellis de tasa 3/4.

6. Ancho de Banda – 12.5 KHz

ASTRO hace posible para una sola frecuencia de 800 MHz ser dividida en dos canales de comunicaciones utilizables. Esto es porque dos nuevos canales digitales de bandas estrecha de 12.5 KHz pueden ser creados de un canal analógico de banda ancha de 25 KHz existente.

La ventaja es que los usuarios digitales pueden aumentar o pueden "multiplicar" el número de canales "disponibles."

2.2.4.1 Calidad de Audio

La calidad de audio es significativamente reforzada por el sistema ASTRO 25. Las transmisiones analógicas están sujetas al ruido (fade y flutter) cuando la fuerza de la señal decrece, por esto las transmisiones de los radio portátiles dentro de edificios a veces son difíciles de entender debido a la pérdida de señal y el desvanecimiento.

En el sistema ASRO 25 la cobertura total del sistema en términos de calidad de audio es mucho mejor que un sistema equivalente analógico.

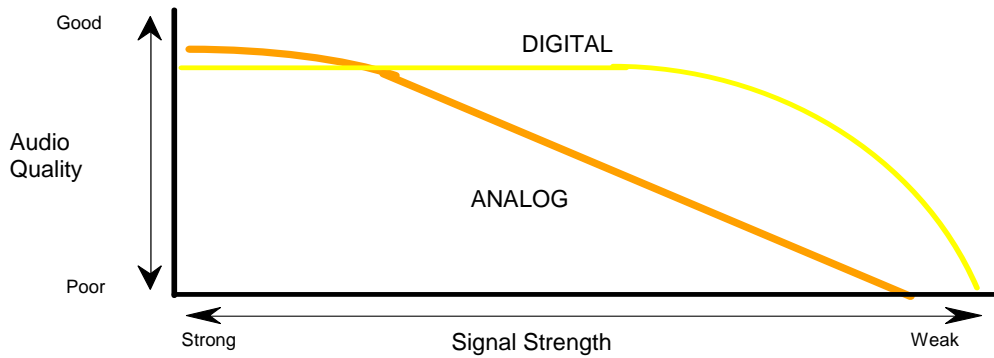


Gráfico 2.30 Calidad de Audio

Fuente: de ASTRO Digital Solution de Motorola
Elaboración: Motorola

Astro 25 resuelve el problema peculiar de degradación analógica con el mejoramiento en tres áreas separadas:

Primero, el sistema Astro 25 está diseñado en base a la velocidad de bit errados y el aviso de corrección de error, no a la fuerza de la señal. La tasa de bits errados mide la cantidad de errores en una señal recibida y la habilidad de la radio para detectar estos errores. El envío de corrección de errores es una técnica usada para minimizar estos “bits errados.”

Segundo, los sistemas de banda angosta tienen una mejora inherente porque los receptores tienen firmes especificaciones ofreciendo la mejor protección de la interferencia de canal adyacente.

Tercero, la mejora en la cobertura viene de la naturaleza del entramado de la señal ASTRO y los códigos de corrección de error. La radio tiene la capacidad de detectar y corregir errores causados por el ruido de transmisión; si los errores son demasiado grandes el receptor simplemente enmudece el flujo de audio para ese segmento de audio (la radio perderá al menos 30 milisegundos de audio). Con un sistema digital ASTRO, la calidad de audio permanece constante mientras el usuario viaja fuera de la señal. A los bordes muy exteriores de cobertura la calidad de audio empieza a ponerse débil entonces disminuye rápidamente.

2.2.4.2 Encriptación

La información requerida para la decodificación (incluyendo el vector de inicialización de codificación) es transmitida al principio de todas las transmisiones, y es incrustada en el overhead de señalización durante todas las transmisiones de voz digitalizadas. Esto permite el uso de los algoritmos de codificación múltiples y "claves variables". Un suficiente número de bits han sido atribuidos para permitir incluso los más altos niveles de codificación.

2.2.5 Servicios del Sistema ASTRO 25

2.2.5.1 Proceso de Llamada Avanzada

El distinto hardware y los componentes de software en el sistema ASTRO 25 trabajan juntos para procesar las llamadas. Se tienen dos perspectivas del sistema que ayudan a entender el proceso de llamada:

Perspectiva del sistema físico.- un subsistema jerárquico y componentes del sistema enfocan como los componente del sistema y subsistemas que conectan físicamente ocupaciones de voz, de control y señales datos para procesar una llamada.

Perspectiva del sistema lógico.- una visión funcional del sistema muestra como el hardware del sistema y los componentes del software trabajan juntos para ocupaciones de voz, control y señales de datos para procesar una llamada. La perspectiva lógica define como la configuraciones del sistema afectan al los procesos de llamadas, como el sistema rastrea las unidades subscriptoras móviles cuando ellas están en lo largo de las áreas de cobertura y como el sistema procesa las demandas de llamadas de las unidades subscriptoras móviles.

Desde una perspectiva lógica, el sitio master en un sistema ASTRO 25 es el centro de procesamiento de llamadas. El sitio master provee las siguientes funciones:

- ✎ El controlador de zona procesa las demandas para registración, las llamadas individuales, las llamadas de grupo y las llamadas de interconexión de grupo. Este controlador de zona valida las demandas y asignaciones que los recursos necesitan preparar para los servicios de llamadas.
- ✎ El subsistema de Administrador de Red de Radio Privada (PRNM) es un subsistema de infraestructura lógica que proporciona la radio y la información de usuario necesaria para coordinar los recursos para los diferentes tipos de llamadas.
- ✎ El equipo de transporte de red al sitio master (ruteadores, switches, etc) proporcionan la conectividad IP para preparar los caminos de comunicación de red para procesar las llamadas. Este equipo hace posible enviar voz a través del sistema como paquetes IP.

2.2.5.2 Proceso de Llamada

Proceso de llamada es el término usado para describir la secuencia de procesos que requiere un servicio de llamada de un usuario móvil. El proceso de llamada puede estar dividido en las siguientes fases:

- ✎ Requerimiento de llamada.
- ✎ Inicio de llamada
- ✎ Enrutación de audio
- ✎ Continuación de llamada
- ✎ Fin de llamada

2.2.5.3 Tipos de Llamadas

En un sistema troncalizado de Motorola pueden realizarse muchos tipos de llamadas. Se pueden describir cinco posibles tipos de llamadas, los cuales están divididos en dos principales servicios de llamadas:

2.2.5.3.1 Servicios Basados en Grupos

Estas llamadas son servicios que mantienen la comunicación eficaz del grupo (uno a muchos). Ejemplos de llamadas de grupos son:

1. **Llamadas de grupos.-** este tipo de llamadas es un nivel primario de comunicación en un sistema de radio troncalizado, la mayoría de conversaciones de un usuario de radio participa en una llamada de grupo.
2. **Llamadas de multigrupo.-** un multigrupo es una colección de grupos. Se puede transmitir un mensaje a dos o más grupos simultáneamente seleccionando un multigrupo. Cualquier usuario de un grupo en el multigrupo oye la llamada.
3. **Servicios de Emergencia.-** hay dos tipos de servicios de emergencia:
 - a. Alarma de emergencia.- se transmite de un radio a una consola o Administrador de Control de Radio (RCM) a través del canal de control.
 - b. Llamada de emergencia.- se transmite por un radio o una consola, llamadas que tienen alta prioridad en el sistema.

2.2.5.3.2 Servicios de Llamadas Individuales

Los servicios de llamada individual de unidad a unidad están disponibles en ASTRO 25 y se los describe a continuación:

4. **Petición de llamada de Unidad a Unidad.**- La llamada de unidad a unidad empieza con una petición, esta petición determina si la llamada es fija o no. Las peticiones pueden ser rechazadas si la radio designada no contesta la petición o si la radio no esta registrada en el sistema. A continuación se gráfica una petición de llamada:

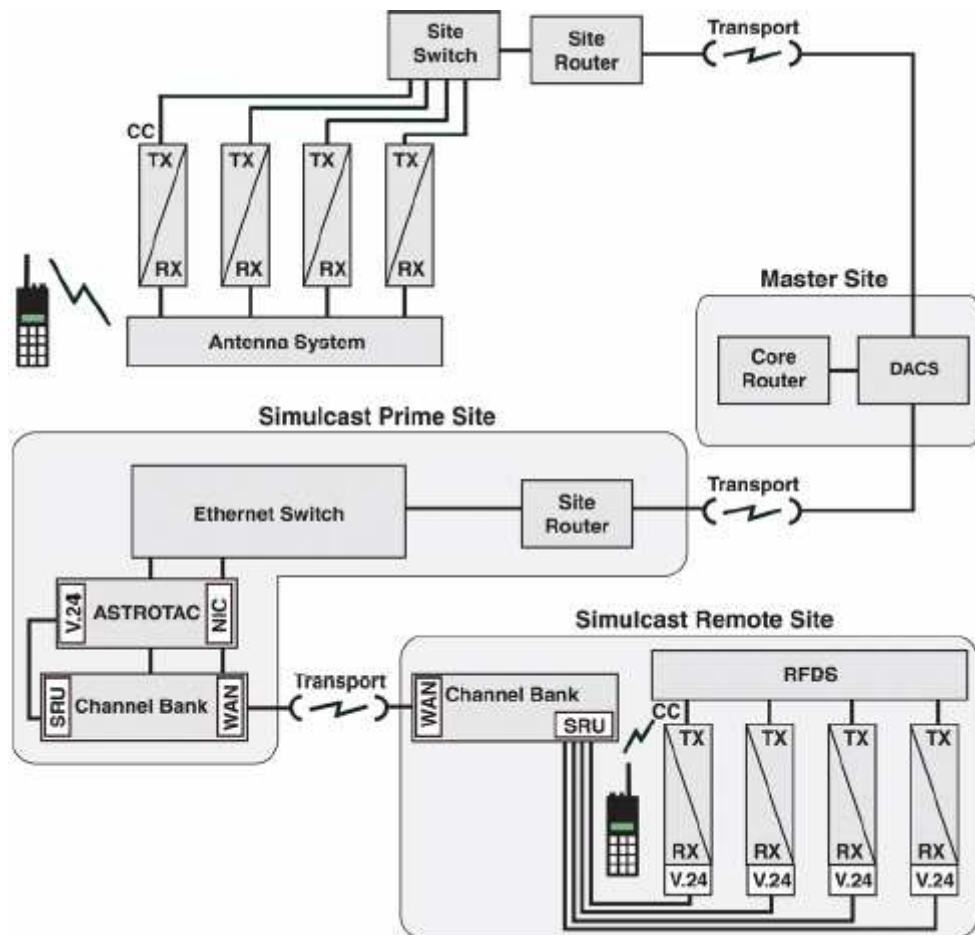


Gráfico 2. 31 Llamada de Unidad a Unidad

Fuente: Motorola Understanding Your ASTRO® 25 Trunking System
Elaboración: Motorola

La secuencia de petición de llamada es la siguiente:

1. Una petición de llamada de unidad a unidad empieza cuando el usuario selecciona el apropiado modo en la radio e ingresa el ID de la radio designada o la selecciona de una listas.

2. Cuando se presiona PTT en la radio, el requerimiento de llamada es enviado en el canal de control al sitio activo. La información es pasada al controlador de sitio para procesar y enrutar al controlador de zona en el sitio master del indicador.
3. Si el requerimiento de llamada es originado en un sitio de Repetidor ASTRO 25, el requerimiento es convertido por la estación base a Ethernet 10 Base-T y es enrutado a un switch. Entonces la información es enviada a un ruteador, donde es encapsulada en Frame Relay, para transmitirse al sitio master de la zona.
4. Si el requerimiento de llamada es originado en un subsitio remoto simulcast, la estación base toma el requerimiento de llamada desde el radio y lo enruta a través de un enlace V.24 a su interfaz SRU en el banco de canal local. El banco de canal inserta el audio en un tiempo de slot en el apropiado enlace WAN para transmitirlo al ASTRO-TAC al sitio primario simulcast.
5. Un banco de canal en el sitio primario simulcast recibe la información desde la infraestructura y la enruta a la apropiada ASTRO-TAC a través de su interfaz SRU y enlace V.24.
6. El ASTRO-TAC recibe la información a través de su interfaz inalámbrico, la encapsula como paquetes Ethernet 10 Base-T y la enruta aun switch Ethernet para un proceso más distante.
7. El controlador de sitio primario recibe el requerimiento de llamada a través del switch Ethernet, procesa el requerimiento y lo enruta al controlador de zona a través del switch Ethernet y al ruteador de sitio primario.
8. El ruteador de sitio primario encapsula la información Ethernet en paquetes Frame Relay y la enruta al sitio master a través de la infraestructura.
9. El controlador de zona chequea su VLR para ver si el individuo del requerimiento es configurado para hacer las llamadas unidad a unidad.
10. Si la llamada es permitida, el controlador de zona verifica su VLR individual para ver si la radio designada es asociada en la zona y si es aquel el sitio.

11. Si el radio designado está activado (registrado) en la zona, el controlador de zona envía un requerimiento de llamada de unidad a unidad sobre el canal de control a su sitio actual.
12. Si el radio designado no está registrado en el sistema el usuario recibe un rechazo de llamada. Si el radio designado no responde en el periodo de tiempo, la demanda de llamada se caduca.
13. Si el radio designado responde al requerimiento de llamada, entonces se inicia la llamada unidad a unidad.

Tanto en el flujo de audio de Unidad a unidad, como en la continuación de llamadas y la terminación, hay dos usuarios afectados que participan en la llamada:

1. Cuando se inicializa el usuario presiona el PTT en la radio, la señal de audio se recibe por el canal de voz designado al sitio local y es enrutada al RP del sitio master.
 2. El RP enruta los paquetes de audio al sitio asignado.
 3. Cuando el usuario designado responde, el mismo camino es usado, pero la fuente y la destino son intercambiados.
 4. Cuando ninguna parte de la llamada responde dentro del tiempo del mensaje, la llamada se caduca.
 5. Si cualquier usuario responde después de que el periodo de tiempo ha expirado, pero en el modo de llamada de unidad a unidad, se establece una nueva llamada de unidad a unidad.
5. **Interconexión Telefónica.**- la siguiente figura muestra la capacidad de interconexión telefónica que les permite a los radios usuarios acceder a la Red Telefónica Pública Conmutada (PSTN). Esta PSTN es la tradicional red telefónica a la que la mayoría de teléfonos se conectan.

A más de la infraestructura ASTRO 25 SE usual, el requerimiento de interconexión telefónica requiere dos componentes de hardware adicionales:

Servidor de Interconexión Telefónica: un dispositivo con componentes de hardware y software que interconecta el controlador de zona, AEB y la PBX.

Private Branch Exchange (PBX): un conmutador telefónico que se opera privadamente en lugar de públicamente.

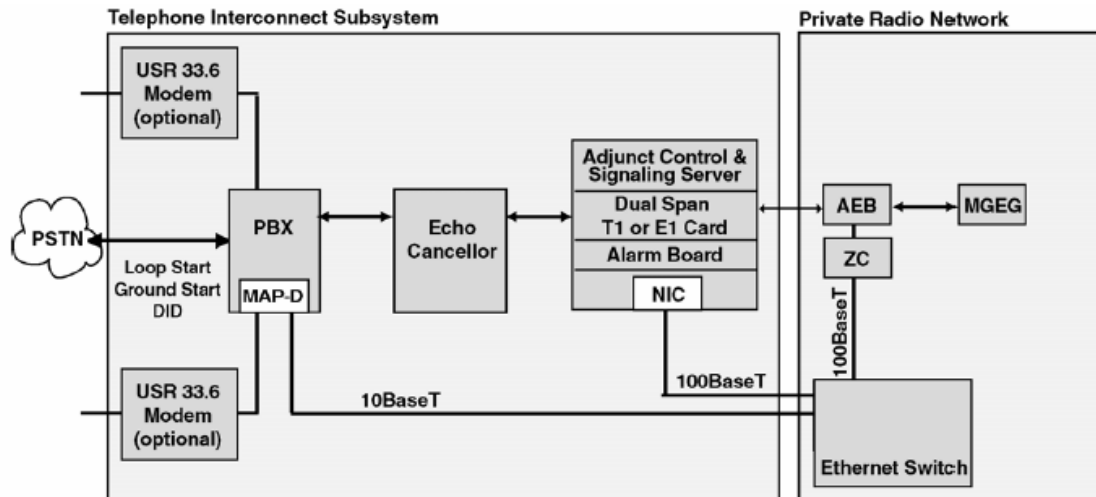


Gráfico 2. 32 Diagrama de Interconexión Telefónica

Fuente: Motorola Understanding Your ASTRO® 25 Trunking System
Elaboración: Motorola

RELACIÓN ENTRE COMPONENTES



El controlador de zona usa el software de control de llamada del cliente para unirse con el software del servidor de control de llamadas manejadas en el servidor de interconexión telefónica. Este software del servidor de control de llamadas traduce los comandos del controlador de zona en un formato compatible con la PBX y los envía al PBX. De esta manera el controlador de zona comunica a la PBX para que el teléfono interconecte llamadas que pueden hacerse desde las radios a la PSTN y desde la PSTN a las radios individuales.

Además de audio, el teléfono interconecta el sistema de soporte de generación de Multi-Frecuencias de Tono Dual (DTMF) y otros tonos de mensajería (por

ejemplo advertencia de fin de llamada). Esto se hace usando el generador de tono del cliente, el software del servidor y un tablero de audio instalado en el servidor de interconexión telefónica. Esta es una característica necesaria que los radio digitales no pueden generar su propio tono overdial (touch-tones). Esta capacidad es esencial para acceder a los sistemas de correo de voz automatizados u otros tipos de recursos automáticos.

LLAMADAS DE MARCADO DIRECTO INTERNO VS LLAMADAS DE MARCADO NO DIRECTO INTERNO

Ambos funcionamientos están disponibles en el sistema ASTRO 25.

-  **Marcado directo interno (Direct Inward Dialing - DID).**- Permite al llamador telefónico marcar directamente un número telefónico que representa a un radio usuario específico. Mientras el llamador escucha un tono resonante, la PBX remite el número al controlador de zona el cual cruza la referencia del número ID a un usuario específico.
-  **Marcado no directo interno (Non-Direct Inward Dialing - DID).**- Requiere que el llamador telefónico marque un número de acceso común. La PBX contesta la llamada y sugiere al llamador marcar el número ID móvil (“overdialing”) asignado al radio usuario que se desea conectar. La PBX remite el número ID móvil al controlador de zona.

INICIO DE LLAMADA

Proceso de iniciación de llamada para un funcionamiento DID

1. La PBX detecta una llamada entrante y recibe los dígitos DID proporcionados por la oficina central.
2. La PBX notifica al controlador de zona a cerca de la llamada y remite los dígitos DID al controlador de zona.
3. La PBX emite un tono “ringback” al usuario de línea telefónica para que ellos escuchen un tono resonante.

4. El sistema de radio realiza una búsqueda en la base de datos DID para cruzar la referencia del número DID a un usuario específico.

Proceso de iniciación de llamada para un funcionamiento non-DID

1. La PBX contesta una llamada entrante y emite un tono o un anuncio de voz sugiriendo al usuario de la red telefónica ingresar el número ID que representa al radio usuario designado.
2. Después de que el PBX recibe los números ID, notifica al controlador de zona sobre la llamada y proporciona al sistema con el número ID del radio usuario designado.
3. El PBX emite un tono “ringback” al usuario de línea telefónica para que ellos escuchen un tono resonante.

Proceso de instalación de llamada para funcionamiento DID y non-DID

El proceso de instalación de llamada es el mismo para ambos tipos de llamadas DID y non-DID.

1. El controlador de zona verifica que el radio designado este registrado en el sistema y sea autorizado para el servicio de interconexión.
2. Los recursos del sistema de radio son reservado para la llamada.
3. El sistema envía un mensaje de canal de control al sitio registrado de la radio para notificar a la radio de la llamada entrante.
4. La radio que monitorea el canal de control responde a este mensaje y empieza a timbrar.
5. Cuando el radio usuario contesta la llamada, este envía un mensaje de canal de control, después de esto se conceden los recursos del sistema de radio para la llamada.

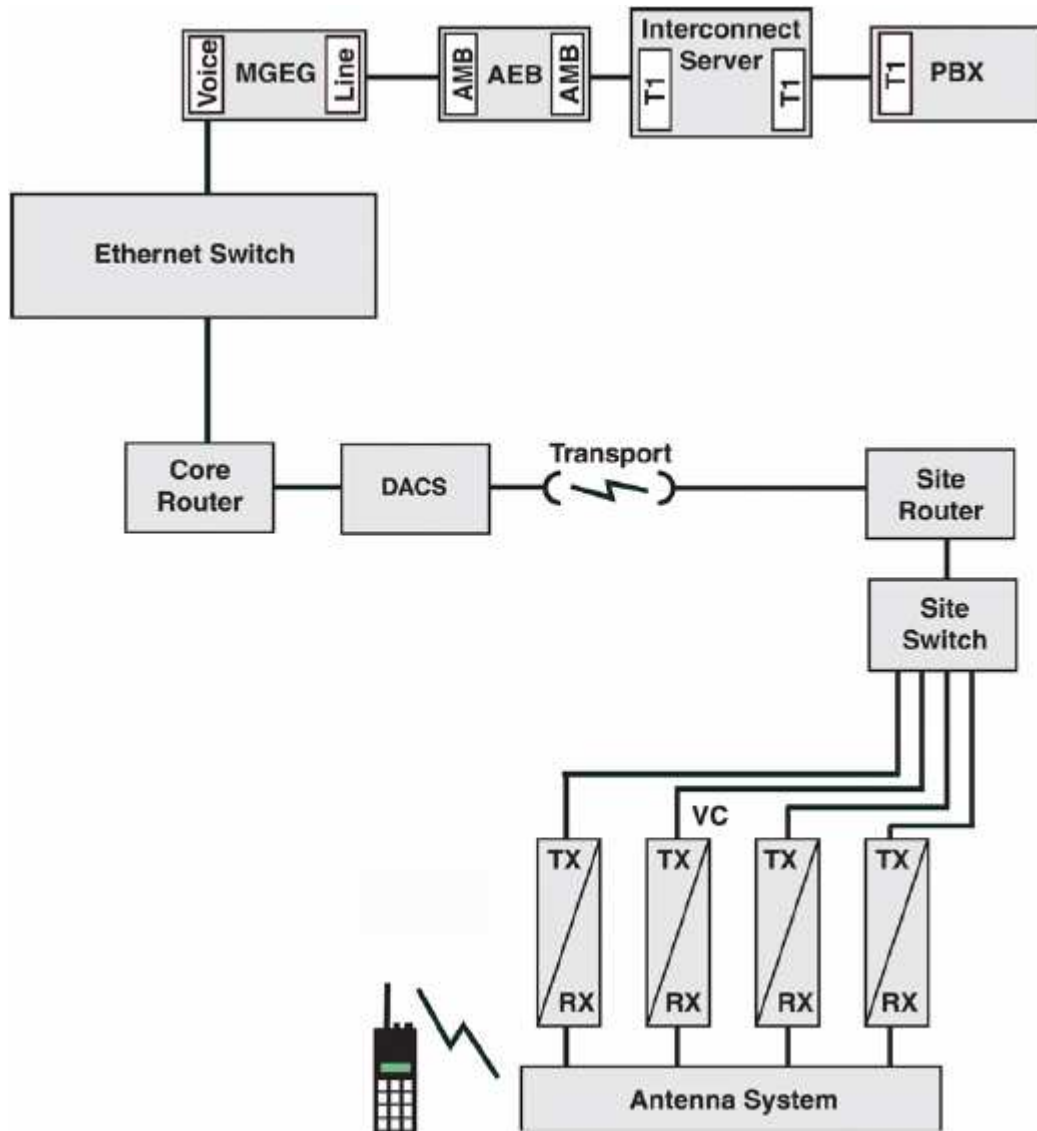


Gráfico 2. 33 Camino de la Interconexión de Audio

Fuente: Motorola Understanding Your ASTRO® 25 Trunking System
Elaboración: Motorola

CONTINUACIÓN Y MANTENIMIENTO DE INTERCONEXIÓN DE LLAMADA TELEFÓNICA

Cuando una llamada de interconexión de radio a línea telefónica o línea telefónica a radio es establecida, el radio transmite sobre el canal de voz asignado para la duración de la llamada. Si es necesario el radio puede

transmitir en el canal de control para realizar funciones especiales, como para enviar un requerimiento de cancelación interconexión de llamada.

Durante la continuación y mantenimiento de llamada de interconexión telefónica se dan lugar a los siguientes eventos:

- ✎ **Señalización de control.-** esta información de control es enviada como mensajes de datos en el mismo canal de voz, durante la activación de una llamada telefónica. Incluye información de la radio participante en la llamada.
- ✎ **Concesiones de actualización.-** las actualizaciones concesión de canal son enviadas periódicamente sobre el canal de control a través de la llamada.
- ✎ **Notificación de funcionamiento Half-Duplex.-** las llamadas de interconexión son Half-Duplex, haciendo que el radio no pueda transmitir y recibir al mismo tiempo. Debido a esto el sistema envía un tono al llamador de línea telefónica cuando se ha detectado un radio, para que este pueda seguir hablando.

FIN DE INTERCONEXIÓN DE LLAMADA TELEFÓNICA

Cualquiera, el radio o el usuario telefónico pueden terminar la interconexión de llamada telefónica, cuando ésta está en estado activo o en cualquier punto de establecimiento de llamada.

También se puede terminar la llamada debido a los siguientes casos de interrupción:

- ✎ La duración de interconexión de llamada excede un límite de duración de configuración de llamada.
- ✎ El tiempo ente los PTTs del radio excede el cronómetro de interrupción de configuración de llamada.

ROAMING DURANTE UNA LLAMADA DE INTERCONEXIÓN TELEFÓNICA.

Un radio puede andar desde un sitio a otro durante una llamada de interconexión. Esto puede ocurrir durante una llamada activa, mientras esta siendo instalada o mientras se encuentra en estado ocupada.

Roaming durante una llamada de interconexión activa.- se puede dar lugar a los siguientes casos:

- 👉 El controlador de zona determina si la radio puede soportar los servicios individuales en el nuevo sitio y si es capaz de soportar una interconexión de llamada.
- 👉 Si los recursos requeridos en el nuevo sitio están habilitados, el controlador de zona permite la llamada inmediatamente.
- 👉 Si los recursos requeridos en el nuevo sitio están ocupados, el controlador de zona pone a la llamada en una cola ocupa hasta que los recursos se pongan disponibles. El usuario telefónico no es notificado sobre la condición ocupada de la llamada.


Roaming durante una llamada de interconexión ocupada.- si el controlador de zona determina que los recursos requeridos no están disponibles durante el inicio de una llamada, la llamada es puesta en cola de ocupada.


- 👉 Si una radio involucrada en una llamada “ocupada” se mueve y registra un nuevo sitio, el controlador de zona verifica para ver nuevamente si los recursos requeridos están ahora disponibles.
- 👉 Si los recursos están disponibles en el nuevo sitio, la llamada se concederá.
- 👉 Si no hay recursos en el nuevo sitio, la llamada permanecerá en la cola ocupada.

2.2.5.4 Manejo de Llamadas Ocupadas

Las llamadas son puestas en ocupadas según se reciben, sin embargo cada tipo de llamada tiene una prioridad que influye en el orden en el cual son evaluadas en la cola de ocupada. Se evalúan las llamadas de mayor prioridad antes de que las llamadas de menor prioridad. Y las llamadas de igual prioridad se evalúan en el orden en el que fueron puestas en la cola.

Los sistemas tienen diez niveles de prioridad:


-  **Nivel de Prioridad 1.-** las llamadas de nivel de prioridad 1 son las de mas alta prioridad y son reservadas para llamadas de emergencia. Para este tipo nivel no se puede asignar otro tipo de llamadas.

-  **Niveles de Prioridad 2 a 10.-** los niveles de prioridad en este rango son asignados a grupos de conversación, individuales o llamadas de interconexión telefónica. El nivel de prioridad 2 es la prioridad asignable mas alta mientras la prioridad de nivel 10 es la prioridad puesta por defecto.

2.2.5.5 Razones Típicas para Rechazos

Cuando una radio pide un servicio en particular, el controlador de zona puede conceder la demanda, rechazar la demanda o puede responder con una señal de ocupado.

A continuación se expone las razones por las cuales una radio puede rechazarse durante la registración o durante un requerimiento de llamada:

-  La radio puede estar enviando un ID individual o un ID de grupo que no está registrado en la memoria del controlador de zona.

- 👉 La radio puede estar requiriendo un servicio que está restringido o que no está disponible para un radio particular.
- 👉 El sistema o los radios receptores pueden no soportar el tipo de llamada requerida por la radio inicial.
- 👉 El sistema puede estar en una situación de falla, dependiendo de la situación los sitios pueden estar en trunking de sitio y solo pueden permitir ciertos tipos de llamadas o el controlador de zona puede estar usando permisos de acceso predefinidos.
- 👉 La radio puede estar llamando a un individuo a un grupo de conversación que no existe o que no está registrado en el sistema.
- 👉 La radio no puede estar configurada para hacer un requerimiento de llamada.
- 👉 La radio no está operando en uno de sus sitios validos.

2.2.6 Seguridad del Sistema


2.2.6.1 Seguridad de Red

La seguridad de red de radio es vital para salvaguardar valiosa información del sistema y recursos de comunicación dentro de y a través del sistema ASTRO® 25. La seguridad de red se logra a través de la aplicación de características de seguridad de la red ASTRO 25 y empleando prácticas más buenas que contribuyen a un nivel apropiado de protección; implementando y manteniendo un ambiente seguro para la comunicación de voz y datos por la red de radio Motorola® y dentro de su infraestructura de red.

Los productos y servicios de seguridad de red para el sistema ASTRO 25 pueden agruparse en las categorías siguientes:

- 👉 **Servidor de administración de seguridad central.**- un conjunto de hardware y componentes de software usado para administrar y controlar el acceso del sistema y para manejar varios aspectos del firewall de red.

(Véase la sección Descripción Funcional de Hardware - Componentes de Seguridad de Red)

 **Barrera de interfaz de red.**- un juego opcional de componentes que proporcionan el límite de entrada y detectan rasgos de ataque para complementar protección del sistema. (Véase la sección Descripción Funcional de Hardware - Componentes de Seguridad de Red)

Los componentes de seguridad de red incluyen el servidor de administración de seguridad central, el servidor firewall, y el sistema de detección de intrusos.

2.2.6.2 Seguridad de Radio

La tecnología digital de ASTRO 25 provee un nivel de seguridad inherente para impedir a escuchadores informales con escáneres analógicos escuchar las conversaciones. Sin embargo, los escáneres digitales pueden ser desarrollados debido a que las radios pueden perderse o ser robadas, por todo esto es necesario desarrollar un algoritmo de encriptación para impedir a los delincuentes escuchar. Añadir esta capacidad de encriptación a la radio es la única manera de estar seguro que nadie está escuchando a escondidas.

Los usuarios pueden comunicarse con alta calidad de audio sin considerar el modo de la operación de los algoritmos de encriptación. La confiabilidad es incrementada porque no hay pérdida de voz programada para asegurar el preámbulo indicando que está relacionado con otras tecnologías digitales.

La encriptación digital de ASTRO 25 desarrolla tecnologías que lo hacen completamente compatible con tecnologías anteriores. Esto quiere decir que el equipo abonado ASTRO 25 es compatible con el equipo seguro existente y es interoperable con las radios seguras existentes en modos análogo o digital. Además, las radios de ASTRO 25 tienen cuatro capacidades de encriptación mejoradas.





Pueden equiparse sistemas ASTRO que usan CAI de APCO Proyecto 25 con el algoritmo de encriptación DES⁸ especificado para permitir interoperabilidad encriptada con radios Proyecto 25 de otros fabricantes. Además de DES-OFB, pueden equiparse los sistemas ASTRO con las aplicaciones de encriptación de propiedad de Motorola: DES-XL, DVP-XL, y DVI-XL. Éstas son técnicas de encriptación muy sofisticadas que son casi imposibles romper. Además, los usuarios disfrutan el mismo nivel alto de calidad de audio con la encriptación digital ASTRO como lo hacen con ASTRO puro.

2.2.7 Descripción Funcional de Hardware

El sistema ASTRO 25 consiste de una compleja red de servidores, estaciones de trabajo dispositivos LAN/WAN de alta velocidad, sofisticadas bases de datos y software de administración.

2.2.7.1 Sitio MASTER

Un sistema ASTRO 25 SE soporta una sola zona. El sitio master de la zona contiene el centro de cómputo de la zona, donde se tienen los siguientes subsistemas:

-  Procesamiento de llamadas
-  Administración de red
-  Interconexión telefónica
-  Dispatch

El sitio master contiene todos los componentes necesarios para controlar las llamadas dentro de la zona, adicionalmente proporciona los componentes de hardware y software que son usados para administrar la red y configurar el sistema.

⁸ Estándar de Encriptación de Datos (Data Encryption Standard)

Todos los componentes de comunicación son conectados a través de switches centrales llamados switches LAN Ethernet del sitio master, los cuales proporcionan dos LANs interiores separadas para proporcionar redundancia. A continuación se esquematiza toda la estructura del sitio master:

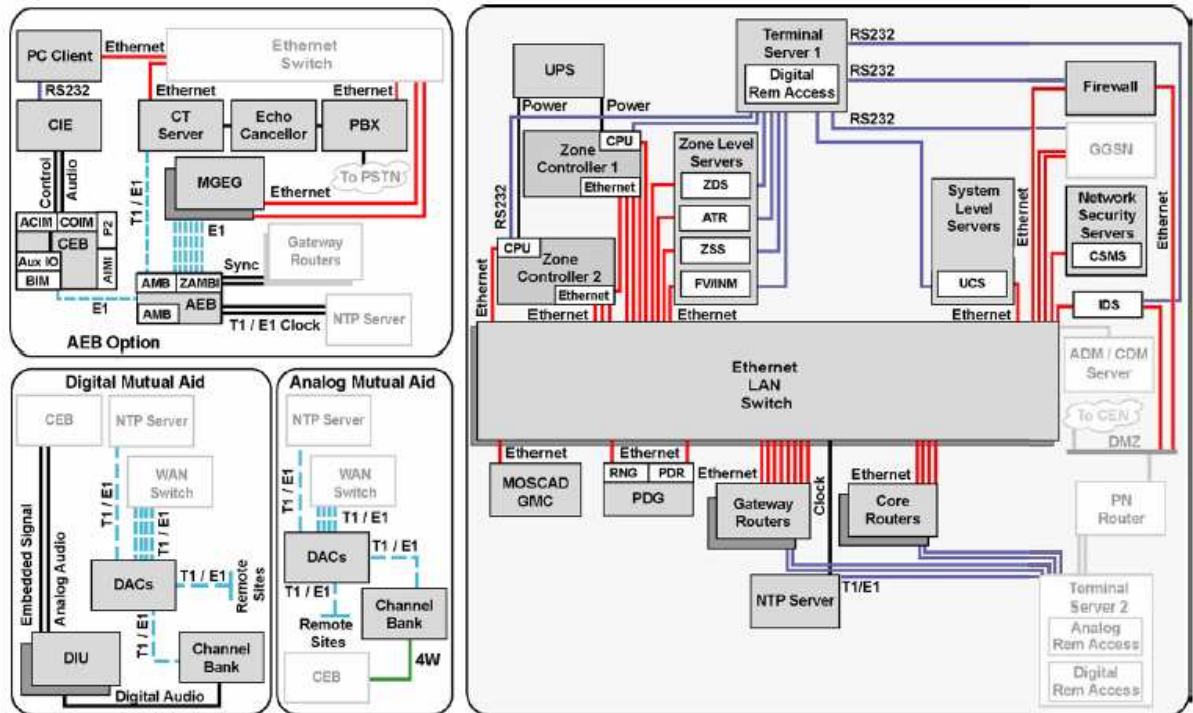


Gráfico 2. 34 Sitio Master ASTRO 25 SE

Fuente: Motorola Understanding Your ASTRO® 25 Trunking System
Elaboración: Motorola

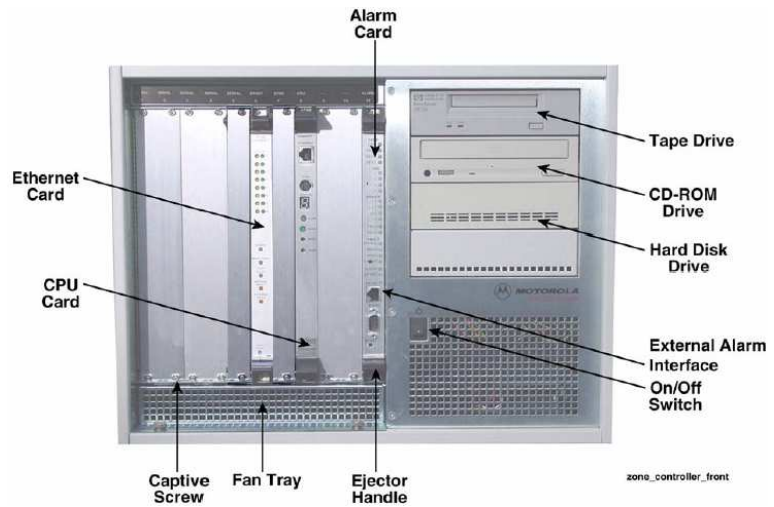
2.2.7.1.1 Controlador de zona MZC 3000

El MZC 3000 es responsable de procesamiento de llamadas, del manejo de los caminos de audio, control de la infraestructura de zona y de proveer servicio a los operadores de consola y subscriptores. El MZC 3000 dirige y controla la mayoría de componentes de la zona. Gráfico 2.35.

Gabinete Controlador de Zona MZC 3000



Controlador de Zona MZC 3000 - Vista Frontal



Controlador de Zona MZC 3000 - Vista Posterior

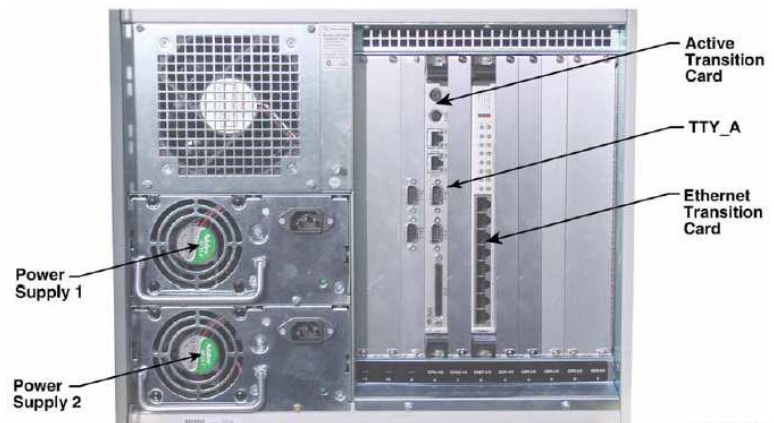


Gráfico 2. 35 Controlador de Zona MZC 3000

Fuente: Motorola Understanding Your ASTRO® 25 Trunking System
Elaboración: Motorola

2.2.7.2 Red de Transporte

2.2.7.2.1 Sitio MASTER LAN Y WAN

Los sitios master LAN y WAN incluyen los siguientes componentes:

Ruteadores

El transporte de la red y funciones de control para el sistema de comunicación trunking ASTRO 25 se proporcionan por los siguientes ruteadores:

👉 **Ruteador Gateway.-** proporciona el soporte funcional para el MGEG, controlador de zona, gateway de paquete de datos, y asignación de rutas de administración de red. A continuación se muestra un Ruteador de Red Motorota (MNR) S6000 con un módulo ST6011 y un slots I/O.

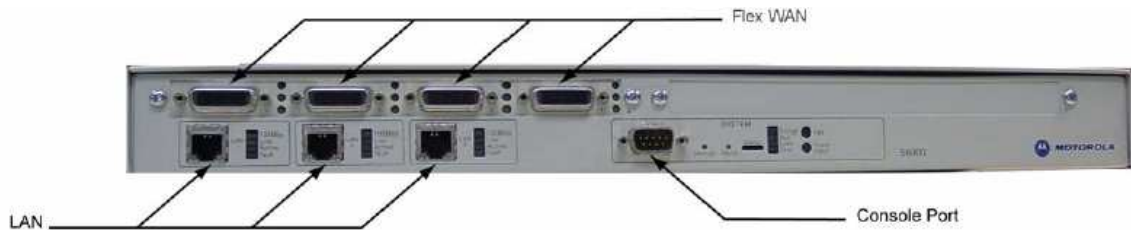


Gráfico 2. 36 Ruteador Gateway con módulo ST6011 (FlexWAN)

Fuente: Motorola Understanding Your ASTRO® 25 Trunking System
Elaboración: Motorola

👉 **Ruteador central.-** se ocupan del tráfico de red entre el sitio master y otros sitios dentro de una zona (soporte intrazona).



Gráfico 2. 37 Ruteador Central con módulo ST6010 (UltraWAN)

Fuente: Motorola Understanding Your ASTRO® 25 Trunking System
Elaboración: Motorola

👉 **Ruteador (GPRS Gateway Support Node - GGSN).-** se ocupan del tráfico de red entre la red de radios Motorota y la red externa para soportar servicio de datos. A continuación se muestra un ruteador GGSN.



Gráfico 2. 38 Ruteador GGSN (Ruteador Base S6000)

Fuente: Motorola Understanding Your ASTRO® 25 Trunking System
Elaboración: Motorola

- 👉 **Ruteador de Sitios Primario Simulcast.-** se ocupan del tráfico de red entre un subsistema simulcast y el sitio master.
- 👉 **Ruteador de Acceso Remoto Digital.-** extiende la conectividad del cliente administrador de red a la red de radio Motorola.
- 👉 **Ruteadores Periféricos y de Borde.-** provee un interfaz a la Infraestructura de Red de Radio Motorola (RNI) y extiende la red periférica (DMZ).
- 👉 **Ruteador de sitio.-** se ocupan de varios de tipos de tráfico.

Switch LAN Ethernet

Se usan tres switch Ethernet para dar soporte al sitio master LAN en el sistema ASTRO 25. Se conectan todo los equipos IP en el sitio master, como ruteadores, servidores, controladores de zona, clientes, y otros equipos IP, a uno o más de estos switch.

Dos de los switchs LAN Ethernet proveen del backbone al sitio master. Estos switchs se interconectan a por una línea de un gigabit Ethernet para proveer un enlace de alta velocidad para mantener redundancia de subnets entre los switchs.

El tercer switch provee de una LAN para los clientes administradores de red y muchos de los servidores de administración de red. Este tercer switch se conecta a uno de los switch de backbone a través de una conexión 10/100Base-T.

Entre los switches LAN se configuran dos LANs virtuales redundantes (TLAN1 y TLAN2) para llevar el tráfico entre los dos routers centrales y los dos routers Gateway.

El switch Ethernet HP Procurve 2524 (Figura 2.39) o el HP 2626 (Figura 2.40) proporcionan 24 conexiones 10/100 Base-TX RJ-45 y dos tarjetas transceivers que soportan Trunking gigabit Ethernet (usado solo en los dos switches backbone)



Gráfico 2. 39 Switch Ethernet HP Procurve 2524

Fuente: Motorola Understanding Your ASTRO® 25 Trunking System
Elaboración: Motorola



Gráfico 2. 40 Switch Ethernet HP 2626 Procurve

Fuente: Motorola Understanding Your ASTRO® 25 Trunking System
Elaboración: Motorola

Gateway Motorola para Paquetes de Datos

Este Gateway Motorola es un hardware modular y una plataforma de software diseñado para enlazar la red de datos IP Inalámbrica a la red IV&D troncalizada ASTRO 25 de Motorola con Protocolos de Internet Versión 4 (IPv4). Se requiere un Gateway de paquetes de datos por zona para el funcionamiento del servicio de paquetes de datos.

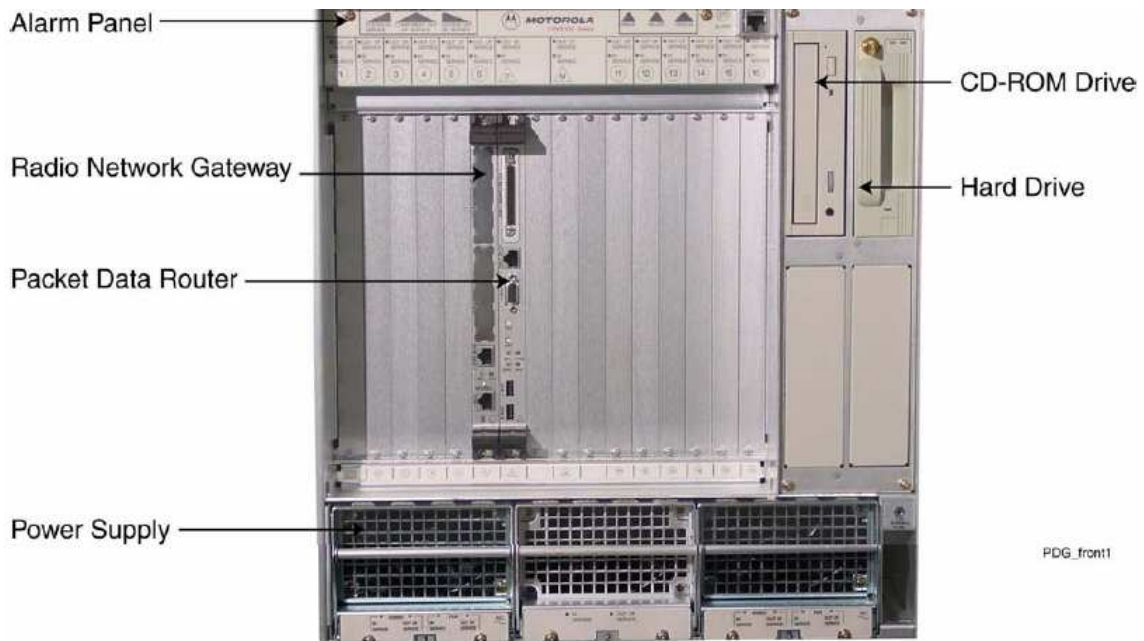


Gráfico 2. 41 Gateway de Paquetes de Datos

Fuente: Motorola Understanding Your ASTRO® 25 Trunking System
Elaboración: Motorola

El Gateway para paquetes de datos es un dispositivo CompactPCI con los siguientes componentes:

- 👉 Chasis.- Un chasis CompactPCI que contiene dos fuentes de poder y ventiladores.
- 👉 Un Hard Drive SCSI.- conectado a ruteador de paquetes de datos
- 👉 Un CD-ROM SCSI.- conectado al gateway de paquete de datos
- 👉 Modulo ruteador de paquetes de datos (PDR)
- 👉 Gateway de red de radio (RNG)
- 👉 Fuentes de poder

2.2.7.3 Subsistema de Administración de Red

La administración de red provee las herramientas para fallas, configuración, contabilidad, desempeño y administración de seguridad normalmente conocidos como FCAPS. Las funciones de administración de red

en ASTRO 25 están distribuidas a través de numerosas aplicaciones y servidores.

Este subsistema puede ser dividido en dos categorías:

1. Administración de Red de Transporte.-

Esto involucra la administración de los dispositivos de la red de transporte en el sitio master, sitio RF y sitios de despacho; incluyendo además la administración de los enlaces entre los sitios. Las aplicaciones de esta administración incluyen:

- 👉 Administrador de Nodo de Red HP ® OpenView®.- provee de un mapa de topología, un navegador de alarmas y un interfaz MIB.
- 👉 Ruteador Motorola para administrar la red de ruteadores Motorola
- 👉 FullVision INM, para manejo del sistema de comunicación Motorola, agregando un mapa de topología jerárquico de los dispositivos.

2. Administración de la Red de Radio Privada.-

La administración de Red de Radio Privada (PRNM) comprende del software y de la infraestructura necesaria para soportar FCAPS, en el cual se incluyen los siguientes servidores:

- a) Servidor de configuración de usuario (UCS).-** este servidor es el host para la información ingresada a través de la aplicación del administrador de configuración de usuario (UCM), además provee el almacenamiento de la base de datos y de los procesos finales requeridos por muchas funciones del sistema. Incluye los archivos de radios móviles, de grupos de conversación y servicios para distribuir automáticamente y copiar estos archivos en el UCS.

b) Servidor de base de datos de zona (ZDS).- mantiene la infraestructura de base de datos de la zona, retiene una replica de la base de datos actual del UCS y mapas de zona, exporta la información del suscriptor que recibió desde el UCS al controlador de zona. Además realiza una variedad de tareas como:

- 👉 Organiza la base de datos de configuración de zona.
- 👉 Administra las normas y licencias de aplicaciones opcionales.
- 👉 Autentica a usuarios administradores de red que acceden al sistema
- 👉 Realiza los servicios de soporte para aplicaciones del usuario
- 👉 Maneja procesos de registro de interconexiones telefónicas

c) Ruteador de Tráfico Aéreo (ATR).- recibe la información de tráfico aéreo del controlador de zona, crea los paquetes de acceso de información de tráfico aéreo y los transmite en la red. Varios clientes escuchan estos datos para realizar sus funciones. Además realiza:

- 👉 Funciones de servidor de afiliación.
- 👉 Procesa transacciones de llamadas en tiempo real
- 👉 Rutea y ordena paquetes de estado de/al controlador de zona
- 👉 Rutea los paquetes de registro de llamadas del controlador de zona al ZSS

d) Servidor de estadísticas de zona (ZSS).- es el depósito de los datos para las estadísticas necesarias para manejar los reportes históricos como por ejemplo: los números de llamadas, PTT y ocupaciones de intervalos de tiempo. Se pueden acumular los datos de intervalos de una hora hasta 10 días o pueden acumularse mensualmente y retenerlos durante un año.

e) **Servidor FullVision INM.-** es una herramienta de GUI⁹ basado en Windows usado para monitorear el estado de los dispositivos en la red. Permite ver alarmas de información en una variedad de formatos:

- 👉 Vista de mapas
- 👉 Registro de alarmas de filtrados
- 👉 Representaciones gráficas de información de alarmas
- 👉 Formulario de informe.

El servidor UCS es instalado en un chasis CompactPCI (Figura 2.42) mientras que los servidores ZDS, ATR, ZSS y FullVision INM son instalados en otro chasis CompactPCI (Figura 2.43).

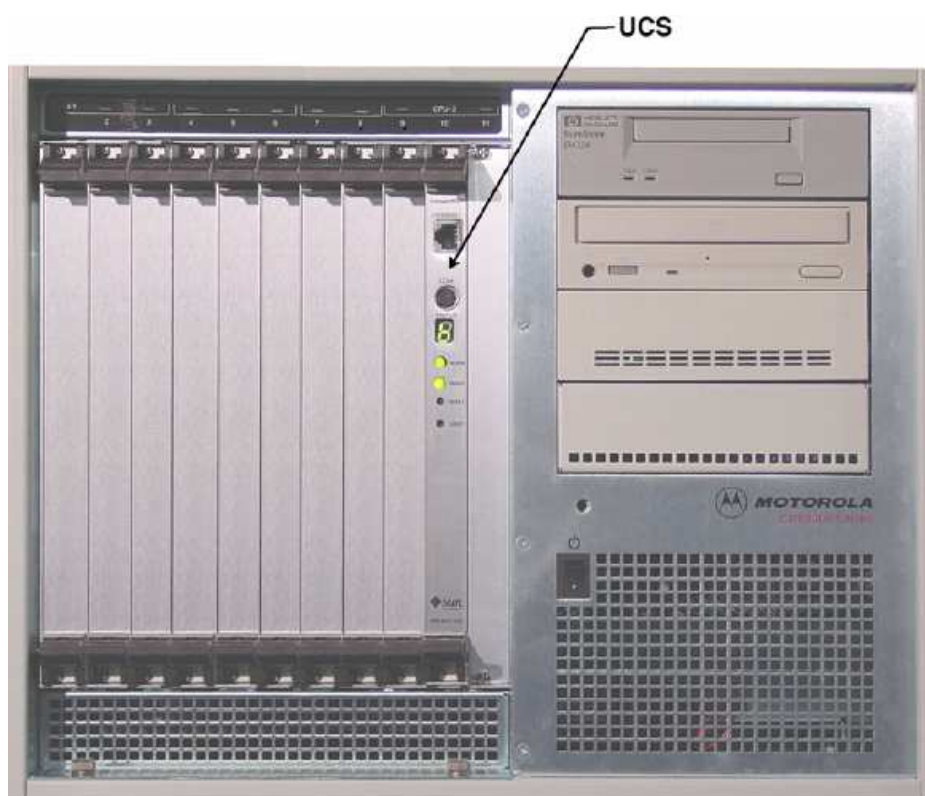


Gráfico 2. 42 PRNM Server – UCS

Fuente: Motorola Understanding Your ASTRO® 25 Trunking System
Elaboración: Motorola

⁹ Graphical User Interface

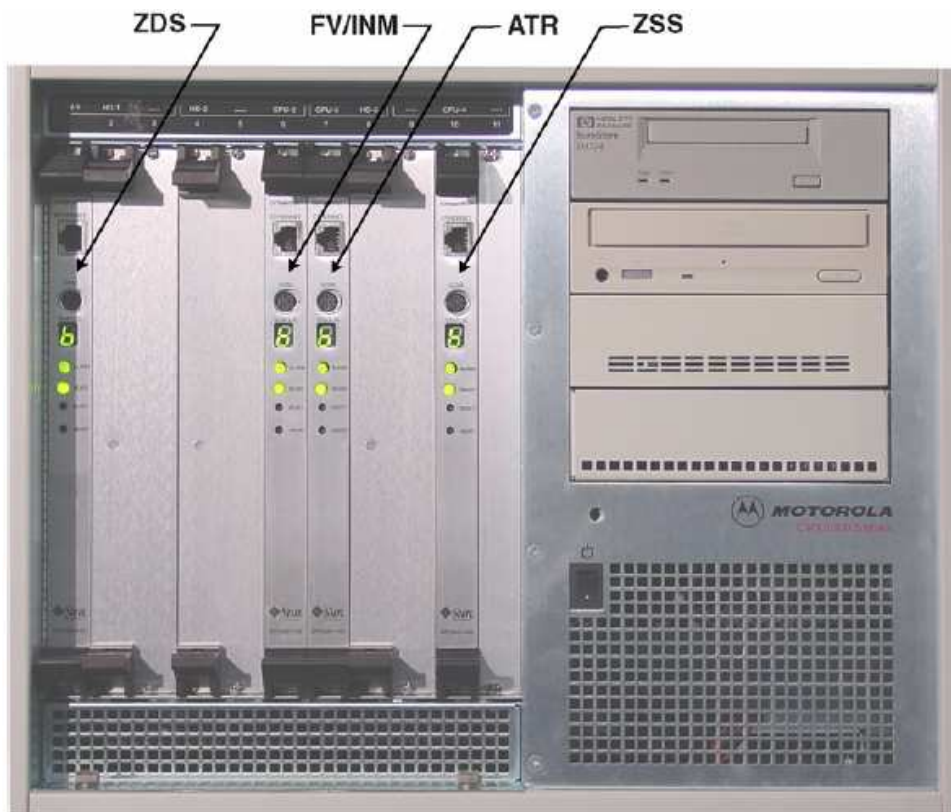


Gráfico 2. 43 PRNM Servers – ZDS, FullVision INM, ATR y ZSS

Fuente: Motorola Understanding Your ASTRO® 25 Trunking System
Elaboración: Motorola

Referencia de Tiempo de red TRAK 9100

Es una frecuencia basada en el sistema GPS (Satélite de Posicionamiento Global) y una unidad de tiempo de referencia. Es diseñado para proporcionar 1 pps, 5 Mpps y señales compuestas 1 pps + 5 Mpps.

El TRAK 9100 provee los siguientes requerimientos al sistema ASTRO 25:

- 👉 Tiempo de UTC para la sincronización de tiempo de red a través del NTP 10Base-T.
- 👉 Señales T1 o E1 para la sincronización del transporte de red a través de los módulos de telecomunicaciones.

- ✎ Señales IRIG-B para los tiempos de datos analógicos en las grabaciones de registros.

La figura 2.44 presenta la vista del sistema modular de frecuencia y tiempo GPS TRAK 9100.

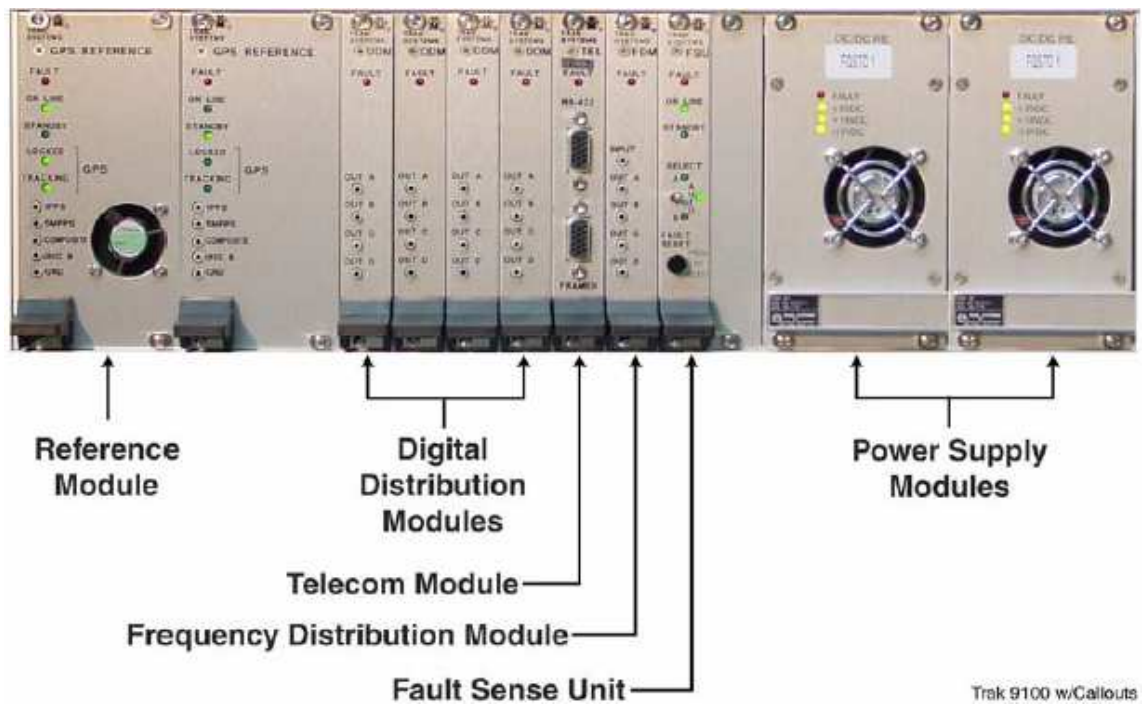


Gráfico 2. 44 Sistema de Referencia de Tiempo de Red TRAK 9100 (Vista Frontal)

Fuente: Motorola Understanding Your ASTRO® 25 Trunking System
 Elaboración: Motorola



Gráfico 2. 45 Sistema de Referencia de Tiempo de Red TRAK 9100 (Vista Posterior)

Fuente: Motorola Understanding Your ASTRO® 25 Trunking System
 Elaboración: Motorola

2.2.7.4 Subsistema Operador de Consola

2.2.7.4.1 Gateway Gold Elite Motorola

El Gateway Gold Elite Motorola (MGEG) es un dispositivo interfaz que permite la existencia de un sistema de despacho CENTRACOM Elite™ (de conmutación de circuitos) para comunicar sobre un sistema basado en paquetes IP como es ASTRO 25. El MGEG provee dos servicios adicionales:

- ✎ Capacidad de encriptación /desencriptación desde la consola
- ✎ Conectividad de audio para interconexión telefónica en el sistema ASTRO 25 que incluye la opción de interconexión.

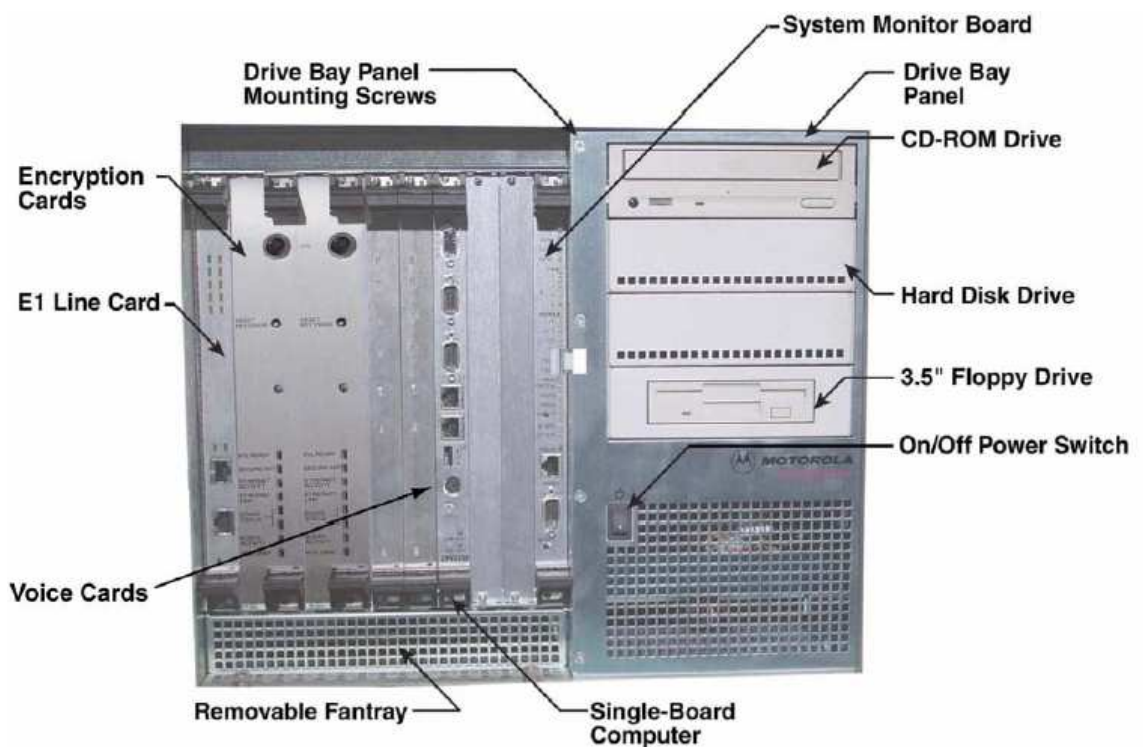


Gráfico 2. 46 Gateway Gold Elite Motorola (Vista Frontal)

Fuente: Motorola Understanding Your ASTRO® 25 Trunking System
Elaboración: Motorola

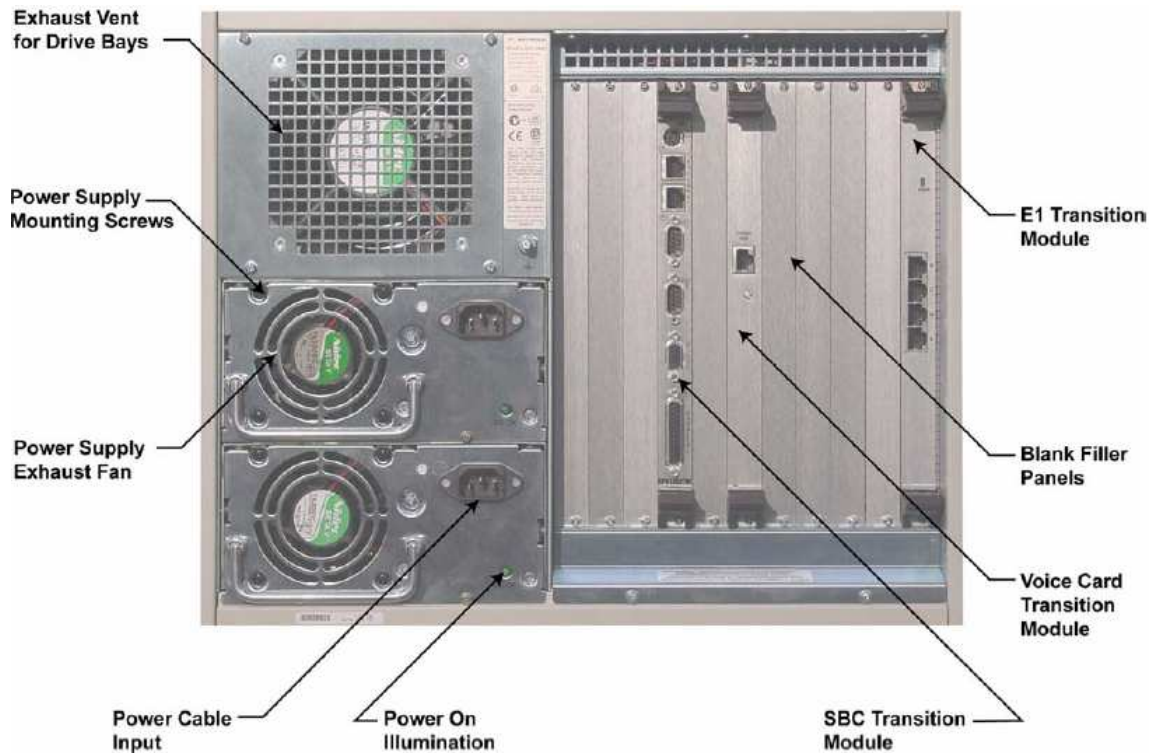


Gráfico 2. 47 Gateway Gold Elite Motorola (vista posterior)

Fuente: Motorola Understanding Your ASTRO® 25 Trunking System
 Elaboración: Motorola

La siguiente es una lista de componentes del MGEG:

- (1) Chasis CompactPCI
- (1) Hard Drive
- (1) 3.5 in Floppy Drive
- (1) CD-ROM
- (2) Fuente de Poder
- (2) Tarjeta de voz (VC) con un módulo de transición
- (2) Tarjeta de encriptación
- (1) Panel de control del sistema (SMB)
- (1) Computador de Panel Simple (también conocido como Panel "CPU")
- (1) Tarjeta de línea E1 con un módulo de transición.

2.2.7.4.2 Banco Electrónico Ambassador

El corazón del sistema embajador CENTRACOM Gold Series™ es el Banco Electrónico AMBASSADOR (AEB) conectado a uno a más Bancos Electrónicos Centrales (CEBs) CENTRACOM Gold Series Motorola. En este sistema de AMBASSADOR CENTRACOM Gold Series, el CEB y los lugares del operador funcionan de la siguiente manera:

- ✎ Una posición del operador incluye el control para cada canal de radio junto con los altavoces y micrófono usados por el operador para acceder a esos canales.
- ✎ El CEB incluye el interfaz para la estación base de radio, cada posición del operador y la electrónica de conmutación para dirigir el audio entre la estación base y las posiciones del operador.

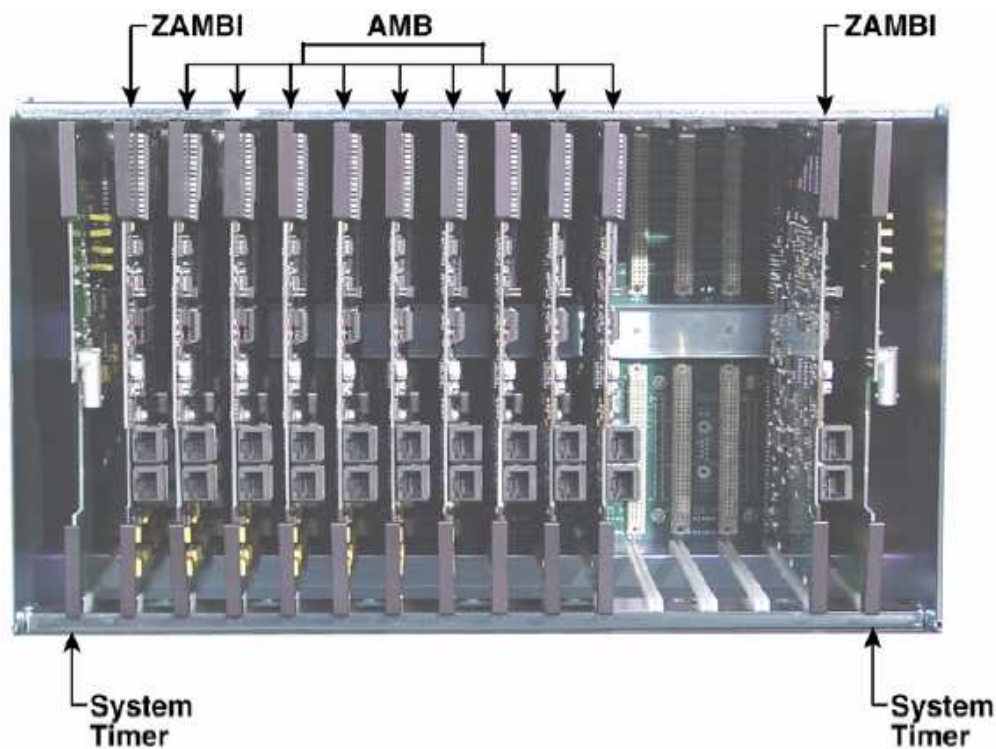


Gráfico 2. 48 Banco Electrónico AMBASSADOR

Fuente: Motorola Understanding Your ASTRO® 25 Trunking System
Elaboración: Motorola

Las redes del sistema AMBASSADOR pueden ser vistas como estrella, donde el centro de esta estrella es el AEB (el cual procesa todo el audio del audio CENTRACOM) y los brazos de la estrella son los bancos de canales, CEBs y controladores de zona. Dos únicos paneles soportan los enlaces entre AEB y el CEB: el panel AMBASSADOR (AMB) y el Panel Interfaz Mux del AMBASSADOR (AIMI). Ambos paneles envían y reciben audio y datos a través del enlace al otro panel. El AMB une los AEB que están cerca del enlace y el AIMI une los CEB que están cerca de l enlace. En el sistema ASTRO 25 el AEB proporciona el enlace de audio entre el audio telefónico y las repetidoras a los sitios.

El AEB envía el tono de audio digitalizado PCM a la tarjeta de voz para conversaciones en paquetes IP. Las consolas en el mismo AEB que son miembros del grupo seleccionado reciben valores digitalizados de estos tonos sin pasar por el MGEG.

Arquitectura del AMBASSADOR.-

El AEB esta compuesto de tres tipos de Paneles: AMBASSADOR, Reloj del Sistema e Interfaz AMBASSADOR del Controlador de Zona (ZAMBI). Estos paneles residen en el AEB y se interconectan con buses proveídos en el backplane. La interconexión de audio es proporcionada en 32 de estos buses.

La máxima velocidad (throughput) en el bus de audio es obtenida usando la Multiplexación por División de Tiempo (TDM). Cada bus se divide en tramas de tiempo y cada trama se divide en 32 slots y dentro de cada slot hay una muestra digital de una fuente de audio en el sistema.

Panel AMBASSADOR.- cada panel procesa el audio que viene y va a los enlaces; cada panel soporta dos enlaces full duplex independientes que conforman la norma de transmisión E1 o T1, enlaces RS-422 codificados con MANCHESTER.

Las comunicaciones de datos en el panel AMBASSADOR siguen el protocolo HDLC (High-Level Data Link Control), tanto en modo balanceado (LAPB) para enlaces de datos AEB-CEB y en modo transparente para enlaces de datos intra-AEB en configuraciones multipunto con un AMB primario (master) y todos los otros como estaciones secundarias (esclavos).

Reloj del Sistema.- cada sistema de AMBASSADOR utiliza dos Paneles de Reloj del sistema AEB que incluyen: la velocidad de bit del sistema TDM y el reloj de transmisión de enlace E1 (2.048 MHz), el reloj de sincronización de trama del sistema (8 KHz) y el reloj de transmisión de enlace T1 (1.544 MHz). Todos los relojes del sistema se derivan de un reloj master que se sincroniza de una de tres posibles fuentes:

- ✎ Oscilador de cristal interno 2.048 MHz.
- ✎ 1.544/2.048 MHz recuperado de un enlace de AMBASSADOR
- ✎ Fuente de referencia externa de 1.544/2.048 MHz.

Tarjeta ZAMBI.- esta tarjeta actúa como un interfaz entre el AEB y el controlador de zona en un sistema ASTRO 25. El hardware para el ZAMBI es idéntico que el del AMB, pero difieren solo en sus firmware.

2.2.7.4.3 Arquitectura del Banco Electrónico Central

La funcionalidad del hardware en un CEB CENTRACOM Gold Series es la asignación de ruta de todo el audio que se hace dentro del CEB. En un sistema de AMBASSADOR, el propósito primario del CEB es convertir todo el audio analógico recibido a un formato digital y pasarlo al AEB para sumarlo y dirigirlos a todos los CEBs y bancos de canales en el sistema. Las entradas y salidas analógicas del CEB consisten del audio recibido de las estaciones base convencionales y/o líneas telefónicas, y el audio de micrófonos del operador.

Un CEB básico en un sistema AMBASSADOR consiste de:

- ✎ Módulos de Interfaz Base (BIMs) para enlazar con las estaciones base convencionales externas al sistema troncalizado.
- ✎ Módulos de Interfaz del Operador de Consola (COIMs) para unir con los puestos del operador.
- ✎ AIMs para enlazar con el AEB.
- ✎ Módulos de Interfaz de Registros del Operador (LOIMs) para enlazar los dispositivos magnéticos.

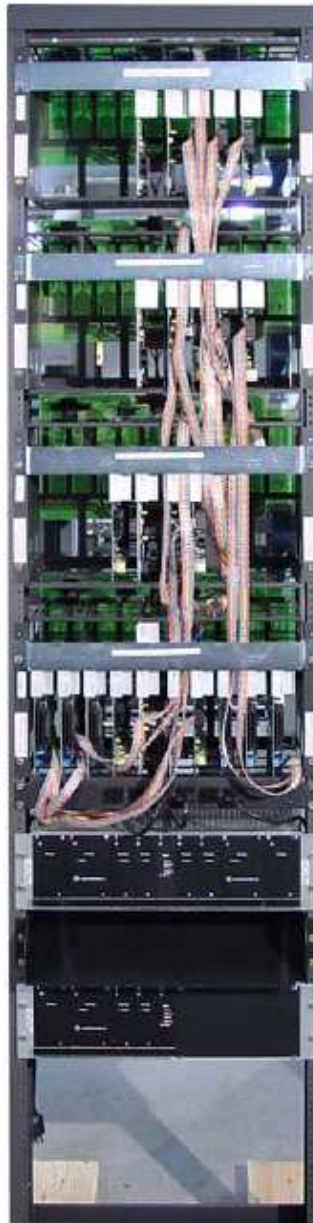


Gráfico 2. 49 Banco Electrónico Central

Fuente: Motorola Understanding Your ASTRO® 25 Trunking System
Elaboración: Motorola

2.2.7.4.4 Electrónica de Interfaz de consola

La unidad Electrónica de Interfaz de Consola (CIE) provee un interfaz de audio al despachador, a través de un micrófono, este audio se transmite al CEB.

Se requiere una unidad CIE por cada consola de despacho en el sistema y puede ser localizada en el sitio master o en sitios de despacho remotos. A continuación se muestra la unidad CIE.



Gráfico 2. 50 Unidad Electrónica de Interfaz de Consola (Vista Frontal)

Fuente: Motorola Understanding Your ASTRO® 25 Trunking System
Elaboración: Motorola

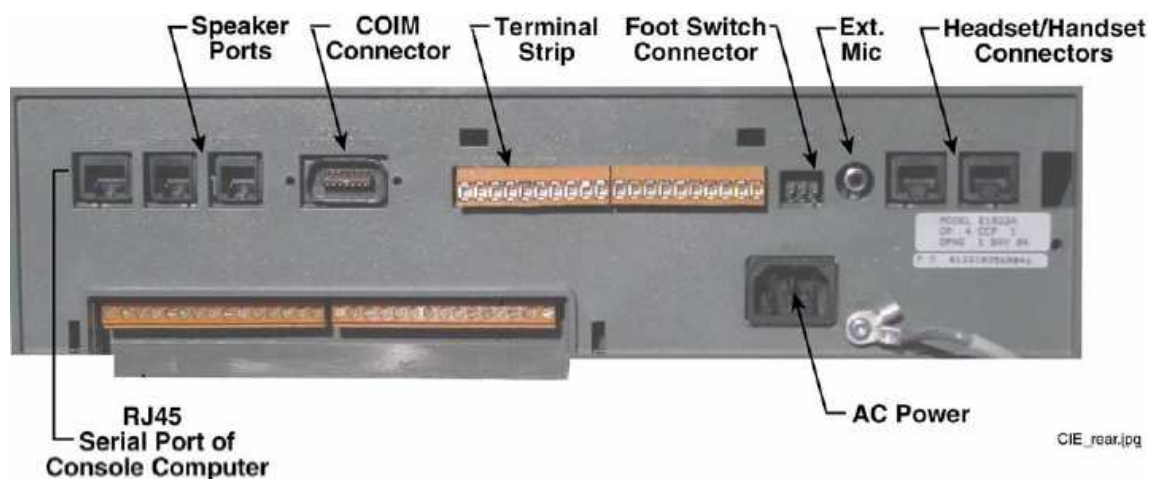


Gráfico 2. 51 Unidad Electrónica de Interfaz de Consola (Vista Posterior)

Fuente: Motorola Understanding Your ASTRO® 25 Trunking System
Elaboración: Motorola

2.2.7.5 Interconexión Telefónica

El subsistema de interconexión telefónica ASTRO 25 proporciona un medio para conectar el sistema de radio con la Red Telefónica Pública Conmutada (PSTN). Este subsistema le permite a un suscriptor comenzar y recibir llamadas a través de la PSTN. El Private Branch Exchange (PBX) Avaya®, un control y un servidor de señalización satisfacen los requisitos del subsistema de interconexión telefónica.

El PBX permite todas las funciones de conmutación telefónica y las operaciones de manejo de número requeridos por la PSTN. El interfaz en el sistema PBX – radio es ejecutado con el Servidor de Señalización de Control Adjunto (ACSS).

La arquitectura del sistema ASTRO 25 soporta un máximo de un subsistema de interconexión telefónica por zona, este subsistema es localizado en el sitio primario y es capaz de soportar un enlace DS1 al sistema de radio. Con un interfaz analógico entre el PBX y la PSTN se puede soportar un máximo de 24 troncales analógicas (ocho puertos en tres tarjetas de interfaz analógico). Con este interfaz analógico se puede soportar 24 troncales cuando se emplea un T1 y 30 troncales cuando se emplea un E1.

2.2.7.5.1 Servidor de Señalización de Control Adjunto

El ACSS es un computador Pentium® con sistema operativo Windows. Este ACSS provee un enlace de control de llamada entre el controlador de zona y el PBX para que las llamadas puedan ser enrutadas entre un radio móvil y la PSTN. Este servidor también proporciona la señalización y tonos DTMF que no son soportados dentro del PBX.

Para realizar este propósito se usa un software de conexión telefónica (CT), el cual se instala en el controlador de zona y que se puede comunicar con diferentes tipos de PBXs usando varios diferentes protocolos.

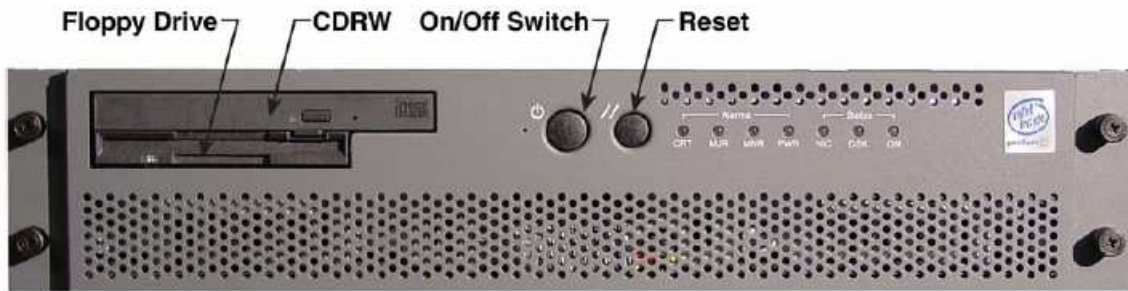


Gráfico 2. 52 Servidor de Señalización de Control Adjunto

Fuente: Motorola Understanding Your ASTRO® 25 Trunking System
Elaboración: Motorola

2.2.7.5.2 PBX Avaya

El PBX Avaya soporta grupos de caza. Cuando mas de una línea es instalada, estas se juntan de tal forma que si la primera Oficina central (CO) (Ground Start/Loop Start) está ocupada, la llamada se enruta a la siguiente línea. Esto se llama un grupo de caza y también es llamado a veces “sucesión de caza ocupada.” Similarmente, las líneas pueden enlazarse en secuencias de una “transmisión de 3 anillos” o “transmisión de ninguna respuesta”.

Si el DTI-1000 no contesta una llamada entrante dentro de los tres anillos, la llamada se transferirá a la próxima línea en el grupo de caza. Esto es útil cuando en el circuito existe funcionamientos defectuosos en una línea particular y todavía pueden procesarse las llamadas entrantes en las líneas restantes.

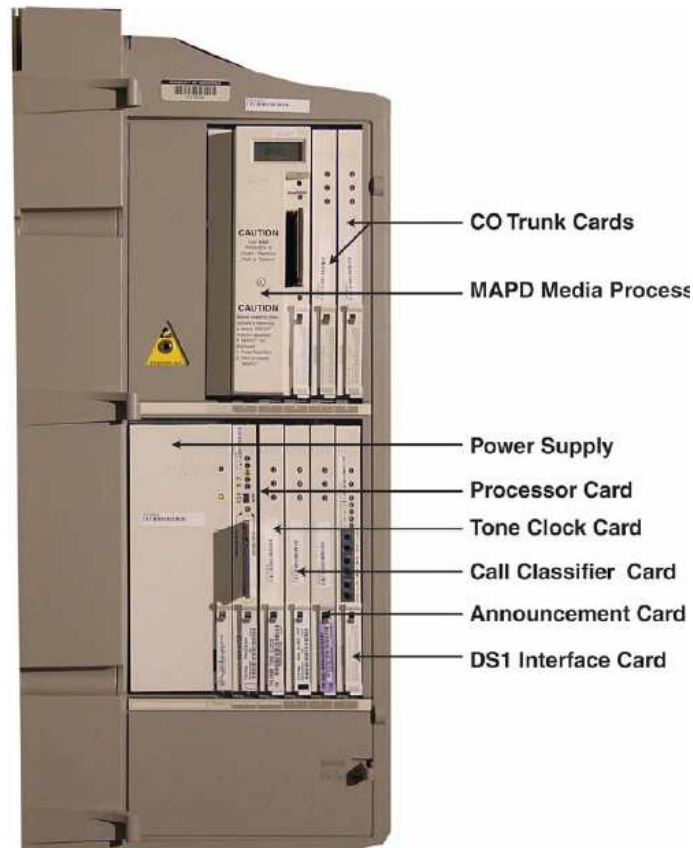


Gráfico 2. 53 PBX Avaya

Fuente: Motorola Understanding Your ASTRO® 25 Trunking System
 Elaboración: Motorola

2.2.7.5.3 Cancelador de ECO

El cancelador de eco provee calidad de voz realzada para el subsistema de interconexión telefónica con niveles de ajuste y minimización de ruido de la red PSTN. La calidad de las llamadas es mejorada cuando el cancelador de eco reacciona inteligentemente a los niveles de señal variantes y cuando estos niveles de señal son automáticamente optimizados en la red. Incluye los siguientes componentes:

- ✎ Modulo de Control de Red (NCM).- provee control y monitoreo.
- ✎ Modulo Cancelador de Eco.- para eliminar el eco y mejorara la calidad de VOZ.

2.2.7.6 Componentes de Seguridad de Red

Los productos de seguridad de red y servicios en un sistema de comunicación ASTRO 25 pueden agruparse en las categorías siguientes:

Servidor de Administración de Seguridad Central (CSMS).- consiste de componentes de hardware y software que son requeridos para asegurar que solo los usuarios autorizados accedan al sistema de red de radio. El CSMS es requerido para habilitar de forma segura los interfaces del sistema para el acceso de servicio remoto y actividades remotas de servicio de administración de red. Además realiza las siguientes funciones:

- ✎ Administración del software antivirus de red.
- ✎ Autenticación de usuarios de interfaz de servicio para asegurar el acceso remoto.
- ✎ Administración del software antivirus para usuarios de servicios – opcional.
- ✎ Administración de los cortafuegos y sensores de detección de intrusos.



Gráfico 2. 54 Servidor de Administración de Seguridad Central

Fuente: Motorola Understanding Your ASTRO® 25 Trunking System
Elaboración: Motorola

Barrera de Interfaz de Red (NIB) – Firewall.- es un conjunto opcional de componentes hardware y software que proporcionan la aplicación del límite y la detección de ataques para dar una protección suplementaria de seguridad de red. Los NIBs habilitan el uso seguro de los interfaces del sistema para datos integrados, administración de red y facturación. Desplegando NIBs a cada punto de conexión entre los recursos del sistema de radio y las redes externas y el equipo proporciona un importante y recomendado nivel de seguridad.



Gráfico 2. 55 Barrera de Interfaz de Red - Firewall

Fuente: Motorola Understanding Your ASTRO® 25 Trunking System
Elaboración: Motorola

A continuación se muestra el sensor de detección de intrusos del sistema (IDS).

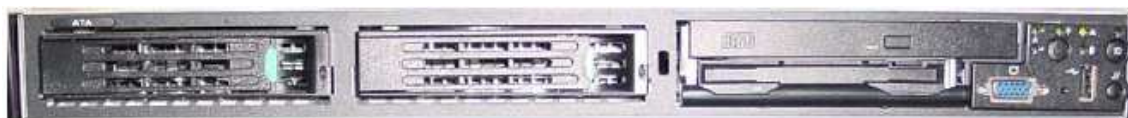


Gráfico 2. 56 Sensor de Detección de Intrusos del Sistema

Fuente: Motorola Understanding Your ASTRO® 25 Trunking System
Elaboración: Motorola

2.2.7.7 Radios

El sistema ASTRO 25 proporciona la infraestructura que permite la comunicación entre los radio subscriptores. Las radios pueden ser portables y/o móviles, pero los dos deben soportar el vocoder IMBE y el conjunto de características ASTRO 25. Las nuevas radios de Motorola son ASTRO 25 compatible.

Los radios ASTRO 25 soportan varios esquemas de señalización, compatibilidad analógica/digital, capacidad convencional, encriptación tipo 3 y especificaciones Militares C, D y E. Además los radios en el rango de los 800 MHz ofrecen un rango de frecuencia extendido de 762-870 MHz. Los radios pueden ser actualizados su software a través de un sistema operativo de Windows.

Características de los Radios Portátiles ASTRO 25

A continuación se presenta una lista de las características de los radios portátiles ASTRO 25.

Tipos de Señalizaciones.- soportan los siguientes tipos:

- ✎ ASTRO 25 9600cc trunking
- ✎ Convencional digital APCO P25
- ✎ Convencional analógico.

Características de escaneo.- escaneo – prioridad y no prioridad

- ✎ Escaneo de grupo de conversación – soportado en trunking 9600
- ✎ Escaneo convencional - soportado en trunking 9600

Tipos de Llamadas.-

- ✎ Llamadas de grupo
- ✎ Llamadas de notificación.
- ✎ Alerta de llamada - soportado en trunking 9600
- ✎ Llamada privada - soportado en trunking 9600
- ✎ Interconexión telefónica - soportado en trunking 9600
- ✎ Alarmas de emergencia y llamadas de emergencia - soportado en trunking 9600 y 3600
- ✎ Encriptación radio a radio

2.2.7.7.1 Motorola XTS 5000 Portátil y XTL 5000 Móvil

Las radio digital Project 25 XTS™ 5000 es una radio digital IP para enlaces de alta calidad y seguridad. El XTS 5000 es diseñado para operar en el sistema troncal digital ASTRO 25, sistemas troncales analógicos y digitales

ASTRO y el sistema convencional digital y analógico Project 25. Esta radio ofrece la tecnología FLASHport™ para el software de actualización para actualizar la radio de forma fácil si es necesario.

De igual forma el radio móvil XTL™ 5000 soporta el funcionamiento de sistemas convencionales digitales o analógicos, APCO 16, y sistemas APCO 25. El XTL 5000 también tiene la capacidad de mutual aid. Para incrementar la seguridad se puede agregar un módulo de encriptación universal sin tener que abrir el radio. Esta radio se programa a través del Software de Programación del Cliente (CPS) usando un puerto RS-232 o USB para una rápida programación. El FLASHport soportado por el XTL 5000 le permite personalizar la radio móvil con el nuevo software para asegurar las mejoras futuras.



Gráfico 2. 57 Radio Portátil XTS 5000

Fuente: Motorola Understanding Your ASTRO® 25 Trunking System
Elaboración: Motorola

2.2.7.7.2 ASTRO Spectra y ASTRO Spectra Plus

Los radios móviles digitales ASTRO Spectra representan la primera radio bidireccional totalmente digital de Motorola para el ambiente móvil. Como parte de un sistema de soluciones de trunking digital ASTRO 25, las radios móviles ASTRO Spectra transmiten a 9.6 kb/s de información del usuario mientras

operan en la banda estrecha de canales de 12.5 kHz y en bandas anchas 25/30 KHz, y en ambos sistemas convencional y troncalizado. Estos diferentes modos de operación pueden ser programados en las radios de canal en canal. Los móviles ASTRO Spectra pueden actualizarse a través de FLASHport para una gran capacidad ASTRO 25.

El móvil ASTRO Spectra Plus es un radio suscriptor digital vehicular con grandes opciones que cubren los rangos de potencia de 15 vatios a 110 vatios. Es totalmente compatible con ASTRO 25 sistemas.

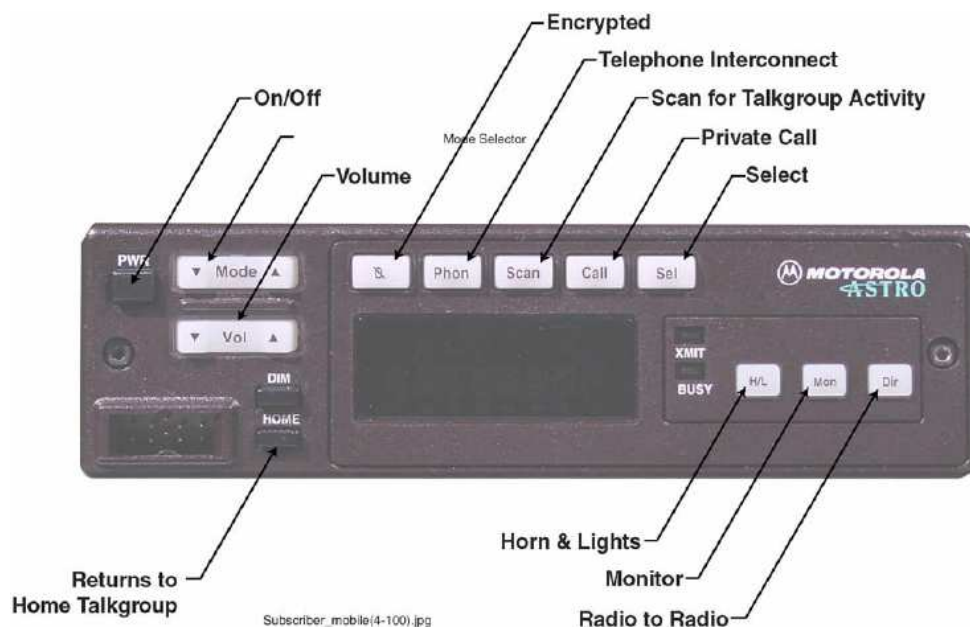


Gráfico 2. 58 Radio ASTRO 25

Fuente: Motorola Understanding Your ASTRO® 25 Trunking System
Elaboración: Motorola

2.3 PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA TETRA NEBULA DE TELTRONIC.

2.3.1 Introducción.

ETSI en el año 1990 comenzó a trabajar con estándares digitales para PMR (Private Mobile Radio), posteriormente en 1991 se propondría el nombre MDTRS (Sistema de Radio Troncalizado Móvil Digital) para esta nueva tecnología, definiendo como punto de partida el uso de TDMA con 4 slots en 25 kHz para estos sistemas digitales.

En 1994 fue rebautizado como TETRA (Sistema de Radio Troncalizado Trans-Europeo) y finalmente, con una visión de TETRA como estándar mundial, el acrónimo fue redefinido como Sistema de Radio Terrestre Troncalizado, siguiendo los mismos pasos de evolución y estandarización de GSM, en el gráfico 2.59 se aprecia la estructura de la red TETRA.

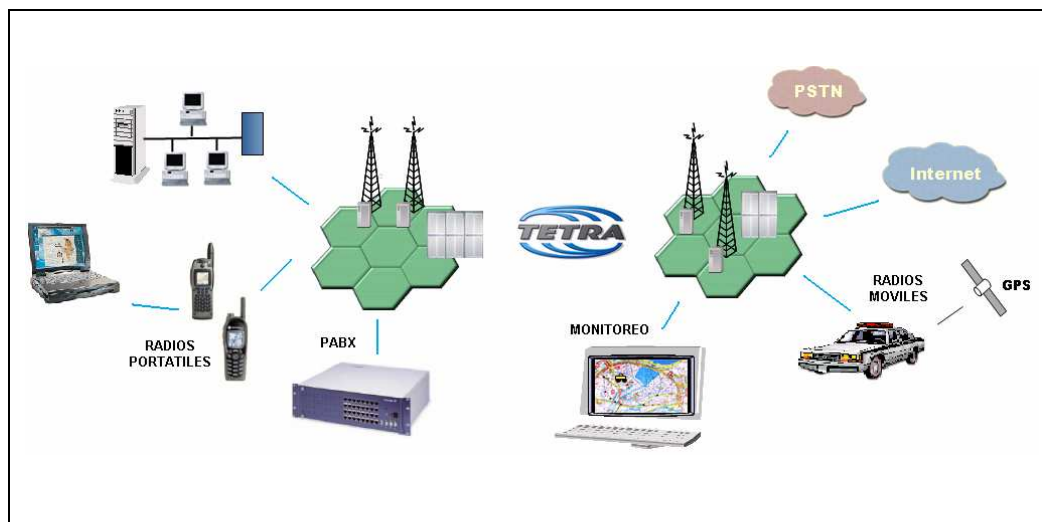


Gráfico 2. 59 Red TETRA

Fuente: TETRA MOU
Elaboración: Los Autores

TETRA está especialmente concebido para cubrir las necesidades de comunicaciones de voz y datos a usuarios de redes privadas PMR (Private Mobile Radio) que continuamente se enfrentan a la congestión del tráfico y a

una demanda creciente de servicios de voz y datos que los actuales sistemas analógicos no pueden suministrar, además este sistema garantiza la continuidad de los sistemas PMR como complemento a los sistemas públicos celulares.

TETRA es un estándar abierto con optimización del espectro radioeléctrico que asegura a los usuarios y operadores beneficios tales como:

- ✎ Mayor eficiencia de uso del espectro radioeléctrico. Cuatro canales por portadora de 25 KHz. La asignación de los canales de tráfico se realizará automáticamente por el sistema en función de la demanda (tecnología trunking)
- ✎ Versatilidad en las llamadas de grupo, privada, individual, modo directo, etc.
- ✎ Asignación de canal según la prioridad del usuario.
- ✎ Suministro de múltiples fabricantes, tanto de infraestructuras como de terminales de usuario.
- ✎ Reducción de costos de equipamiento gracias a la economía de escala.
- ✎ Reducción de los costos de operación mediante la compartición de recursos.

En la actualidad TETRA presenta dos evoluciones significativas denominadas TETRA I y II, la primera se halla dirigida a servicios netamente de voz, mientras que TETRA II se especializa en estructuras más complejas de voz y datos. Por los requerimientos del personal operativo de PETROCOMERCIAL, destinados a un mejoramiento del sistema VHF analógico, consideramos que TETRA I es la opción más eficiente para satisfacer las necesidades de voz del personal operativo, técnico y militar de la institución. Cabe recalcar que TETRA I permite aplicaciones en transmisión de datos, el cual no será tomado en cuenta en el diseño, debido a no ser requerido por el personal de PETROCOMERCIAL, ya que disponen de una red de datos fija altamente eficiente (Intranet fija de 10/100Mbps, comparada con 28.8Kbps inalámbrica TETRA) y no requieren aplicaciones móviles con datos.

2.3.2 Bandas de Frecuencia

El estándar TETRA fue desarrollado para proveer un óptimo rendimiento en un rango de frecuencia de 300 a 1000 MHz, el grupo ERO (European Radio Office) de la CEPT (European Conference of Postal and Telecommunication Administrations), recomendó para TETRA las banda de frecuencia 380-385//390-395 MHz para uso de emergencia y seguridad en toda la comunidad Europea y para usos comerciales se estableció el rango de 450 a 470 MHz.

En la comunidad Asia-Pacífico y en América del sur, se estableció el uso de las frecuencias que eran destinadas para PMR en la banda de los 800 MHz, específicamente en el rango de 806-824 a 851-869 MHz y en la banda de los 400 MHz, específicamente en el rango de 380-400 y/o 410-430 MHz.

En el estándar publicado por la ETSI, TS 100 392 parte 15 se detalla las bandas de frecuencias con el espaciamento duplex, que se muestra en la siguiente tabla.

Bandas de Frecuencia		Distancia Duplex	Nota
Mobile Station (MS) Up-Link [MHz]	Base Station (BS) Down-Link [MHz]	[MHz]	Definición por un cuerpo regulatorio
100	100	1.6	Pendiente
200, 300	200, 300	10	Pendiente
380 – 390	390 – 400	10	Ya definido
400	400	10	Pendiente
410 – 420	420 – 430	10	Ya definido
450 – 460	460 – 470	10	Ya definido
500, 600	500, 600	10	Pendiente
700, 800	700, 800	No definido	Pendiente
870 – 876	915 – 921	45	Ya definido
900	900	No definido	Pendiente

Tabla 2. 6 TETRA frequency bands and duplex spacing

Fuente: TS 100 392 part. 15, Pág. 7 - 8.

Elaboración: ETSI

2.3.3 Arquitectura

Las especificaciones de TETRA (ETS 300 392) no contienen ninguna restricción sobre la forma de la arquitectura de la red de radio, la arquitectura es definida únicamente en términos de 6 especificaciones de interfaces, como se indican en el siguiente gráfico.

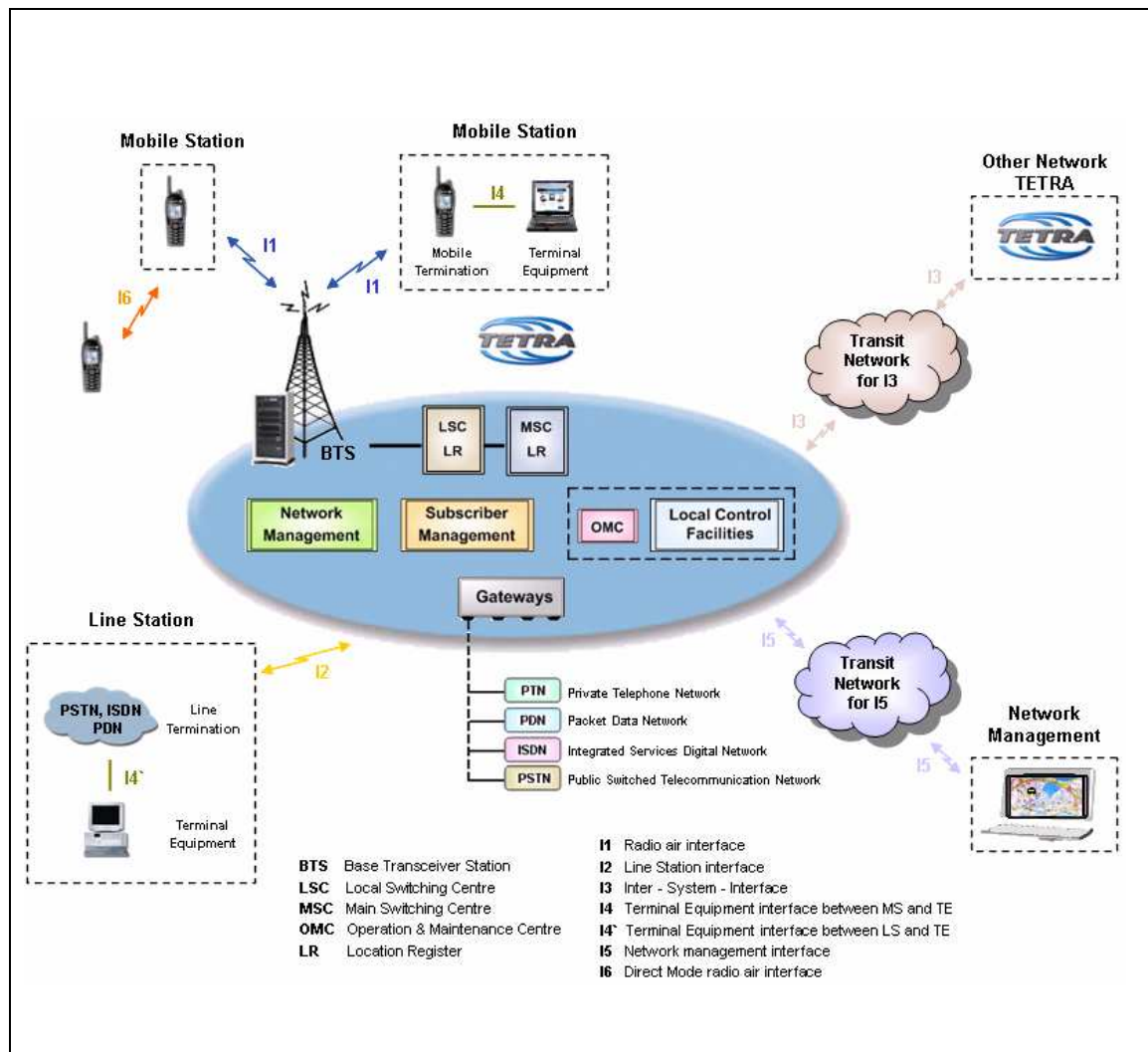


Gráfico 2. 60 Elementos e interface de la arquitectura TETRA

Fuente: Documento MESA TR 70.cde, www.projectmesa.com Pag. 12.

Elaboración: MESA Organizational Partners (ETSI, TIA)

Los interfaces definidos en las especificaciones ETS son requeridos para asegurar la interoperabilidad del sistema y la red de administración, a

continuación analizaremos de manera básica las principales funcionalidades e interfaces del sistema TETRA, mostrado en el gráfico 2.60:

- **Interfaz 1.** Permite la conectividad entre la Estación Base y la estación móvil (equipo terminal del usuario).
- **Interfaz 2.** Es el Gateway que permite la interconectividad con otros servicios de comunicaciones tales como líneas telefónicas fijas, móviles y datos.
- **Interfaz 3.** Línea de interconectividad hacia otros sistema TETRA, ampliando los servicios de inter operatividad, portabilidad numérica¹⁰ y discriminación de redes a través de códigos específicos¹¹.
- **Interfaz 4.** Conexión digital de datos, dedicada al equipo terminal o gateway con dispositivos de procesamiento de datos (Computadoras, Palms, etc.)
- **Interfaz 5.** Línea de conexión a sistemas de administración de la red interna (operadoras, configuradores, administradores, etc.)
- **Interfaz 6.** Comunicación entre equipos terminales (radio a radio), ya sea dentro o fuera del área de cobertura de la red.

2.3.3.1 Arquitectura Convencional

Las primeras redes TETRA operativas en el mercado presentaron una arquitectura centralizada, similar a la estructura de las redes móviles de la época (1995 - 1997), formado por un conmutador principal que es el encargado de interconectar, administrar y gestionar toda la red troncalizada, tal como se indica en el gráfico 2.61.

¹⁰ Numero fijo que se conserva cuando se emigra a otras redes TETRA.

¹¹ Códigos que discriminan cada red TETRA, por ejemplo 01 TETRA A, 02 TETRA B

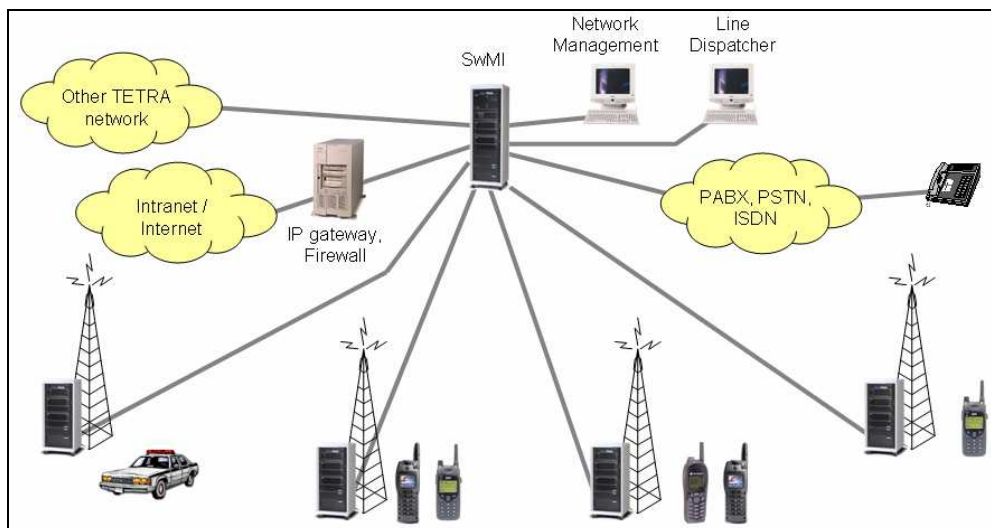


Gráfico 2. 61 Arquitectura Convencional Centralizada de TETRA

Fuente: Introduction TETRA over IP, www.tetramou.com Pag. 5.
Elaboración: Bert Bouwers de Rohill Technologies B.V.

El sistema TETRA convencional está compuesto por un conmutador centralizado SwMI (Switching and Management Infrastructure), al cual están conectados: sistemas de gestión de red (Network Management), uno o varios administradores de red (Line Dispatchers), interconexión con otras redes TETRA (a través del interfaz interno ISI), conectividad con PABX/PSTN y Gateway IP.

Esta arquitectura presenta un gran desempeño en redes pequeñas, ya que el principal problema surge cuando la capacidad de usuarios se incrementa, forzando de esta manera a incrementar el número de portadoras en cada radio base, lo que conllevaría a incrementar la capacidad de los canales de comunicación desde las radio base hasta el conmutador principal (SwMI).

Otro gran problema que presenta esta arquitectura convencional es la falta de redundancia en la conectividad del sistema, lo que ocasionaría una paralización de las comunicaciones (referida al sistema de manera global ya que de manera local, los equipos estarían entrelazados en MDO).

2.3.3.2 Arquitectura Distribuida

Como una alternativa a las limitaciones de la red, y una visión futurista sobre la conectividad global se presenta la arquitectura distribuida, reduciendo la capacidad de enlace (Radio base - SwMI) y creando mayor redundancia en el sistema, generando mayor estabilidad en las comunicaciones.

Este sistema se encuentra estructurado sobre una plataforma IP, que es empleada únicamente para transportar la información de un sitio a otro, cabe recalcar que la información por si sola no esta estandarizada y depende de los criterios de diseño de cada proveedor de TETRA, como por ejemplo la definición de sus propios protocolos para el establecimiento de la llamada, sincronizaciones de la base de datos, etc.

En la actualidad las soluciones TETRA sobre IP (ToIP) presentadas en el mercado no son compatibles con los estándares de voz sobre IP (VoIP) tales como, H.323 y SIP, la codificación del audio se lo realiza a través de ACELP (Algebraic Code Exited Linear Predictor), en el gráfico 2.62 se muestra un esquema de la arquitectura distribuida (ToIP).

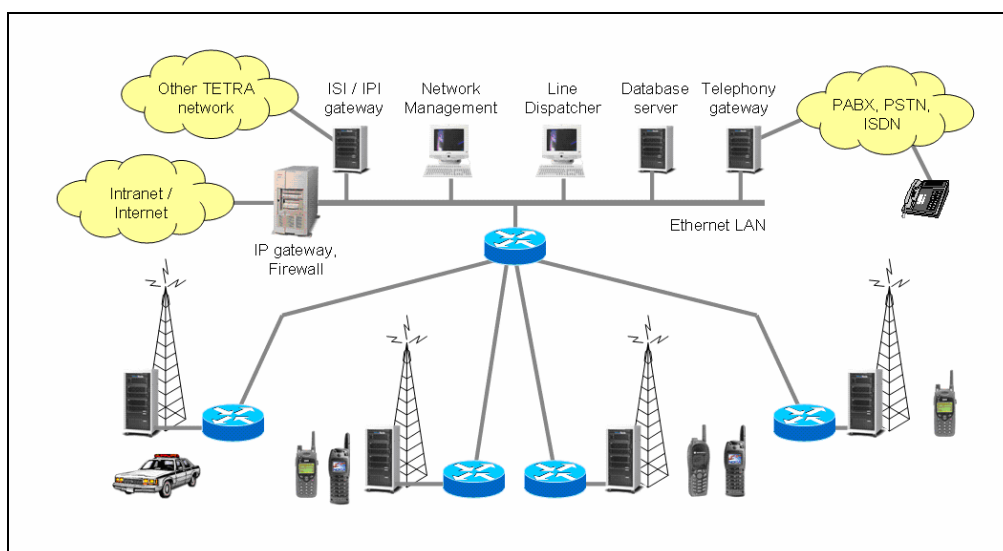


Gráfico 2. 62 Arquitectura Distribuida TETRA

Fuente: Introduction TETRA over IP, www.tetramou.com Pag. 5.
Elaboración: Bert Bouwers de Rohill Technologies B.V.

ToIP ofrece múltiples beneficios tales como:

- El tráfico TETRA y señalización son transportados por enlaces IP. Esto incluye al transporte de voz y datos de conmutación de circuitos en tiempo real y sensible a retardos.
- Los mensajes de estado y status, SDS y packet DATA pueden ser transferidos sobre la misma red IP. Estos mensajes son menos críticos y pueden por lo tanto ser transferidos con menos prioridad.
- El backbone, puede ser usado para llevar la gestión de datos de la red. Pueden usarse protocolos de gestión como Simple Network Management Protocol (SNMP).
- Se pueden emplear; routers y switches, plataformas para servidores de bases de datos, o también por sistemas software como Microsoft Windows o Linux.
- La topología de la red es muy flexible. Puede soportar estructuras en estrella, malla o en anillo.
- Rutas alternativas a los enlaces primarios para garantizar el servicio en caso de fallos.
- Resistencia a fallos en componentes, la base de datos es distribuida y asignada a toda la red. Si hay un componente de la red que falla y no se puede restaurar inmediatamente, entonces el sistema puede usar la base de datos local para asegurar continuidad en las operaciones.

2.3.4 Interfaz Aire

ETSI con su grupo de trabajo EP (ETSI Project) destinado al estudio de TETRA, define el interface aire en el estándar ETS 300 392 parte 2, definiendo especificaciones físicas en la conectividad de las estaciones base (BS) con las estaciones móviles (MS).

2.3.4.1 Acceso al Medio

TETRA es un sistema digital con Acceso Múltiple por División de Tiempo (TDMA), por lo cual cada usuario transmite y recibe la información en forma de ráfagas de bits, separadas por intervalos.

El esquema de acceso TDMA es definido por el estándar ETS 300 392 parte 2 (Cláusula 4 Radio Aspects y cláusula 9 Channel multiplexing) con 4 canales físicos por portadora, además permite anchos de banda de:

- 25 kHz para sistemas con modulación de fase ($\pi/4$ -DQPSK y $\pi/8$ -DQPSK)
- 25, 50, 100 o 150 kHz para sistemas con modulación QAM.

La revisión I de TETRA, efectuada por la ETSI, establece una modulación de $\pi/4$ -DQPSK con una velocidad de transmisión de 36 Kbps, la cual permite estructurar el acceso TDMA con un tiempo de bit igual a $1/36$ [ms] ($\sim 27.77\mu\text{s}$), conformando así un timeslot formado por 510 bits (14.167ms), que a su vez forma parte de las tramas, multitramas e hipertramas que se muestran en la gráfica 2.63.

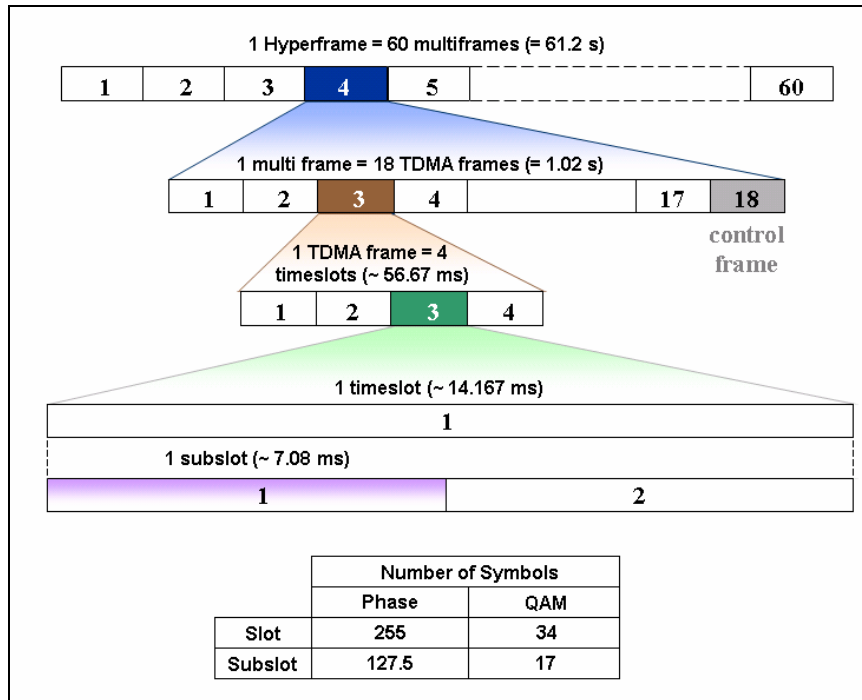


Gráfico 2. 63 TDMA structure

Fuente: Standard ETS 300 392 parte 2 Pag.140.
Elaboración: ETSI

Para la multiplexación de canales en sistemas TDMA se establecen canales lógicos y físicos detallados a continuación:

2.3.4.1.1 Canales lógicos

Son definidos como la ruta lógica de comunicación entre dos o más puntos de red, estos representan el interface entre los protocolos y los subsistemas de radio. Los canales pueden estar separados en dos categorías, los canales de tráfico y los canales de control, indicados en el gráfico 2.64.

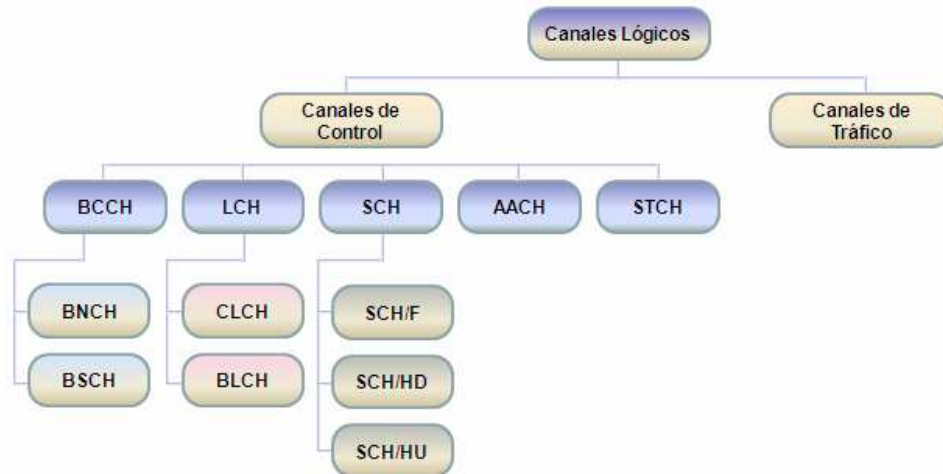


Gráfico 2. 64 Canales Lógico

Fuente: Standard ETS 300 392 parte 2 Pag.135.
Elaboración: Resumen los Autores

2.3.4.1.1.1 Canales de Tráfico TCH

Los canales de tráfico transportan mensajes de voz o de datos mediante conmutación de circuitos. Se subdividen en canales telefónicos, que se designan con la notación TCH/S y se emplean únicamente para la transmisión de voz y en canales mixtos para voz y datos.

2.3.4.1.1.2 Canales de control CCH

Los canales de control transportan exclusivamente mensajes de señalización e información de datos en modo paquete, estos canales definen 5 categorías, que son:

Broadcast Control Channel (BCCH). Es un canal unidireccional down-link para una recepción común por parte de todos los MS, en la cual se envía:

- BNCH (Broadcast Network Channel) – Información de la red
- BSCH (Broadcast Synchronization Channel) – Sincronismo de los MS

Linearization Channel (LCH). Es un canal usado por la BS y MS para linealizar sus transmisores:

- CLCH (Common Linearization Channel) – Linealización distribuida para todos los MS (Uplink)
- BLCH (BS Linearization Channel) - Linealización distribuida para todas las BS (Downlink)

Signalling Channel (SCH). El SCH será compartido por todos MSs, pero podrá llevar los mensajes propios de uno MS o un grupo de MS. La operación del sistema requiere el establecimiento de al menos un SCH por BS. El SCH puede ser dividido en 3 categorías, dependiendo del tamaño del mensaje:

- SCH/F (Full size Signalling Channel) – Canal bidireccional usado para mensajes de tamaño grande.
- SCH/HD (Half size Downlink Signalling Channel) – Canal único de bajada para mensajes de tamaño mediano.
- SCH/HU (Half size Uplink Signalling Channel) – Canal único de subida para mensajes de tamaño mediano.

Access Assignment Channel (AACH). El AACH esta presente en todos los slots de transmisión Downlink y es usado para indicar el canal físico asignado de los slots de Uplink y Downlink.

Stealing Channel (STCH). El STCH es un canal asociado temporalmente a TCH para transmitir mensajes de control. Puede ser usado cuando se requiere de rápidas señalizaciones. En el modo Half Duplex el STCH es unidireccional y tiene la misma dirección del TCH asociado.

2.3.4.1.2 Canales Físicos

Es el intervalo de la trama TDMA y puede transportar diferentes tipos de canales lógicos. Se han definido tres clases de canales físicos:

Canal físico de control CP. Usado para la señalización entre el equipo terminal y la red

Canal físico de Tráfico TP. Usado para tráfico de voz y datos

Canal físico no asignado UP Canal libre

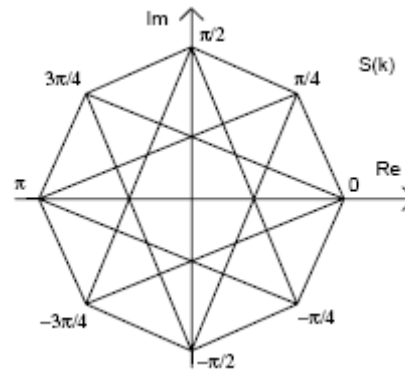
2.3.5 Modulación

En la actualidad el sistema TETRA Nébula ofrece en sus equipos los dos sistemas de modulación estandarizados $\pi/4$ - Differential Quaternary Phase Shift Keying ($\pi/4$ -DQPSK) y QAM, esta última se encuentra dirigida hacia una mayor capacidad de abonados con coberturas reducidas y se encuentra especificada en la actualización TETRA II.

Para nuestro diseño tomaremos la referencia de TETRA I, que especifica la modulación $\pi/4$ -DQPSK mostrada en el gráfico 2.65, que muestra una tendencia de mayor cobertura bajo un limitado número de usuarios, debido a que el personal de operaciones PETROCOMERCIAL y del Cuerpo de Ingenieros se limita en aproximadamente 150 abonados en los dos poliductos analizados.

TETRA utiliza una modulación $\pi/4$ - Differential Quaternary Phase Shift Keying de tipo cuaternario diferencial y en la que se añaden incrementos de fase de $\pi/4$ DQPSK en cada salto de fase de dos bits con lo que se logra una notable reducción de los lóbulos laterales que pueden afectar a los canales adyacentes. El filtro conformador empleado es un coseno alzado con un parámetro de caída progresiva $a = 0.35$ y la velocidad de modulación es de 36 kbps.

$B(2k-1)$	$B(2k)$	$D\phi(k)$
1	1	$-3\pi/4$
0	1	$+3\pi/4$
0	0	$+\pi/4$
1	0	$-\pi/4$

Gráfico 2. 65 Modulación TETRA $\pi/4$ DQPSK

Fuente: Standard ETS 300 392 parte 2.
Elaboración: ETSI

2.3.6 Modos de Operación y tráfico

El sistema TETRA, es un sistema troncalizado que brinda una comunicación eficiente entre todos los usuarios que conforman la red, con un alto grado de seguridad y calidad en sus comunicaciones, este sistema dispone de dos modos de operación (TMO y DMO) para cubrir en su totalidad los sitios operativos y las necesidades de los usuarios, dentro o fuera de las zonas de cobertura de la red TETRA. Cabe recalcar que las modalidades de operación son activadas por los terminales (MS) más no por la infraestructura de la red.

Existen tres modos de tráfico que influyen en los modos de comunicación, estos son:

- Comunicaciones semi-dúplex
- Comunicaciones full-dúplex.
- Comunicaciones simplex en el modo DMO

2.3.6.1 Trunked Mode Operation (TMO)

Es el modo de operación en el cual los usuarios se encuentran dentro de la zona de cobertura TETRA, por consiguiente el terminal esta registrado y controlado por la red, como se indica en el gráfico 2.66.

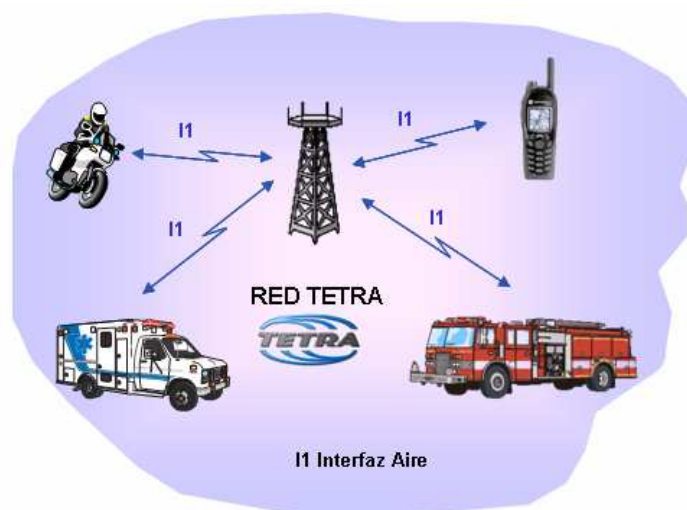


Gráfico 2. 66 Trunked Mode Operation (TMO)

Fuente: Francesco Pasquali.

Elaboración: The power of TETRA - Direct Mode Operation

2.3.6.2 Direct Mode Operation (DMO)

El modo de operación directo DMO, ofrece una operación dentro y fuera de una infraestructura troncalizada, brindando una capacidad adicional a las redes troncales que poseen una gran demanda de usuarios.

Adicionalmente entrega una comunicación simplex ya sea individual o de grupo con un alto grado de seguridad, ya que posee encriptación End to End y encriptación en el interfaz aire, complementándolo con una autenticación de los equipos que se están comunicando.

DMO presenta varios escenarios de funcionamiento que se detallan a continuación:

- Back-to-back** (Terminales estándar para comunicaciones punto a punto)
- DM Repeater** (Extensión de la cobertura para comunicaciones DMO)
- DM Gateway** (Conectividad entre DMO y TMO)
- Dual Watch** (Periodo de escaneo de otro modo)

2.3.6.2.1 Back-to-back

Este escenario ofrece gran confiabilidad en las comunicaciones en áreas locales, bajo posibles fallas que puede estar soportando la red troncalizada (distorsión, interferencia congestión, etc.). Cuando DMO Back to Back funciona en modo normal, habilita una comunicación por portadora, utilizando 2 slots de los 4 que dispone la trama TDMA para TETRA, cabe recalcar que la comunicación es simplex, estableciéndose una comunicación de Maestro a Esclavo, donde el equipo que realiza las funciones de Maestro utiliza el timeslot 1 como canal de tráfico para transportar voz o datos, mientras que el equipo esclavo usa el timeslot 3 para transmisión de señalización. Cuando se usa DMO Back to Back en modo eficiencia de frecuencia, se podría habilitar 2 comunicaciones por portadora, utilizando de esta manera los 4 timeslots, 2 para cada comunicación. En el gráfico 2.67 se indica este proceso.

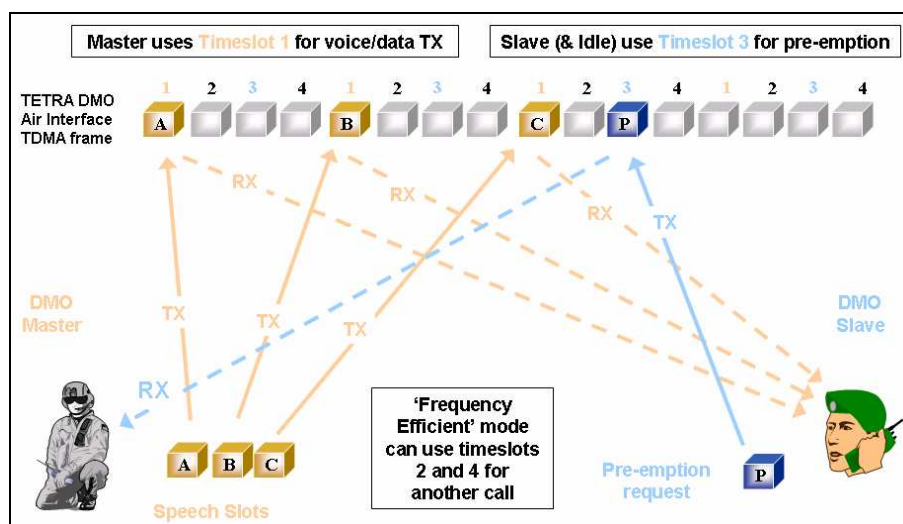


Gráfico 2. 67 Direct Mode Operation (DMO) – Uso del Canal

Fuente: Francesco Pasquali.

Elaboración: The power of TETRA - Direct Mode Operation, Pág. 11

Este escenario además permite ampliar la cobertura en áreas con bajo nivel de tráfico y áreas cerradas (túneles, edificios, áreas subterráneas, etc.), en el gráfico 2.68 se indican las aplicaciones más comunes de DMO Back-to-back.



Gráfico 2. 68 Direct Mode Operation (DMO) - Back-to-back

Fuente: Francesco Pasquali.

Elaboración: The power of TETRA - Direct Mode Operation, Págs. 7, 8 y 9

2.3.6.2.2 DM Repeater

Un equipo terminal especial denominado DMO Repetidor, permite ampliar la cobertura DMO cuando las situaciones de los usuarios lo requieran, estos terminales especiales pueden soportar dos tipos de repetición, para una o dos llamadas simultaneas, tal como se indica en el gráfico 2.69.

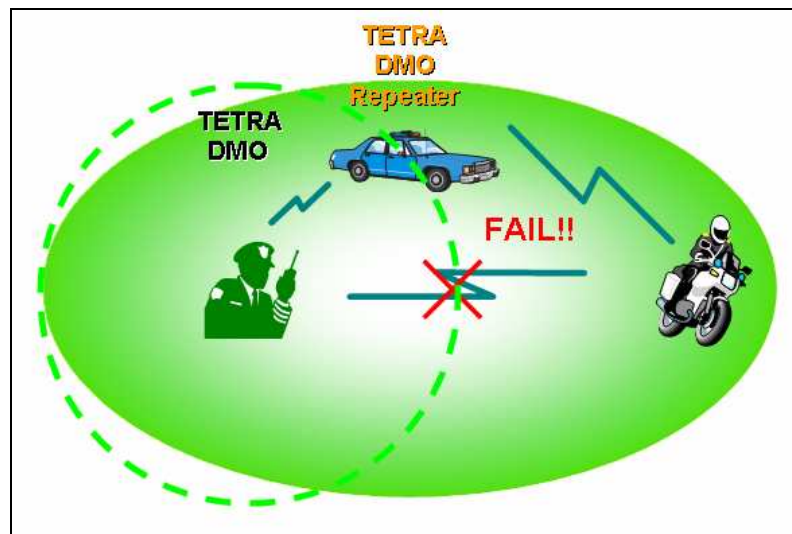


Gráfico 2. 69 Direct Mode Operation (DMO) – DM Repeater

Fuente: Francesco Pasquali.

Elaboración: The power of TETRA - Direct Mode Operation, Págs. 13

a. DM Repeater 1

Este repetidor permite el establecimiento de una única conversación, usando la estructura de 4 timeslots de la trama TDMA para TETRA, distribuyendo 2 timeslots en Up-link (Master y Repetidor) y dos en Down-link (Slave y Repetidor), con un retardo de 3 timeslots.

Se establece por una sola portadora DM (Direct Mode) encargada de la transmisión y recepción, este sistema brinda alta eficiencia del espectro.

El proceso de repetición se muestra en el gráfico 2.70, comenzando cuando el usuario Master establece transmisión de voz, esta es alojada en el timeslot 1, posteriormente es receptada en el timeslot 4 del repetidor, para retransmitirla en un nuevo timeslot 1 con un retarde de 3 timeslots.

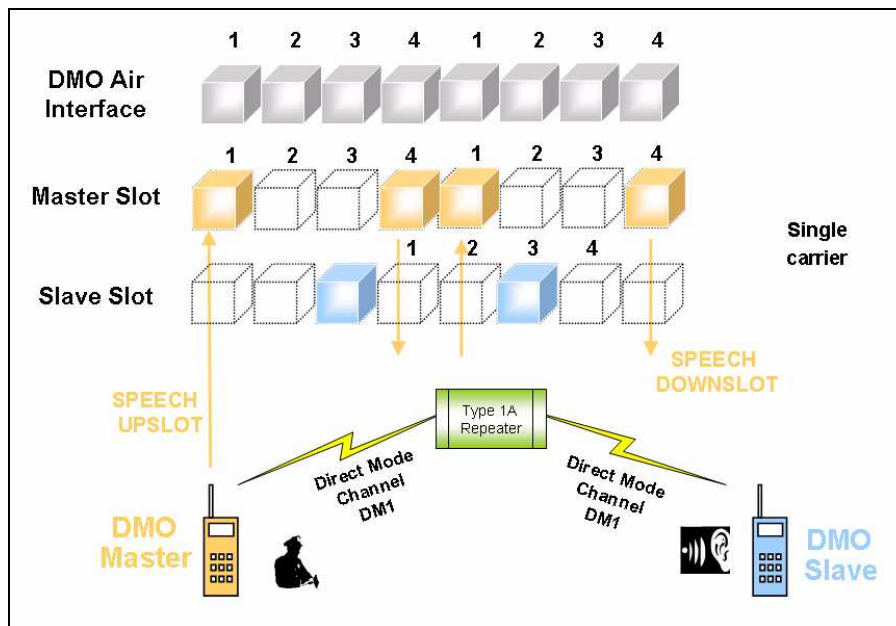


Gráfico 2. 70 Direct Mode Operation (DMO) – DM Repeater Type 1

Fuente: Francesco Pasquali.

Elaboración: The power of TETRA - Direct Mode Operation, Págs. 10

b. DM Repeater Type 2

Este repetidor permite 2 llamadas simultáneas por repetidor, se encuentra basado sobre una estructura de 4 slot: 2 slots alternados por cada llamada, la operación Master/Slave presenta un retardo de 4 slots. Entre los requerimientos del repetidor, se debe considerar 2 comunicaciones realizadas a través:

- frecuencias: DM1 para Rx y DM2 para TX
- Necesita plataforma de red full dúplex en RF

El proceso de operación se realiza en el gráfico 2.71, considerando que el equipo Master realiza una llamada, este lleva su información en el Time Slot 1, que será receptada por el repetidor en su frecuencia de RX, para posteriormente radiarla por la frecuencia TX con un retardo de 4 time slots, el proceso de respuesta del MS Slave es de forma similar al explicado, solo que sus slots son envía los por TX y receptados por RX

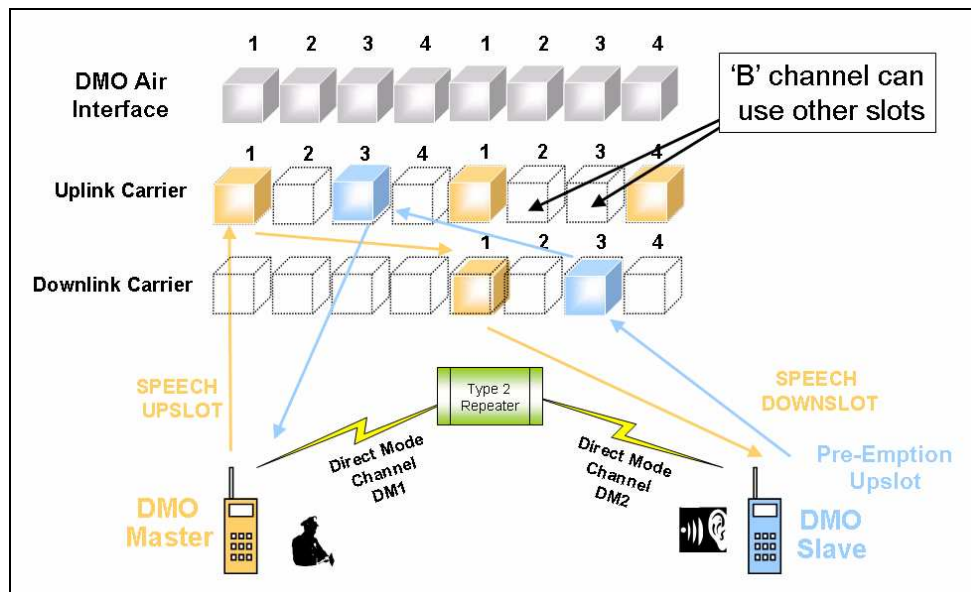


Gráfico 2. 71 Direct Mode Operation (DMO) – DM Repeater Type 2

Fuente: Bob Lovett.

Elaboración: TETRA - Direct Mode Operation Pág. 12

2.3.6.2.3 DM Gateway

Un equipo terminal especial puede operar como un Gateway para interconectar sitios o ampliar el área de cobertura de una red TETRA como se indica en el gráfico 2.72.

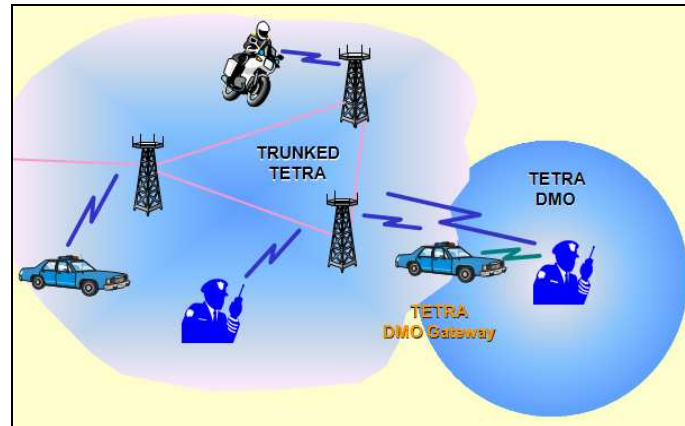


Gráfico 2. 72 DM Gateway

Fuente: Bob Lovett.

Elaboración: TETRA - Direct Mode Operation Pág. 17

Este gateway es de gran importancia en la apertura de conectividad cuando equipos que se encuentran fuera del área de cobertura de la red TETRA pueden usar este vínculo para acceder a los servicios de la red, tal como se indica en el gráfico 2.73.

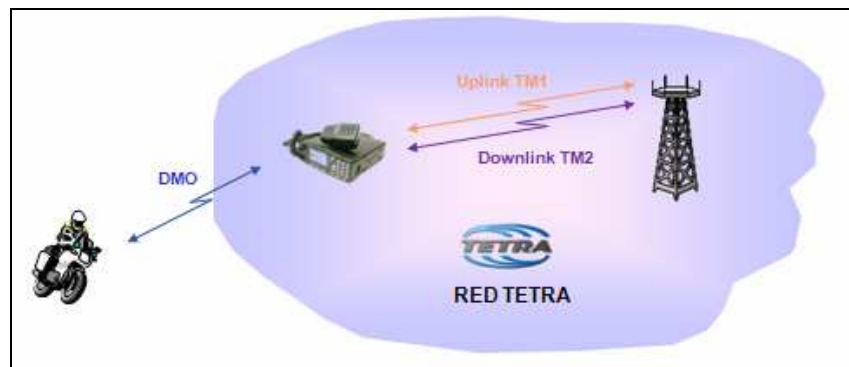


Gráfico 2. 73 Interconexión DM Gateway

Fuente: TETRA MOU.

Elaboración: Los Autores

2.3.6.2.4 Dual Watch

Un equipo terminal puede recibir ambos sistemas de comunicación DMO - TMO y trabajar con ellos de forma simultánea, tal como se indica en la gráfica 2.74.

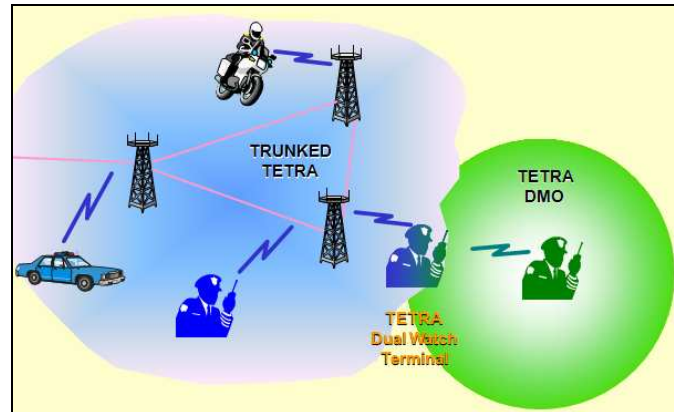


Gráfico 2. 74 Dual Watch

Fuente: Bob Lovett.

Elaboración: TETRA - Direct Mode Operation Pág. 20

2.3.7 Seguridad

Durante la evolución del sistema GSM se ha implementado numerosos sistemas de seguridad para contrarrestar las falencias de sistemas analógicos, todos estos avances han aportado valiosamente al fortalecimiento de la seguridad en muchos sistemas similares, tal es el caso de TETRA, en la actualidad ETSI presenta al estándar ETSI EN 300 392 - 7, dirigido a las recomendaciones sobre mecanismos de seguridad en sistemas TETRA.

Los mecanismos de seguridad son funciones independientes específicas que permiten la confidencialidad de la información o autenticación de unidades terminales móviles. Tales mecanismos se muestran a continuación:

- Autenticación Mutua
- Códigos para encriptación en el Interfaz Aire
- Habilitación y des habilitación remota de terminales
- Algoritmos de encriptación de TETRA

2.3.7.1 Autenticación Mutua

La autenticación es un mecanismo que permite identificar tanto a los equipos terminales como los usuarios, para acceder a los servicios de la red.

La Autenticación mutua es establecida en base a los “Códigos de Autenticación K”, que son únicos para cada MS o SIM, y son almacenados tanto en MS/SIM como en la red, normalmente dentro de la red, se dispone de un elemento denominado AUC (Authentication Centre), que es responsable de almacenar la identificación de los usuarios de la red. Existen tres métodos para generar estos códigos K, como se muestra en el gráfico 2.75.

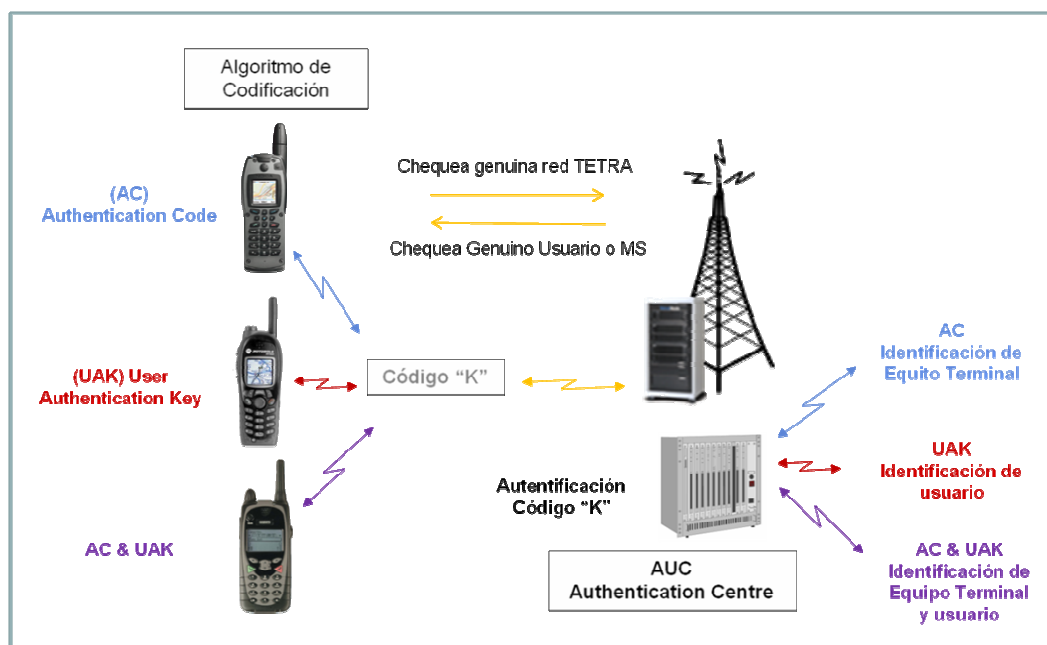


Gráfico 2. 75 Mecanismos de Autenticación

Fuente: TETRA MOU
Elaboración: Los Autores

2.3.7.1.1 Generación de K a través de un AC.

En este caso el usuario escribe un código de autenticación vía el teclado del equipo terminal, los dígitos del AC (Authentication Code) son representados como una cadena de bits y posteriormente son convertidos mediante un

algoritmo en código K, se debe tener en cuenta que el AC normalmente está constituido por 128 bits de información

Los códigos de autenticación (AC) normalmente se encuentran almacenados dentro de la unidad AUC (Authentication Centre) mas no en los equipos terminales, este método es usado si se necesita identificar únicamente al usuario.

2.3.7.1.2 Generación de K a través de un UAK

La clave de autenticación del usuario UAK (User Authentication Key), es un valor aleatorio de un tamaño usualmente de 128 bits, que es convertido mediante un determinado algoritmo en código K, y se encuentra almacenado tanto en el equipo terminal (o SIM) como en la red (AUC), este método es usado si se necesita identificar únicamente al equipo terminal.

2.3.7.1.3 Generación de K a través de un AC y un UAK

En este caso el código K es obtenido por un algoritmo efectuado en base al ingreso de un AC por el usuario y adicionalmente un UAK almacenado en el equipo terminal. En la red (AUC) el resultado del algoritmo de la unión de AC y UAK es almacenado. Este método es usado únicamente si se desea identificar tanto al usuario como equipo terminal.

2.3.7.2 Códigos para encriptación en el Interfaz Aire

Hay algunos tipos de códigos de encriptación que proporcionan seguridad al enlace entre equipos terminales, los códigos pueden ser obtenidos o transferidos como parte del proceso de autenticación, para un control de tiempo, estos códigos presentan cortos y largos periodos de vida, a continuación se presentan una descripción de ellos:

2.3.7.2.1 Derived Cipher Key (DCK)

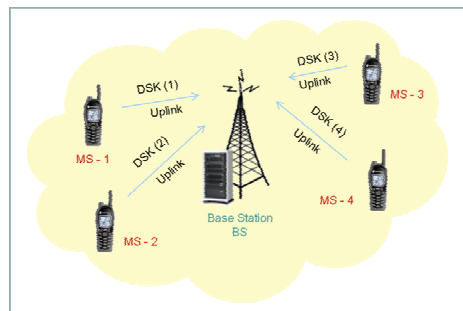


Gráfico 2. 76 Derived Cipher Key (DCK)

Fuente: TETRA MOU
Elaboración: Los Autores

Este código es obtenido durante el proceso de autenticación, DCK es usado para encriptar el enlace entre la red y un MS, tal como se indica en la gráfica 2.76. También puede proveer una autenticación extendida implícita durante la llamada, un ejemplo de su uso es en la encriptación ascendente de la comunicación. El tiempo de vida de este código podría ser de 24 horas, y es un valor único en cada equipo terminal, por esta razón a DCK solo se lo debe utilizar en el proceso de Uplink (MS hacia BS), ya que la capacidad requerida en un grupo de llamadas Downlink sería muy grande, por lo que cada MS tiene un único DCK.

2.3.7.2.2 Common Cipher Key (CCK)

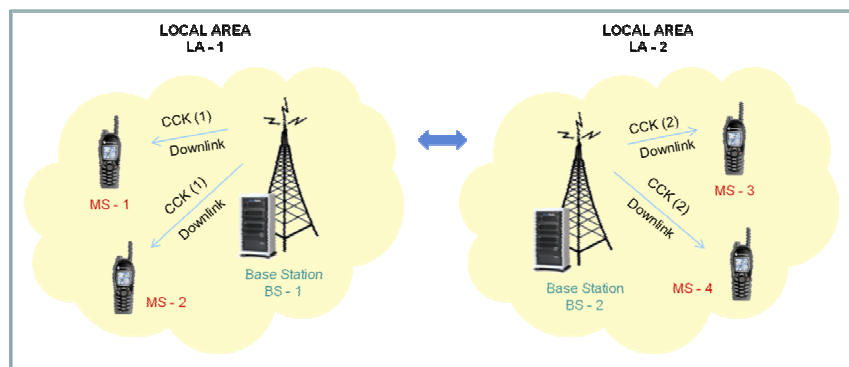


Gráfico 2. 77 Common Cipher Key (CCK)

Fuente: TETRA MOU
Elaboración: Los Autores

Este código es generado y distribuido por el SwMI, el uso eficiente de CCK es realizado en la encriptación de mensajes dirigidos hacia una determinada área local (LA), en la práctica el CCK es colocado en un grupo de llamadas (todos los MS) que se encuentran en una cierta área, tal como se indica en la gráfica 2.77.

El CCK es usado principalmente en un grupo de llamadas en Downlink, y como protección para el registro inicial ITSI, CCK puede ser de corta vida, probablemente hasta una semana.

2.3.7.2.3 Group Cipher Key (GCK)

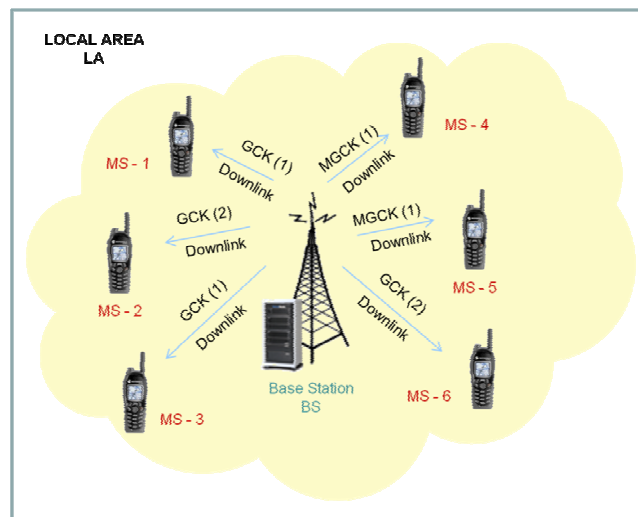


Gráfico 2. 78 Group Cipher Key (GCK)

Fuente: TETRA MOU
Elaboración: Los Autores

Este código es utilizado para separar la encriptación entre un específico grupo de usuarios, este es generado y distribuido por el SwMI hacia el grupo de MS, tal como se muestra en la gráfica 2.78.

Dentro de un área local, este código es usado en forma modificada, dependiendo a cada grupo. Este código puede ser conjuntamente encriptado con el CCK para obtener el MGCK (Modified Group Cipher Key), el tiempo de vida de este código puede ser más largo que el CCK

2.3.7.2.4 Static Cipher Key (SCK)

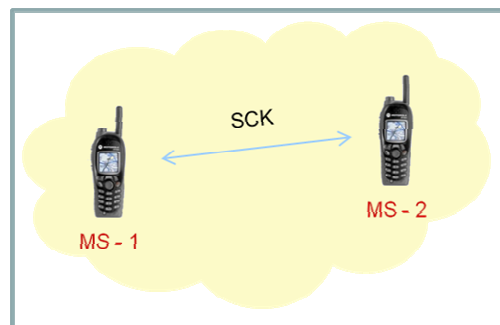


Gráfico 2. 79 Static Cipher Key (SCK)

Fuente: TETRA MOU
Elaboración: Los Autores

Es un código establecido que puede ser usado sin autenticación previa, este es fijo en el sentido que un código estático no cambia hasta que es reemplazado. Los códigos SCK pueden ser distribuidos de forma semejante a los GCK's. Este tipo de código es muy usado en la protección de la transmisión en modo DMO como alternativa en TMO cuando la BS pierde contacto con el SwMI, tal como se indica en la gráfico 2.79.

2.3.7.2.5 OTAR (Over The Air Re-keying).

Este mecanismo permite enviar sobre el interfaz aire accesos encriptados en un seguro camino desde el SwMI hacia al MS. Los mensajes de OTAR para un determinado MS son encriptados usando las sesión de cifrado derivado de los códigos de autenticación del MS.

2.3.7.3 Habilitación y des habilitación remota de terminales

TETRA soporta diferentes opciones para una directa seguridad de habilitación y des habilitación de equipos móviles.

- TEI (Terminal Equipment Identity)
- ITSI (Individual TETRA Subscriber Identity)

- Ambas TEI e ITSI

El propósito es brindar mecanismos separados de suscripción de los equipos para habilitarlos o no, de acuerdo a las necesidades del operador. Cabe puntualizar que el TEI es un código propio del MS, similar al valor IMEI de los teléfonos móviles, mientras que el ITSI es una SIMCARD que posee la configuración de identificación del usuario.

Si el TEI es deshabilitado, el MS no podrá ser usado nunca más.

Si el ITSI es deshabilitado, el MS puede ser usado con otro ITSI.

2.3.7.4 Algoritmos de encriptación de TETRA

Los fabricantes de TETRA pueden especificar sus propios algoritmos de encriptación en el interfaz aire, casi siempre, por razones de fácil interoperabilidad de sistemas de multi fabricantes, se ha especificado en el estándar ciertos algoritmos de uso común.

Los algoritmos de encriptación de TETRA más usuales están asequibles a los usuarios de TETRA y a fabricantes. En el caso del TEA1, TEA3 y TEA4 se encuentran distribuidos bajo autorización de la ETSI.

2.3.7.4.1 TEA2 y TEA3: Algoritmos de exportación restringidos.

Estos algoritmos son controlados bajo las reglas de Wassenaar Arrangement desde 1998, estos algoritmos han sido diseñados principalmente para el uso de organismos de seguridad pública.

2.3.7.4.2 TEA1 y TEA4: Algoritmos fácilmente exportables.

TEA1 (como la numeración implica) era el primer algoritmo disponible. TEA4 refleja controles más flexibles de las reglas Wassenaar Arrangement.

2.3.8 Servicios

El sistema TETRA especifica múltiples servicios detallados a continuación:

2.3.8.1 Voz

Nébula ofrece entre sus principales servicios de voz una comunicación con prioridades según sean las necesidades de los abonados, además permite una interconectividad con otras redes (PSTN, PBX, Redes de telefonía móvil, etc.) mediante permiso al despachador o acceso directo.

- **Llamadas Individuales.** Corresponde a llamadas realizadas hacia otro usuario específico, ya sea que pertenezca o no a la red TETRA.
- **Llamadas grupales.** Un usuario realiza una llamada a un predefinido grupo de usuarios, cada miembro del grupo puede escuchar y hablar en cualquier momento, existe la posibilidad de agregar o remover algún miembro del grupo, por lo que el conjunto puede ser modificado dinámicamente.
- **Modo directo.** Dos o más MS pueden conectarse entre si, sin involucrar una Radio Base o el uso de la red TETRA.
- **Llamadas Broadcast.** Es una llamada sin especificación de área, por lo cual todos los MS habilitados podrán recibir el mensaje.
- **Llamadas de emergencia.** Es habilitada mediante un botón de emergencia de alta prioridad, para comunicarse directamente con el despachador o a su vez con algún predefinido grupo de usuarios.

2.3.8.2 Suplementarios

- Asignación dinámica de grupo (DGNA).
- Entrada Tardía (LE).
- Escucha discreta (AL).
- Identificación del llamante (CLI).
- Identificación del hablante (TPI).
- Llamada prioritaria (PC).
- Retención de llamada (CR).
- Bloqueo de llamadas salientes (BOC).
- Bloqueo d llamadas entrantes (BIC).

2.3.9 Solución NEBULA para TETRA

NEBULA es una infraestructura digital de comunicaciones diseñada por Teltronic para redes PMR (Private Radio Mobile) bajo el estándar Europeo TETRA, en la actualidad, NEBULA ha alcanzado un gran prestigio en sus equipos como en sus redes instaladas alrededor de todo el mundo, razón por la cual es una elección muy adecuada para la renovación de la estructura analógica existente en PETROCOMERCIAL.

NEBULA esta constituida en dos pilares importantes, el primero encargado del control del sistema SCN (Switching and Control Node) y el segundo SBS (Site Base Station) encargado del acceso de los usuarios al sistema.

2.3.9.1 SCN (Switching and Control Node)

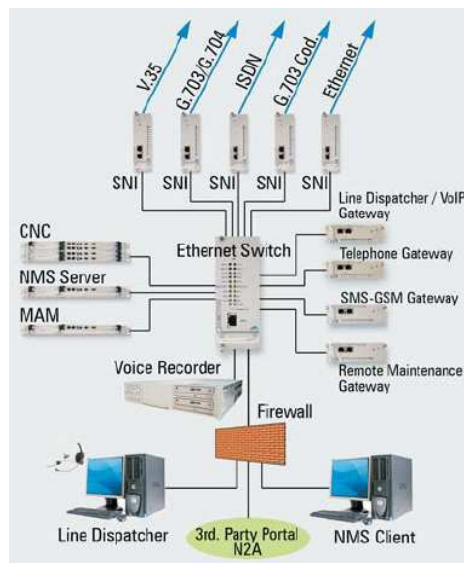


Gráfico 2. 80 SCN (Switching and Control Node)

Fuente: Brochure V.5 Nébula Teltronic
Elaboración: Teltronic

Como su nombre lo indica, es un nodo de control y conmutación para la interconexión de los usuarios. Físicamente está constituida por un controlador de nodo central (CNC) encargado de la inspección de todos los elementos del sistema, almacenando en su base de datos, toda la información de los usuarios, grupos o terminales, así como los parámetros de configuración de la red (servicios, seguridad, etc). En el gráfico 2.80 se detalla la estructura del SCN.

Las funciones de gestión del sistema son realizadas a través de un servidor NMS (Network Management System), que permite acceder al CNC para administrar la infraestructura. Sus principales funciones son:

- Gestión de mantenimiento.

El mantenimiento de forma local o remota es realizado en base a un control histórico de alarmas, eventos y lista de llamadas, almacenadas en ficheros, monitorizado en tiempo real.

- Gestión de Configuración

Permite configurar la arquitectura de la red, así como la configuración de flotas, grupos y terminales, en el gráfico 2.81 se visualiza el software de gestión.

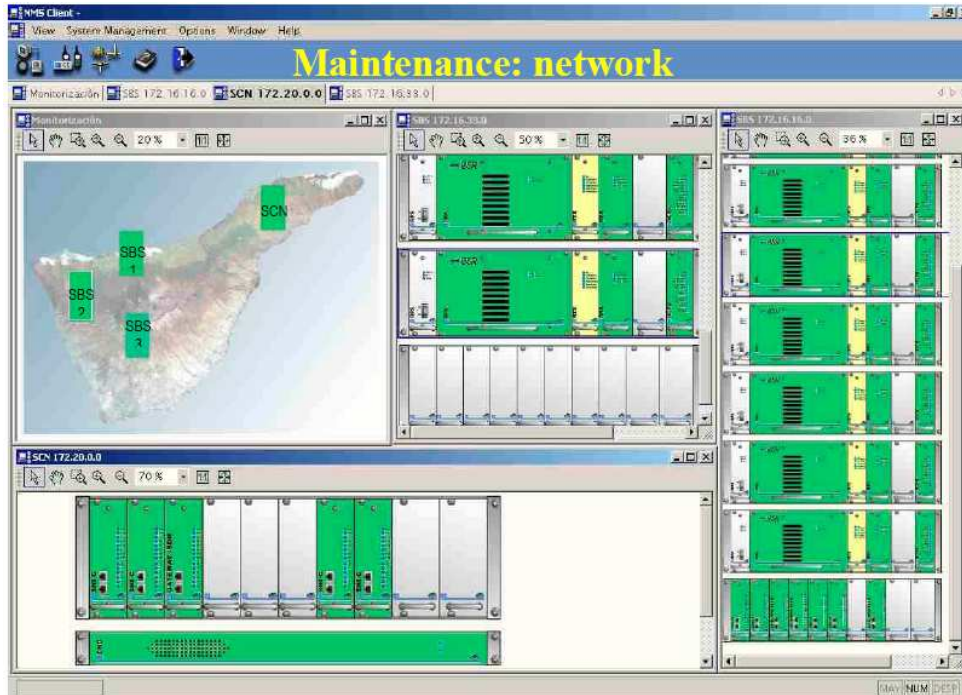


Gráfico 2. 81 Gestión de Configuración Nebula

Fuente: Descripción técnica de infraestructura TETRA Teltronic
Elaboración: Teltronic

- Gestión de seguridad.

Permite un control “logging” de los usuarios NMS, así como también la autenticación de los terminales TETRA, adicionalmente el sistema realiza copias de seguridad de la configuración de las bases de datos del CNC.

EL SCN se encuentra desarrollado internamente sobre tecnología Ethernet IP, permitiéndolo incrementar sus funcionalidades de manera modular, Nébula comercialmente presenta alternativas muy acorde a las necesidades de los usuarios, razón por lo cual integra:

- MAM (Módulo de alarmas y mantenimiento)

Este dispositivo, permite al operador o administrador de la red, mostrar de forma visual las alarmas existentes en el sistema bajo un nivel de prioridades, brindando las facilidades de ofrecer un mantenimiento adecuado a todas las unidades alarmadas

- SNI (Interfaz nodo - estación base)

Es un dispositivo utilizado en la interconexión del SCN con el SBS a través de enlaces sincrónicos como V.35, G.703/G.704 (E1/T1) e ISDN. Para llevar el tráfico de voz generado por un usuario hacia otros usuarios, grupos o flotas programadas en el sistema.

- Voice Recorder

Este periférico permite almacenar las comunicaciones efectuadas entre usuarios para un control de registro y seguridad de las llamadas. Por su extensa gama de configuración, este dispositivo permite almacenar las conversaciones en formatos MP3 y WAV para optimizar el espacio de memoria utilizada. Adicionalmente por su registro de almacenamiento histórico, realiza búsquedas de acuerdo a la fecha y hora de la llamada, para la reproducción del archivo almacenado.

- Telephone Gateway

Este dispositivo permite a los usuarios un acceso a una línea telefónica convencional desde su equipo terminal, cualidad muy ventajosa en casos de seguridad en los cuales se necesite efectuar una comunicación con personal fuera de la red TETRA.

- Otros periféricos

Debido al sistema modular integrado bajo protocolos IP, el sistema es accesible a servicios adicionales como Gateway SMS-GSM que permite enviar mensajes escritos desde un teléfono móvil hacia un equipo terminal TETRA o viceversa; Firewall para permitir un control del acceso del personal que ingresa a la red; Gateway para mantenimiento remoto, etc.

2.3.9.2 SBS (Site Base Station)

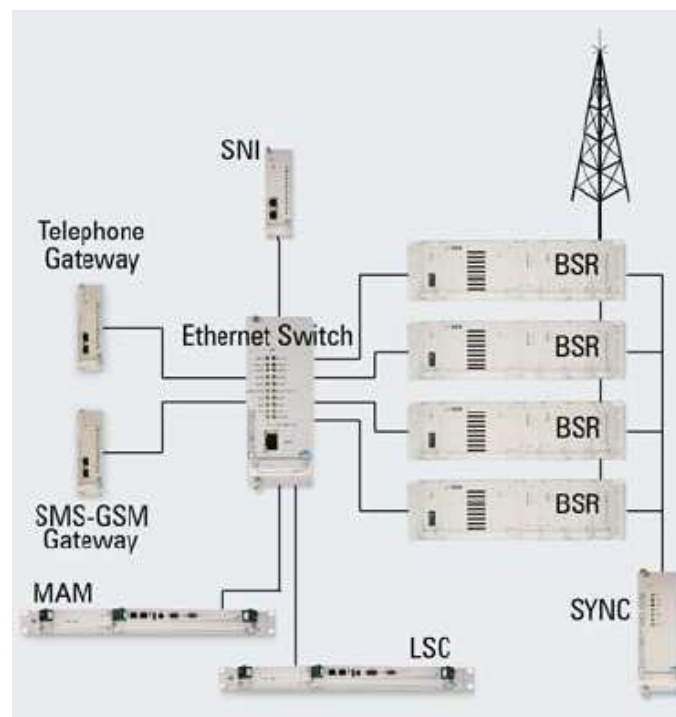


Gráfico 2. 82 SBS (Site Base Station) - Nébula

Fuente: Brochure V.5 Nébula Teltronic
Elaboración: Teltronic

La estación base es un complejo sistema de recepción de tráfico de los usuarios, esta conformado por las BSR's que son las repetidoras de zonas o portadoras, presenta internamente una tarjeta de sincronismo que permite realizar un handover de las llamadas dentro de la zona.

Su integración con la red TETRA es realizada mediante la interconexión al SCN a través del SNI, cabe recalcar que su funcionamiento puede también ser autónomo mediante el uso del dispositivo LSC (Controlador de zona local), permitiendo realizar llamadas de voz en caso de corte de las comunicaciones de la zona con el nodo.

Una de las principales fortalezas del sistema Nébula es la capacidad que ofrecen sus equipos en la escalabilidad de la capacidad, permitiendo un control de hasta 250 portadoras por nodo y hasta 25 portadoras por estación base. En la gráfica 2.82 se indica la estructura física de la SBS.

2.3.9.3 Topología NEBULA

La tecnología NEBULA es centralizada a nivel de control y con una amplia variedad de posibilidades de enlace. Las variantes son distintas dependiendo de la red de transporte utilizada. En la gráfica 2.83 se indica la topología de la red Nebula con sus diferentes medios de conectividad.

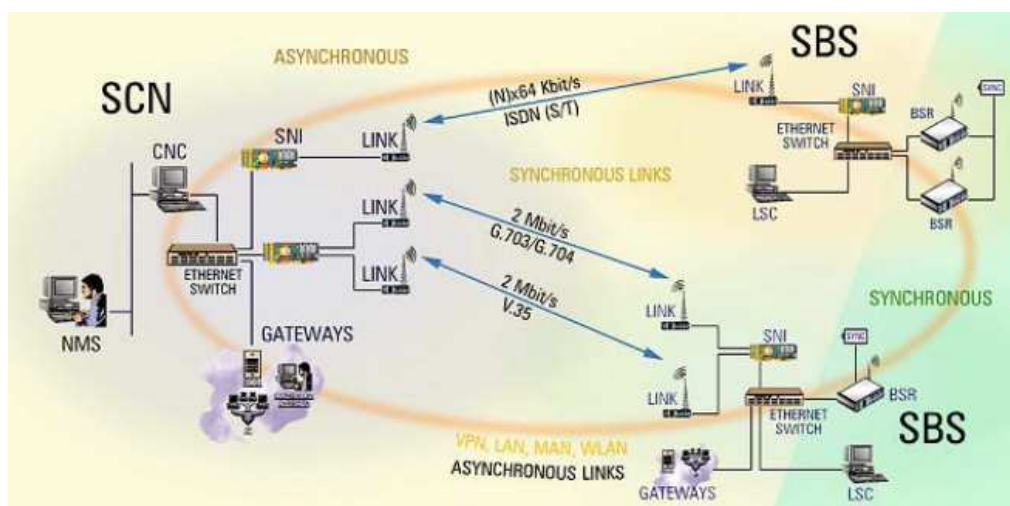


Gráfico 2. 83 Topología Nébula

Fuente: Brochure V.5 Nébula Teltronic
Elaboración: Teltronic

Los enlaces sincrónicos que permite el sistema son:

- E1/T1 (G.703/G.704)
- V.35
- ISDN BRI (S/T)
- G703 Codireccional.

Los enlaces asincrónicos que permite el sistema son:

- VLAN (Redes virtuales LAN)
- WLAN (Redes inalámbricas LAN)
- WIMAX
- Routers.

2.3.9.4 Hardware

Nébula presenta unidades funcionales sobre infraestructura TETRA de 2ª generación, desarrollada íntegramente por Teltronic. 100% estructura interna basada en Ethernet / IP.

2.3.9.4.1 Plataforma Nébula.

La tecnología IP utilizada en el desarrollo de Nébula permite trabajar con el concepto de "Matriz de conmutación distribuida por paquetes", lo cual permite realizar diferentes servicios estándares de telecarga de software remoto mediante FTP, configuraciones remotas del sistema con http y Telnet y monitoreo del sistema mediante SNMP.



Características Generales

- Alimentación: AC: 115/230V
DC: 24V o -24V
- Consumo: 150 Watios por portadora con potencia máxima.
- Rango de temperatura: -20°C a +55°C
- Diversidad en recepción: Doble de serie, triple más una cuarta cadena para redundancia como opción.
- Sistema Ethernet: Fast Ethernet 100 Mbps
- Capacidad de Switch: 1,6 Gbps
- Límite de portadoras SCN: 250 BSR
- Tiempo de establecimiento de llamada: 200ms.

Gestión de movilidad

- Registro/De-registro
- Re selección de célula

Seguridad

- Autenticación
- Cifrado aire

Gestión de grupos

- Activación/Desactivación de grupos.
- Grupos múltiples
- Selección de área
- Reagrupamiento dinámico de grupos

Servicios de voz

- Llamadas individuales y de grupo
- Llamadas a PSTN/PABX
- Llamada de emergencia

2.3.9.4.2 DT-410.

El terminal de despacho DT-410 es diseñado y fabricado por Teltronic, consiste en un terminal móvil TETRA integrado en una unidad de sobremesa en cuyo interior se incluyen también un altavoz de gran potencia y una fuente de alimentación AC/DC



Características Técnicas

- Dimensiones 310 x 320 x 110 mm
- Peso 5Kg.
- Alimentación Fuente de alimentación conmutada.
- Voltaje 12 VDC
- Operating Temperature 0 °C a 50 °C.
- Altavoz 3", 5W, 4ohm. / Salida para altavoz externo

Características mecánicas

- Chasis de chapa galvanizada.
- Carcasa de plástico ABS, superficie texturizada.

Bandas de Frecuencia

- 350-370MHz (10W) / 380-400MHz (10W) / 410-430MHz (10W)
- 450-470MHz (10W) / 806-870MHz (3W)

Soporta los siguientes servicios:

a. Servicios de Voz

- Llamada de Grupo.
- Llamada Broadcast (difusión).
- Llamada Individual semi duplex con señalización Directa / Hook.
- Llamada Duplex.
- Llamadas telefónicas (PSTN y PABX).
- Transmisión de dígitos DTMF.
- Edición de los Gateways PSTN y PABX mediante MMI.
- Llamada de Emergencia (tipo y dirección destino programables).
- TPI y CLI (S.S.).
- Prioridad de llamada programable para todos los tipos de llamadas de voz.

b. Gestión de Grupos

- 1050 grupos (para TMO, DMO o ambos).
- Escaneo de grupos.
- Entrada tardía (Late Entry S.S.).
- Selección de área.

c. Seguridad

- Seguridad TETRA Clase 3:
- Autenticación del terminal.
- Autenticación mutua.
- Cifrado Interfaz Aire SCK / DCK (TEA2, TEA1).
- OTAR.
- Habilidad / Deshabilitación remota (temporal / permanente).
- Códigos PIN / PUK.
- Cifrado extremo a extremo.

d. Servicios DMO

- Llamada de Grupo, Individual y Broadcast.
- Llamada de Emergencia.
- Prioridad de llamada programable.
- Entrada tardía (Late Entry S.S.).
- Identificación del equipo transmisor.
- Chequeo de presencia.
- Comunicaciones DMO Gateway / DMO Repetidor.

e. Servicios Suplementarios

- Asignación dinámica de grupos (DGNA S.S.).
- Escucha ambiente (AL S.S.).
- Llamada de inclusión.
- Desvío de llamadas (CF S.S.).

2.3.9.4.3 MDT-400.

El radio digital MDT-400 es diseñado y fabricado por Teltronic, combina su atractivo diseño, la avanzada tecnología y la sencillez y facilidad de uso. Estas características lo hacen adecuado para una gran variedad de entornos profesionales. La configuración vehicular sobre controles de Ignición, Mute y Relé externo, lo hacen idóneo para un uso vehicular.



Características Técnicas

- Dimensiones
177 x 163 x 47,5 mm (solo transceptor radio -cuerpo base-)
195 x 163 x 61mm (con frente de control)
- Peso 1230/1400gr.
- Alimentación 12 VDC
- Consumo 4A (5A para 10W lx RF)

Características RF

- Canalización: 25KHz
- Ancho de Banda Rx / Tx: 20MHz
- Sensibilidad Estática / Dinámica: -112/-103 dBm
- Receptor Clase: A

Bandas de Frecuencia

- 350 - 470 MHz (10W)
- 380-400 MHz (10W)
- 410 - 430 MHz (3W)
- 450-470 MHz (10W)
- 806-870 MHz (3W)

Servicios Soportados

- Selección inicial de red
- Re-selección de célula:

Seguridad

- Seguridad TETRA Clase 3:
- Autenticación del terminal

- Autenticación mutua
- Cifrado Interfaz Aire SCK / DCK (TEA2, TEA1)
- OTAR
- Habilitación / Deshabilitación remota (temporal / permanente)
- Códigos PIN / PUK
- Cifrado extremo a extremo

Gestión de Grupos

- 1050 grupos (para TMO, DM0 o ambos)
- Escaneo de grupos
- Entrada tardía (Late Entry S.S.)
- Selección de área

Servicios de Voz

- Llamada de Grupo
- Llamada Broadcast (difusión)
- Llamada Individual semi duplex con señalización Directa / Hook
- Llamada Individual duplex
- Llamadas Telefónicas (PSTN/PABX)
- Edición de los Gateways PSTN y PABX mediante MMI
- Llamada de Emergencia (tipo y dirección destino programables)
- Prioridad de llamada programable para todos los tipos de llamadas de VOZ

Servicios DMO

- Llamada de Grupo, Individual y Broadcast
- Llamada de Emergencia
- Prioridad de llamada programable
- Entrada tardía (Late Entry S.S.)
- Identificación del equipo transmisor

- Chequeo de presencia
- Comunicaciones DMO Gateway / DMO Repetidor

Servicios Suplementarios

- Asignación dinámica de grupos (DGNA S.S.)
- Llamada de inclusión (10 S.S.)
- Desvío de llamadas (CF S.S.)

Opciones

- GPS interno
- GSM Interno
- Cifrado interfaz aire SCK/ DCK (TEA2, IEAI)
- Entradas / Salidas programables (incluye todo el hardware para permitir un uso personalizado según la aplicación):
- Interfaz de Línea (E & M)
- Interfaz de Línea de audio (600 ohm)
- Control de ignición
- Control de Mute / Control relé externo
- Eventos especiales
- PTT, AUX, HANG externos

2.3.9.4.4 HTT-500.

El HTT-500 es un terminal moderno y potente, que incorpora los últimos avances tecnológicos en servicios y seguridad.



Características técnicas

- Dimensiones (H x W x L): 144.2 x 59 x 37mm
- Peso: aprox 350gr
- Potencia de salida de audio: 1W
- Vida de la Batería 5/5/90 (1W): >18h
- Vida de la Batería 5/5/90 (3W): >14h
- Display: TFT color 1,8" (128 x 160 pixels & 65.000 colores)

Características RF

- Potencia de salida TX: desde 15mW a 3W (Class 3)
- Receptor Clase A
- Sensibilidad Estática -112dBm
- Sensibilidad Dinámica: -103dBm

Bandas de Frecuencias

- 380-400 & 410-430 MHz
- 410-430 & 450-470 MHz
- 806-870 MHz

Gestión de Movilidad:

- Registro / De-registro, Re-selección de célula (handover)

Seguridad Clase 2 y 3:

- Autenticación (terminal y mutua)
- Cifrado Interfaz Aire:
- Clase 1: Clear
- Clase 2: SCK
- Clase 3: DCK

- Algoritmos: TEA1, TEA2 & TEA3
- OTAR (Over The Air Rekeying)
- Habilitación / Deshabilitación (Temporal y permanente)

Servicios de voz

- Individual /Grupo, Semidúplex / Dúplex
- PABX / PSTN
- Normal/Prioridad/Emergencia
- Registro de Llamadas Principales

Servicios Suplementarios:

- Asignación dinámica de grupos (DGNA)
- Entrada tardía (LE)
- Identificación del equipo llamado (CLI)
- identificación del equipo llamante (TPI)
- Llamada prioritaria (PC)

Configuraciones

- Básica
- GPS
- Bluetooth®
- GPS + Bluetooth®
- E2EE (Cifrado extremo a extremo) + GPS

DISEÑO Y ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN DIGITAL CON LA TECNOLOGÍA TRUNKING ASTRO 25 DE MOTOROLA PARA LOS POLIDUCTOS SHUSHUFINDI - QUITO Y ESMERALDAS – QUITO – AMBATO.

3.1 CRITERIOS DE DISEÑO

Para satisfacer todas las necesidades de mejoramiento de todo el sistema de comunicación se ha escogido la tecnología de ASTRO 25 de Motorola como una de las mejores propuestas por cuanto nos ofrece una fácil actualización del sistema de PETROCOMERCIAL, como ya se indico en el capitulo 2, el sistema Astro 25 puede trabajar con equipos tanto analógicos como digitales, lo cual económicamente es conveniente, pues se puede seguir usando el sistema anterior hasta cambiarlo completamente, para mayor información técnica referirse al Anexo F.

En cuanto al diseño del sistema de comunicación digital Trunking ASTRO 25 de Motorola, se usa como base las estaciones actuales del sistema de radio que dispone PETROCOMERCIAL, las cuales ya fueron estudiadas en el capitulo I.

Se empezará tomando este criterio, debido a que esta propuesta de fortalecimiento del sistema de radio actual, comprende de la misma marca de fabricante de equipos de comunicación (Motorola) que se esta usando hoy en día en los diferentes poliductos y terminales.

Como se vio en el capítulo II el sistema Trunking ASTRO 25 de Motorola dispone una tecnología escalable, por lo cual es posible realizar una actualización de los métodos de procesamiento de la información, de forma que el usuario no tenga que realizar una gran inversión en el rediseño de todo el sistema de comunicación que posea.

Para esto es necesario empezar hablando de la migración de equipos netamente analógicos a equipos híbridos como son las repetidoras ASTRO 25 de Motorola, que soportan comunicaciones tanto en modo analógico como en modo digital.

3.2 PLANTEAMIENTO DEL DISEÑO

Debido a las características de centralización de toda la información que maneja el sistema Trunking ASTRO 25, se procederá a estudiar a los diferentes Poliductos como uno solo, dando un sistema de comunicación Trunking que disponga de un Sitio Master que administre todo el tráfico entrante y saliente de la red de comunicación de PETROCOMERCIAL, como se muestra en el siguiente gráfico.

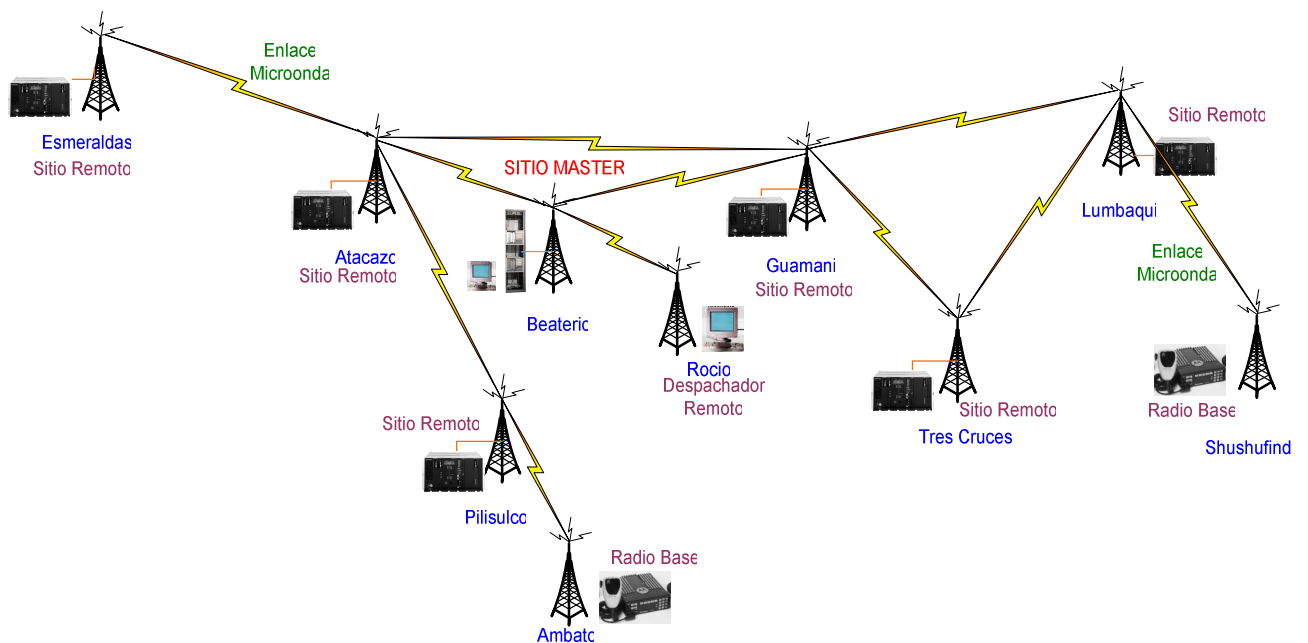


Gráfico 3. 1 Red Astro 25 para PETROCOMERCIAL

Fuente: PETROCOMERCIAL

Elaboración: Los Autores

Como se puede apreciar en el gráfico 3.1 todos los sitios remotos serán los encargados de recoger todo el audio de los usuarios en sus respectivas zonas de cobertura, mediante su equipo de radio Astro 25 para 800 MHz, este

equipo será conectado a los enlaces de datos microondas ya existentes en PETROCOMERCIAL, mediante los cuales todo el tráfico será llevado hasta el sitio master, donde se procesará y administrará el audio, para hacer posible la comunicación de un sitio remoto a otro.

A continuación se presentan los diferentes sitios existentes en la Red Astro 25:

3.2.1 Estudio del Sitio Master

Para el Sitio Master se ha tomado en cuenta que, el centro de las operaciones del departamento de Telecomunicaciones para todo el Poliducto de la Regional Norte de PETROCOMERCIAL es el Terminal Beaterio, ubicado en la provincia de Pichincha, parroquia de Chillogallo, cantón Quito en el kilómetro 12 de la Panamericana Sur. Es desde aquí donde se monitoreará, administrará y realizará todo el mantenimiento del funcionamiento de la red Trunking, para su correcto desempeño.

3.2.2 Despachador remoto

Adicionalmente al sitio Master se usará un sistema de Despachador remoto en el departamento de Telecomunicaciones del Edificio “El Rocío” de PETROCOMERCIAL, ubicado en el centro de Quito en la Alpacana y 6 de Diciembre. Este departamento ayudará al monitoreo y programación de los recursos de red, para realizar un trabajo en conjunto con el Sitio Master.

3.2.3 Estudio de los sitios de repetición

Los diferentes Sitios de Repetición son ubicados estratégicamente de forma que se pueda dar una completa cobertura a lo largo de ambos poliductos y cada uno de estos Sitios estarán conectados hacia el Sitio Master, a través de enlaces microondas ya existentes en todos los Poliductos de

PETROCOMERCIAL, desde donde se administrará todo el tráfico y procesamiento de llamadas.

Como ya se dijo anteriormente hemos tomado como lugares de repetición todos aquellos sitios en los cuales ya se dispone de infraestructura propia de PETROCOMERCIAL. De esta forma se quiere aprovechar todos los recursos que actualmente se dispone a lo largo del poliducto, para poder dar una solución económica basada en el rehúso de recursos, lo cual representa un ahorro de dinero a la hora de implementar una nueva red.

A continuación presentaremos las descripciones que poseen todos estos sitios considerados en el diseño:

- Una característica muy importante es que en todos estos lugares ya se dispone de una infraestructura de comunicación, con la cual se a ha venido trabajando desde ya hace varios años.
- Se dispone de un lugar propio de PETROCOMERCIAL, por lo cual no se tiene que pagar alquiler del terreno.
- Cada uno de estos Sitios tiene su propia vía de acceso, lo cual facilita los trabajos de transporte, instalación y mantenimiento de equipo
- Se dispone también de una acometida de energía eléctrica por parte de la empresa suministradora, lo cual facilita la puesta a funcionamiento de los diferentes equipos de comunicación.
- Podemos decir que los terrenos de cada lugar son firmes y presentan una buena conductividad para puestas de tierra, de manera que el equipo puede ser protegido con todas las seguridades estandarizadas.

A continuación se presenta una descripción geográfica de todos los sitios tomados en consideración para poder cubrir los distintos Poliductos, los cuales se muestran en el gráfico 3.2.

Cerro Guamaní

El cerro Guamani se encuentra ubicado en el límite de la provincia de Pichincha con Napo y cuya ubicación geográfica es $00^{\circ}19'00''\text{S}$ y $78^{\circ}11'22''\text{W}$.

Cerro Tres Cruces

Este cerro se encuentra ubicado en el Recinto de Tres Cruces en la provincia del Napo con las coordenadas $00^{\circ}16'02''\text{S}$ y $77^{\circ}45'46''\text{W}$.

Cerro Lumbaqui

Este cerro se encuentra ubicado en el Pueblo de Lumbaqui en la provincia del Tena con las coordenadas $00^{\circ}01'08.00''\text{S}$ y $77^{\circ}19'11.00''\text{W}$

Cerro Atacazo

Este cerro se encuentra al sur de Quito en las coordenadas $00^{\circ}18'30''\text{S}$ y $78^{\circ}36'37''\text{W}$. Es el sitio más cercano al sitio master , donde se tiene una caseta para los diferentes equipos de comunicación y una torre de 30 metros de altura.

Cerro Pilisurco

El cerro Pilisurco se encuentra ubicado en la provincia de Ambato con las siguientes coordenadas $01^{\circ}08'43''\text{S}$ y $78^{\circ}40'54''\text{W}$.

Cerro Balao

El cerro Balao se encuentra ubicado en la provincia de Esmeraldas con las siguientes coordenadas $00^{\circ}58'35''\text{N}$ y $79^{\circ}40'12''\text{W}$.



Gráfico 3.2 Sitios de Repetición del Poliductos Shushufindi – Quito y Esmeraldas - Quito - Ambato

Fuente: PETROCOMERCIAL
Elaboración: Los Autores

3.3 CÁLCULO DEL ÁREA DE COBERTURA

Para el estudio de cobertura del sistema de comunicación empezaremos seleccionando la banda de frecuencia en la cual vamos a trabajar.

Hemos tomando en consideración la alta demanda del espectro radioeléctrico para los sistemas de radio comunicación, y es por esto que encontramos que en las bandas VHF existe gran demanda del espectro radioeléctrico por parte de las empresas que trabajan en estos rangos, limitando de esta forma el uso de estas frecuencias.

El gran uso de estas bandas se ve reflejado en grandes problemas como son:

- Las interferencias entre canales adyacentes.
- La escasez de frecuencias para estas bandas
- Los altos niveles de ruido que afectan a las comunicaciones.

El diseño esta orientado a ofrecer un alto grado de servicio de comunicaciones, con una buena disponibilidad del sistema para momentos críticos y operaciones de grupos de trabajo. Es por esto que hemos orientado nuestra propuesta a una banda de mayor eficiencia espectral como es la banda de 800 MHz, la cual está estandarizada para uso de agencias de seguridad pública y gubernamentales como es el caso de PETROCOMERCIAL.

Esta propuesta esta orientada a brindar un sistema de comunicación digital de voz en base al desarrollo de última tecnología, para lo cual la banda de los 800 MHz es la mas opcionada a cumplir con estas expectativas, ya que las tendencias de las radiocomunicaciones esta orientada al uso de estas bandas.

Actualmente en el país encontramos dos empresas de telefonía celular trabajando en la banda de los 800 MHz, lo cual no presenta ningún inconveniente debido a que esta banda esta estandarizada para el uso de tanto sistemas celulares como para agencias gubernamentales. Lo cual se puede aprecia en el siguiente diagrama:

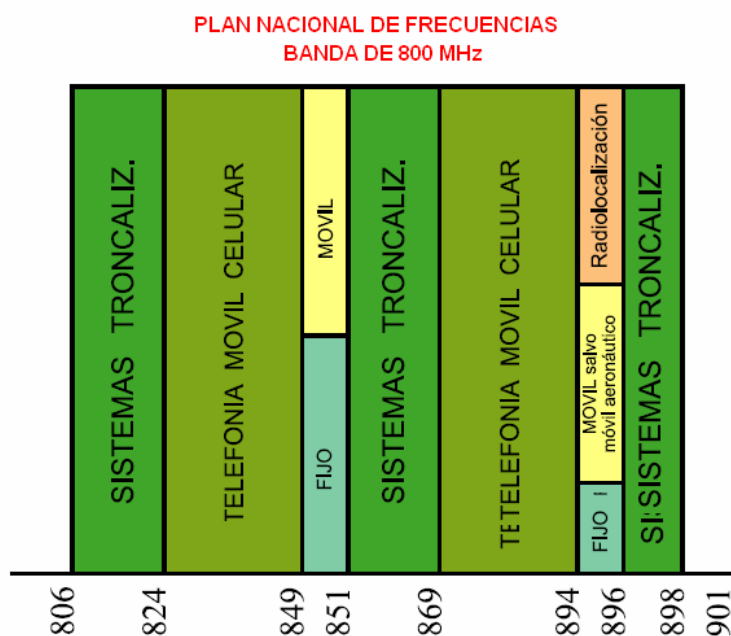


Gráfico 3. 3 Banda de Frecuencia en los 800 MHz.

Fuente: CONATEL
Elaboración: CONATEL

3.3.1 Análisis Matemático

Tomando en consideración el modelo expuesto en el anexo E, procederemos hallar matemáticamente la cobertura de los diferentes sitios remotos trunking Astro 25.

Para los diferentes análisis matemáticos se necesita los parámetros de potencia de transmisión de los radio tanto bases (Repetidora Quantar Astro 25) como móviles (Radio móvil XTS 5000 ASTRO 25), así mismo su sensibilidad a la cual trabajan, estos datos han sido tomados de los data sheet proporcionados por el fabricante y se exponen en la siguiente tabla:

Campo Trunking	P de salida RBS sin perdidas		P de salida MS sin perdidas		Sensibilidad del receptor	Sensibilidad del transmisor
dBuV/m	W	dBm	dBm	W	dBm	dBm
38,5	85	49,29	34,77	3	-115	-117,5

DS	Ganancia de Diversidad	Potencia de Balanceamiento	Perdidas F y B	Frecuencia
dBm	dB	dBm	dB	MHz
2,5	0	37,27	3	800

3.3.2 Atacazo

Para este sitio de repetición procederemos a encontrar la distancia máxima de cobertura, en el cual usaremos una antena omnidireccional debido a que este es un punto central donde se dividen los dos Poliductos tanto el Esmeraldas – Quito – Ambato como el Poliducto Shushufindi – Quito.

Ganancia de Transmisión	Distancia media Rad Isotrópicamente	Coefficiente de Ate x Veg	Atenuación por vegetación	Campo mínimo en Recepción	Distancia
dBi	Km	dB/Km	dB	dBuV/m	Km
11,15	75,417	0,2	15,0834261	20,27	67,97

Mediante una antena de Ganancia de 11,15 dBi y ángulo de 360 grados, se logra cubrir una distancia de 67,97 Km, con lo cual se logra abarcar desde el cerro Atacazo hasta la estación de Santo Domingo por el Oeste y el cerro de Guamani por el Este, como se muestra en el siguiente gráfico:

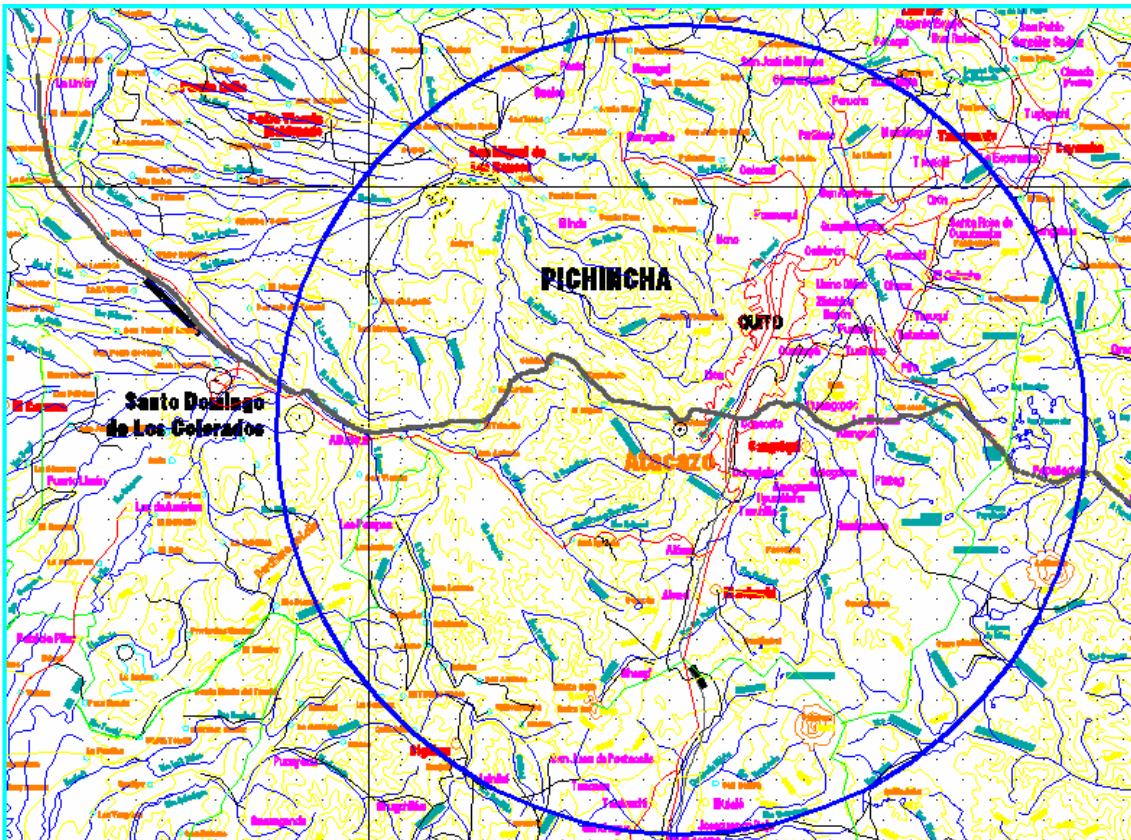


Gráfico 3. 4 Diagrama de Cobertura Cerro Atacazo

Fuente: PETROCOMERCIAL
Elaboración: Los Autores

Hay que recalcar que los gráficos de cobertura mostrados son una aproximación ideal a la cual las repetidoras Quantar irradiarían, pues para una apreciación más exacta se presentan las simulaciones de cobertura, donde se puede apreciar el nivel de señal con el cual se cubre en todo el trayecto.

3.3.3 Guamani

Para este sitio usaremos una antena direccional que apunte hacia el cerro Tres Cruces, para poder dar servicio de comunicación en el trayecto del poliducto desde Guamani hasta Tres Cruces. Especificaremos una antena con ganancia suficiente para poder cubrir la distancia de Guamani – Tres Cruces igual a 47,70 Km

Ganancia de Transmisión	Distancia media Rad Isotrópicamente	Coefficiente de Ate x Veg	Atenuación por vegetación	Campo mínimo en Recepción	Distancia
dBi	Km	dB/Km	dB	dBuV/m	Km
8,15	75,417	0,2	15,0834261	20,27	50,12

Mediante una antena de Ganancia de 8,15 dBi y 65 grados, se logra cubrir una distancia de 50,12 Km, con lo cual se logra abarcar desde el cerro Guamani hasta el cerro de Tres Cruces, como se muestra en el siguiente gráfico:

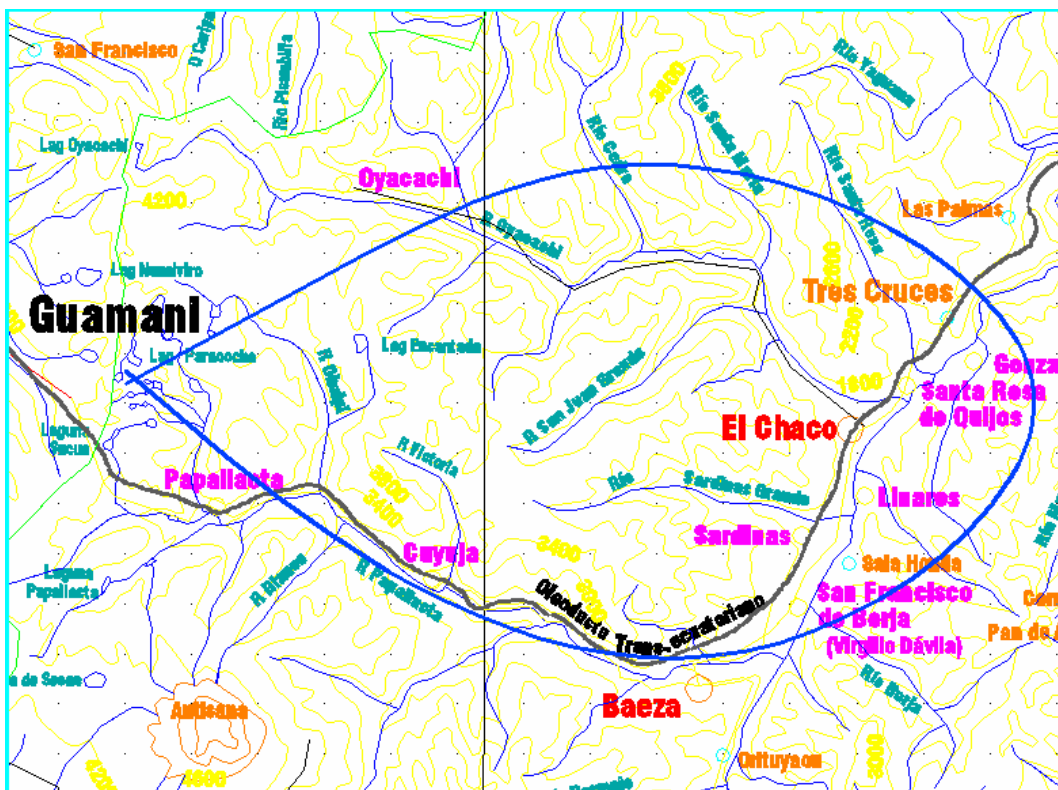


Gráfico 3.5 Diagrama de Cobertura Cerro Guamani

Fuente: PETROCOMERCIAL
Elaboración: Los Autores

3.3.4 Tres Cruces

Para este sitio usaremos una antena directiva que apunte hacia el cerro Lumbaqui, para poder dar servicio de comunicación en el trayecto del poliducto desde Tres Cruces hasta Lumbaqui. Especificaremos una antena con ganancia suficiente para poder cubrir la distancia de Tres Cruces - Lumbaqui igual a 57,44 Km

Ganancia de Transmisión	Distancia media Rad Isotrópicamente	Coefficiente de Ate x Veg	Atenuación por vegetación	Campo mínimo en Recepción	Distancia
dBi	Km	dB/Km	dB	dBuV/m	Km
11,15	75,417	0,2	15,0834261	20,27	68,97

Mediante una antena de Ganancia de 11,15 dBi y 45 grados, se logra cubrir una distancia de 68,97 Km, con lo cual se logra abarcar desde el cerro Tres Cruces hasta el cerro Lumbaqui, como se muestra en el siguiente gráfico:

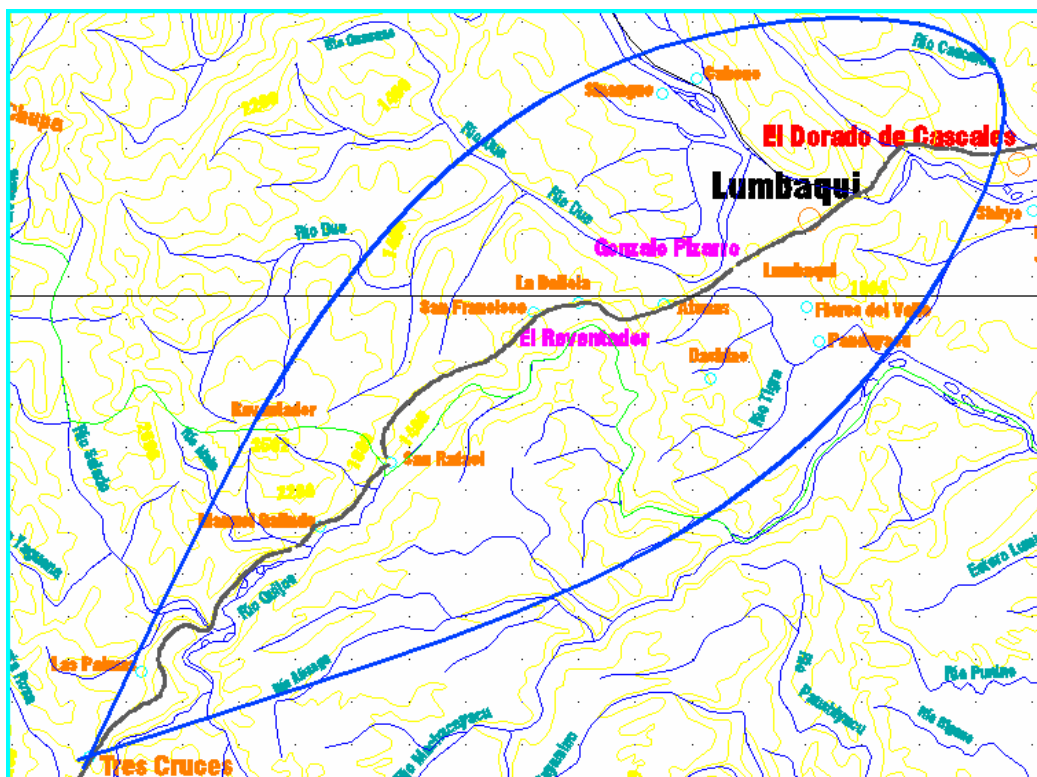


Gráfico 3. 6 Diagrama de Cobertura Cerro Tres Cruces

Fuente: PETROCOMERCIAL
Elaboración: Los Autores

3.3.5 Lumbaqui

Para este sitio usaremos una antena omnidireccional debido a la irregularidad del terreno entre la repetidora de Guamani y Lumbaqui. Lo que buscamos es dar mayor intensidad de señal para los lugares que no se puede cubrir con las repetidoras de Tres Cruces y Guamani. Especificaremos una antena con ganancia suficiente para poder cubrir la distancia de Lumbaqui - Shushufindi igual a 78,70 Km

Ganancia de Transmisión	Distancia media Rad Isotrópicamente	Coefficiente de Ate x Veg	Atenuación por vegetación	Campo mínimo en Recepción	Distancia
dBi	Km	dB/Km	dB	dBuV/m	Km
12,95	75,417	0,2	15,0834261	20,27	83,62

Mediante una antena de Ganancia de 12,95 dBi y 360 grados, se logra cubrir una distancia de 83,62 Km, con lo cual se logra abarcar desde el cerro Lumbaqui hasta la estación de Shushufindi por el Este y hasta el sector de Baeza por el Oeste, como se muestra en el siguiente gráfico:

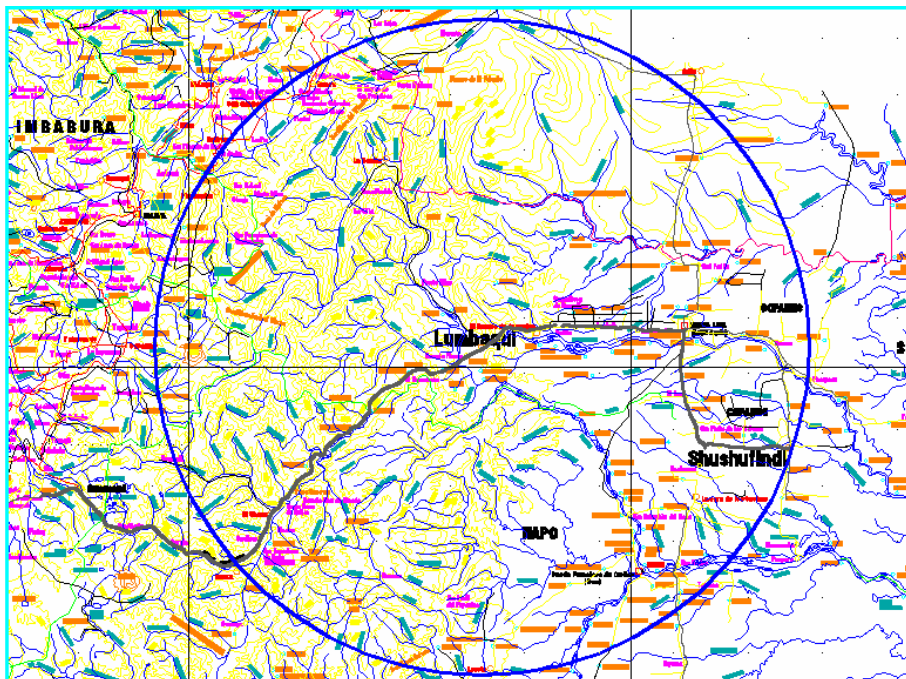


Gráfico 3. 7 Diagrama de Cobertura Cerro Lumbaqui

Fuente: PETROCOMERCIAL
Elaboración: Los Autores

3.3.6 Pilisurco

Para este sitio usaremos una antena Omnidireccional con la finalidad de poder cubrir las estaciones de Ambato y Riobamba por el Sur y solapar la zona de cobertura de la repetidora del cerro Atacazo por el Norte. Especificaremos una antena con ganancia suficiente para poder cubrir la distancia de aproximadamente 50,00 Km

Ganancia de Transmisión	Distancia media Rad Isotrópicamente	Coefficiente de Ate x Veg	Atenuación por vegetación	Campo mínimo en Recepción	Distancia
dB <i>i</i>	Km	dB/Km	dB	dBuV/m	Km
11,15	75,417	0,2	15,0834261	20,27	67,97

Mediante una antena de Ganancia de 11,15 d*B*i y 360 grados, se logra cubrir una distancia de 67,97 Km, con lo cual se logra abarcar todo el poliducto hasta la estación de Riobamba al Sur, como se muestra en el siguiente gráfico:

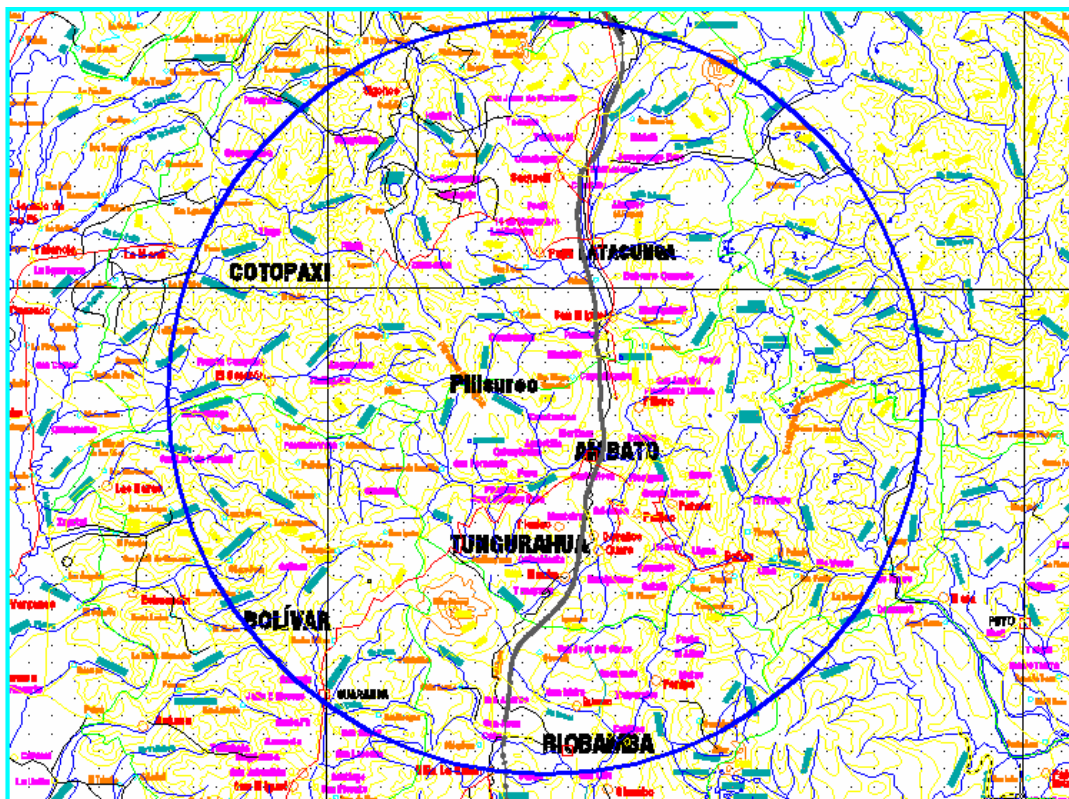


Gráfico 3. 8 Diagrama de Cobertura Cerro Pilisurco

Fuente: PETROCOMERCIAL
Elaboración: Los Autores

3.3.7 Balao

Para este sitio usaremos una antena direccional con la finalidad de poder cubrir el resto del poliducto Esmeraldas – Quito. Especificaremos una antena con ganancia suficiente para poder cubrir la distancia de aproximadamente 100 Km

Ganancia de Transmisión	Distancia media Rad Isotrópicamente	Coefficiente de Ate x Veg	Atenuación por vegetación	Campo mínimo en Recepción	Distancia
dB <i>i</i>	Km	dB/Km	dB	dBuV/m	Km
16,15	75,417	0,2	15,0834261	20,27	120,87

Mediante una antena de Ganancia de 16,15 dB*i* y 45 grados, se logra cubrir una distancia de 120,87 Km, con lo cual se logra abarcar todo el resto del poliducto Esmeraldas – Quito, desde Balao por el Norte hasta poder solapar la zona de cobertura de la repetidora del cerro Atacazo, como se muestra en el siguiente gráfico:

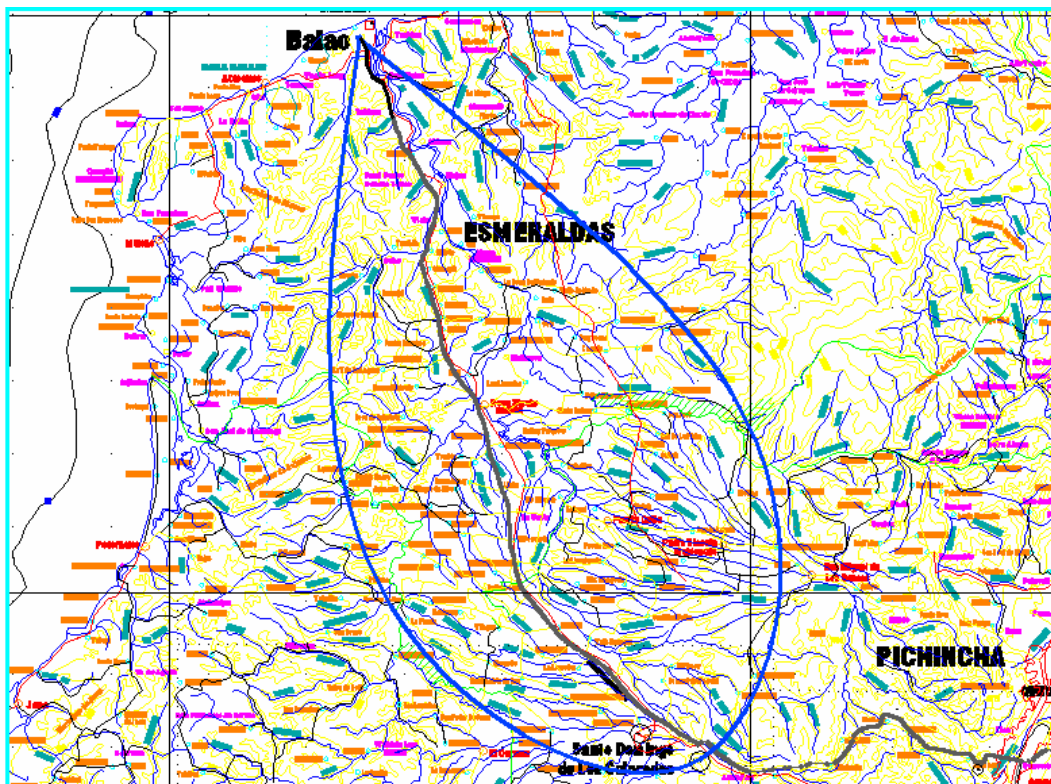


Gráfico 3. 9 Diagrama de Cobertura Cerro Balao

Fuente: PETROCOMERCIAL
Elaboración: Los Autores

A continuación se presenta los sitios de repetición en todo el poliducto de PETROCOMERCIAL, con sus respectivas zonas de cobertura, de forma tal que se logre dar una cobertura total en todo el trayecto del oleoducto Trans-Ecuatoriano.

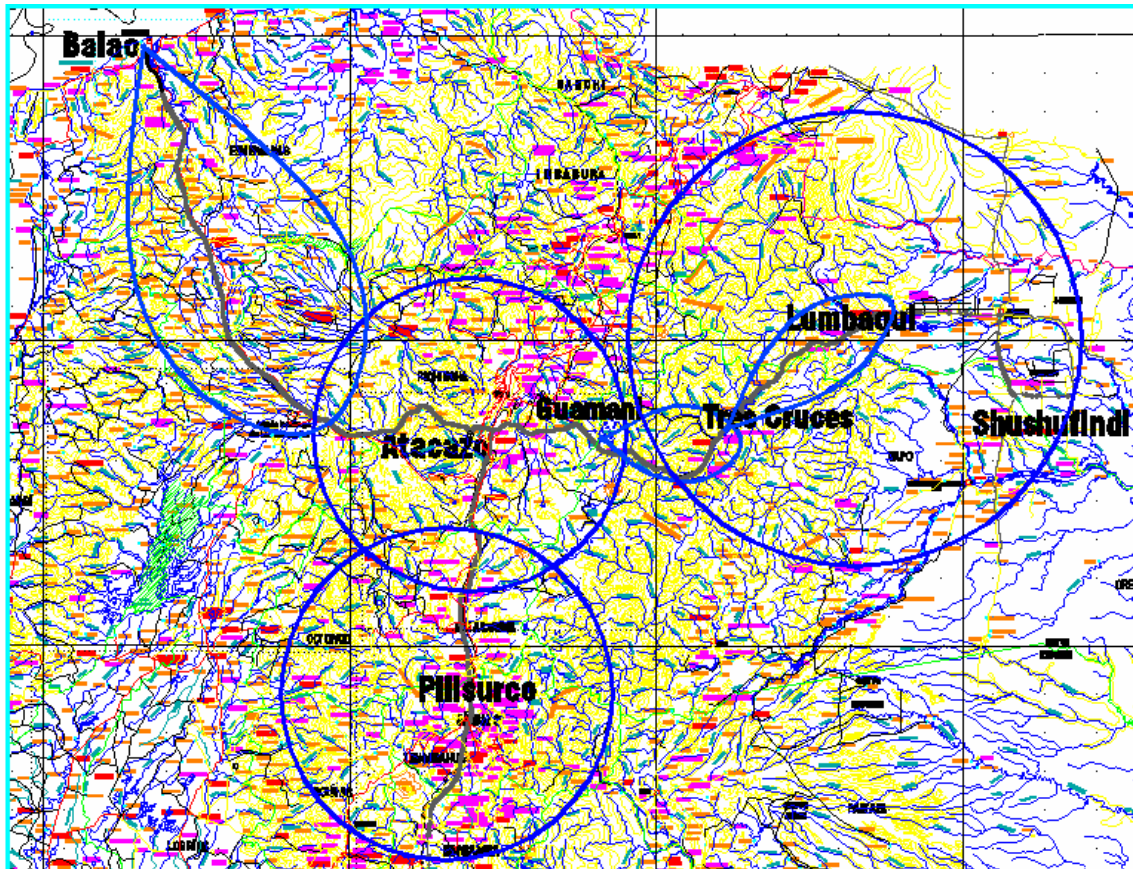


Gráfico 3. 10 Diagrama de Cobertura Poliductos Esmeraldas – Quito – Ambato y Shushufindi - Quito

Fuente: PETROCOMERCIAL
Elaboración: Los Autores

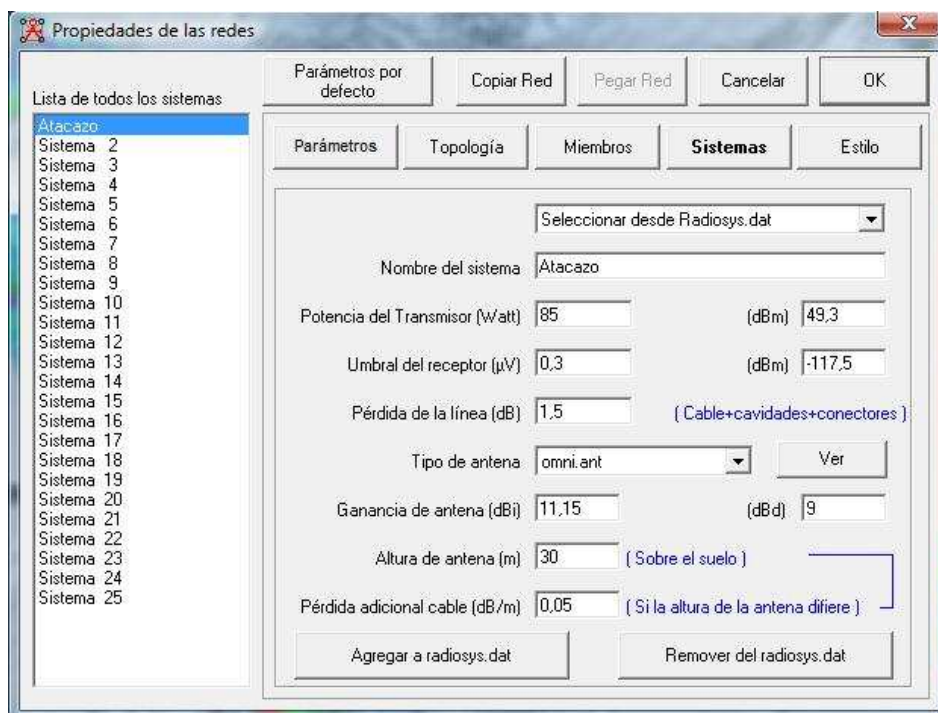
En cuanto a la simulación de los diagramas de áreas de cobertura, se presenta a continuación una síntesis de todos los sitios encontrados en la Red Astro 25 para los Poliductos de PETROCOMERCIAL.

3.4 SIMULACIÓN

Para poder tener una apreciación lo más cercana a la realidad nos valdremos de una simulación para la predicción teórica de las áreas de cobertura de los diferentes poliductos.

Al igual que la simulación para los enlaces microondas expuestos en el Anexo E, usaremos el sistema computacional para realizar estudios de predicción de sistemas de radio comunicación Radio Mobile, el cual como ya se dijo anteriormente nos proporciona una buena apreciación a la hora de pronostica el rendimiento de un sistema de radio.

Para la simulación se ha utilizado los siguientes parámetros:



A continuación se presenta la simulación del diagrama de cobertura polar para toda la red Astro 25 a lo largo de todo el Poliducto de la Regional Norte de PETROCOMERCIAL, es decir el Poliducto Esmeraldas-Quito-Ambato y Shushufindi-Quito.

Mediante el programa Radio Mobile hemos podido simular los niveles de cobertura que tenemos en cada sitio de repetición con sus respectivos parámetros de funcionamiento como es:

- Ganancia de Antena
- Angulo de Antena
- Potencia de transmisión
- Sensibilidad del transmisor
- Y perdidas por cables y conectores.

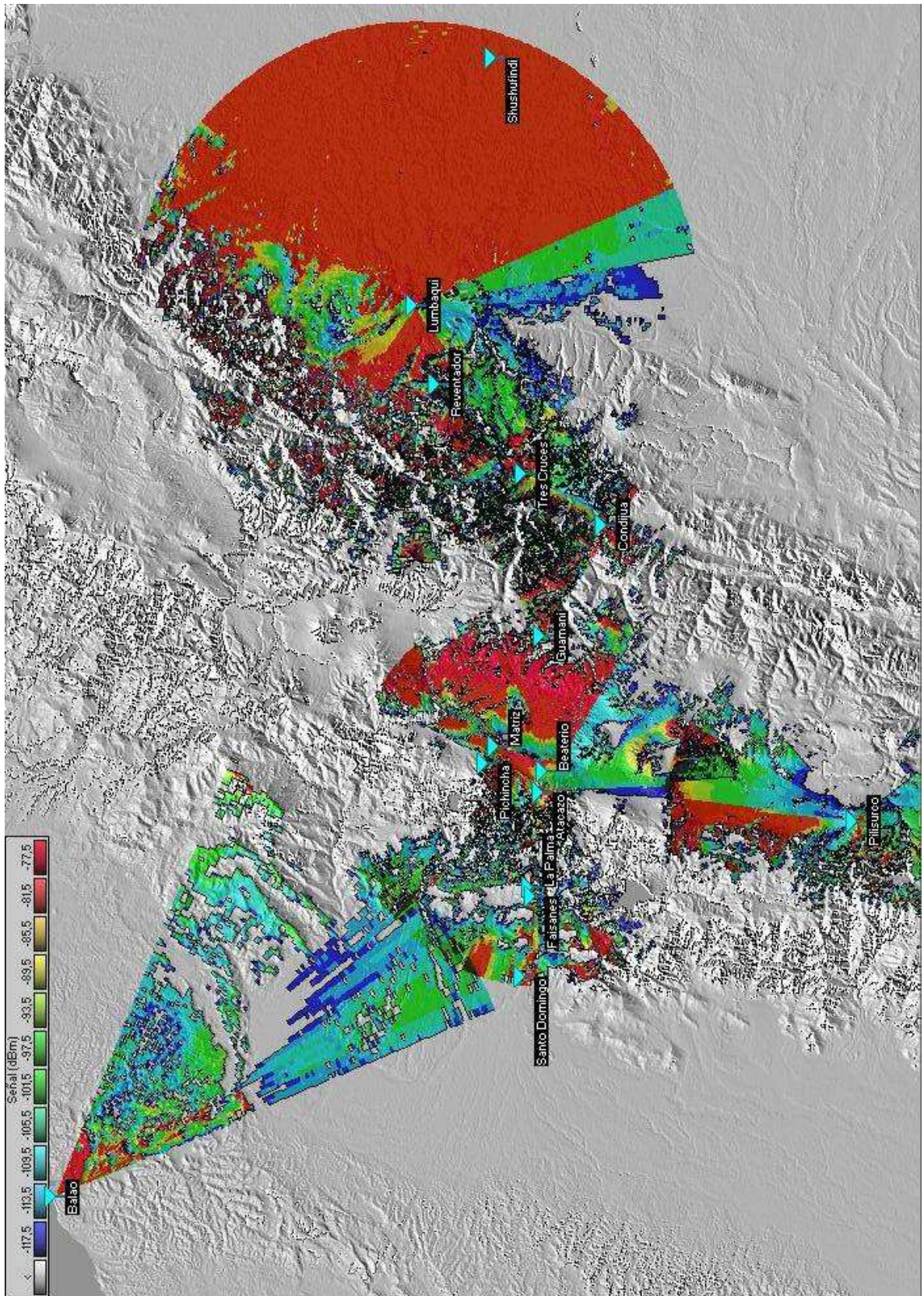


Gráfico 3. 11 Simulación de Cobertura Poliductos Esmeraldas – Quito – Ambato y Shushufindi - Quito

Fuente: PETROCOMERCIAL
Elaboración: Los Autores

Motorola nos permitió tener acceso a una simulación de la predicción teórica de las áreas de cobertura para el sistema Trunking ASTO 25 en la banda de los 800 MHz, tanto para radios móviles como para radios portátiles. Esta simulación se la realizó en base a los siguientes parámetros:

Parámetros:

- Potencia de salida del Repetidor 5.33 W.
- Ganancia de la antena del Repetidor 11 dB.
- Altura de la torre 30 m.
- Pérdida de Feeder y Branching 2dB.
- Potencia de salida del Móvil 3 W.
- Ganancia de la antena Móvil 0 dB.
- Sensibilidad del receptor – 118 dBm.
- Atenuación por vegetación e irregularidad del terreno 15dB,

Las gráficas de simulación son la representación más aproximada de la realidad, donde nos permite tener una apreciación muy clara de los niveles de señal que se puede tener en toda la extensión de cobertura.

Es importante recalcar que se cumple con todos los patrones y aplicaciones de emisiones para servicios troncalizados de voz dado por el Reglamento Internacional de Telecomunicaciones.

A continuación se muestran los diagramas de predicción de cobertura tanto para radios portátiles como para radios móviles, en base al nivel de intensidad de campo eléctrico con la cual se irradia en todas las zonas:

PREDICCIÓN TEORICA DE COBERTURA

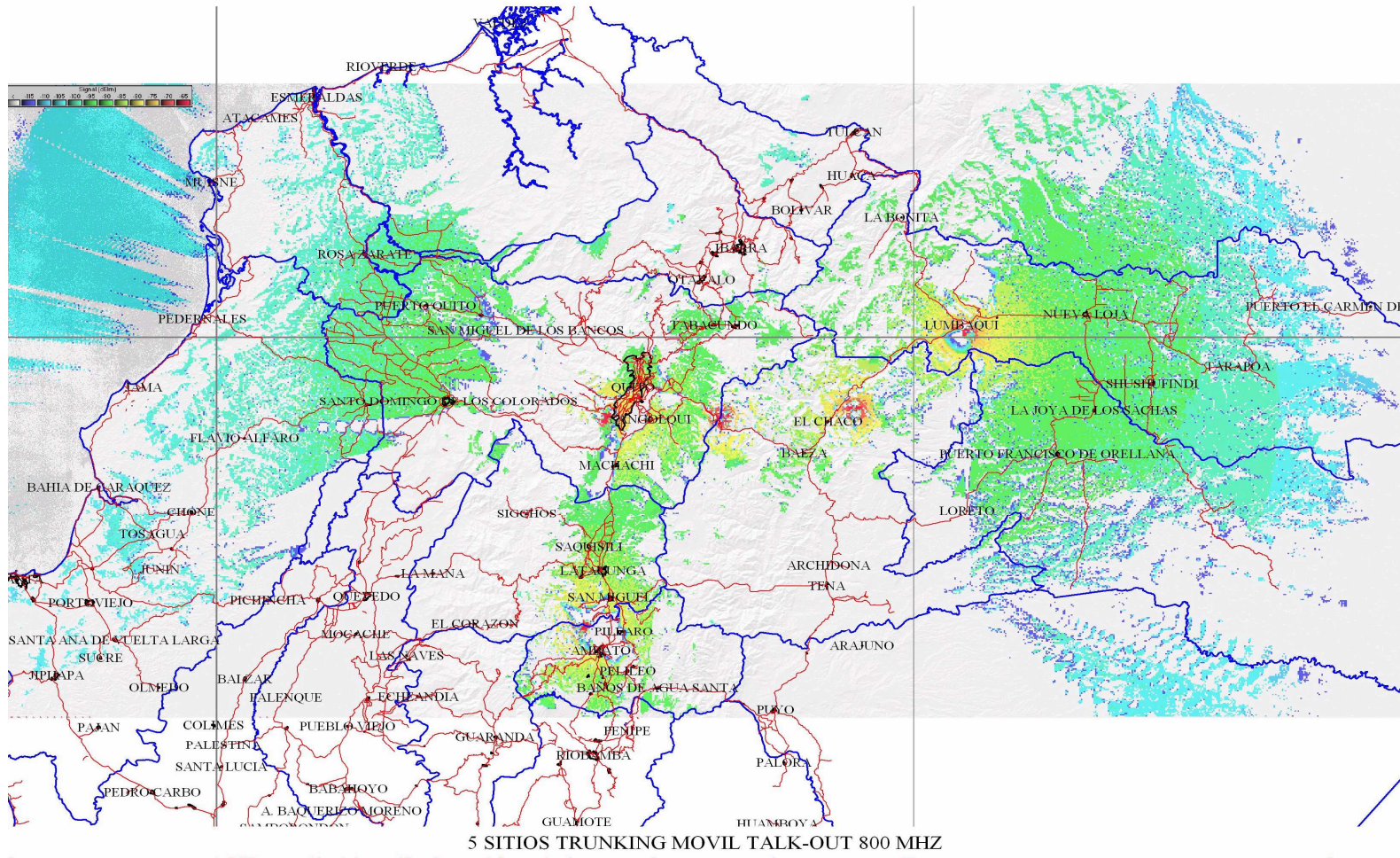


Gráfico 3. 12

Predicción teórica de cobertura (Radios Móviles)

Fuente: PETROCOMERCIAL

Elaboración: Los Autores - Motorola

PREDICCION TEORICA DE COBERTURA

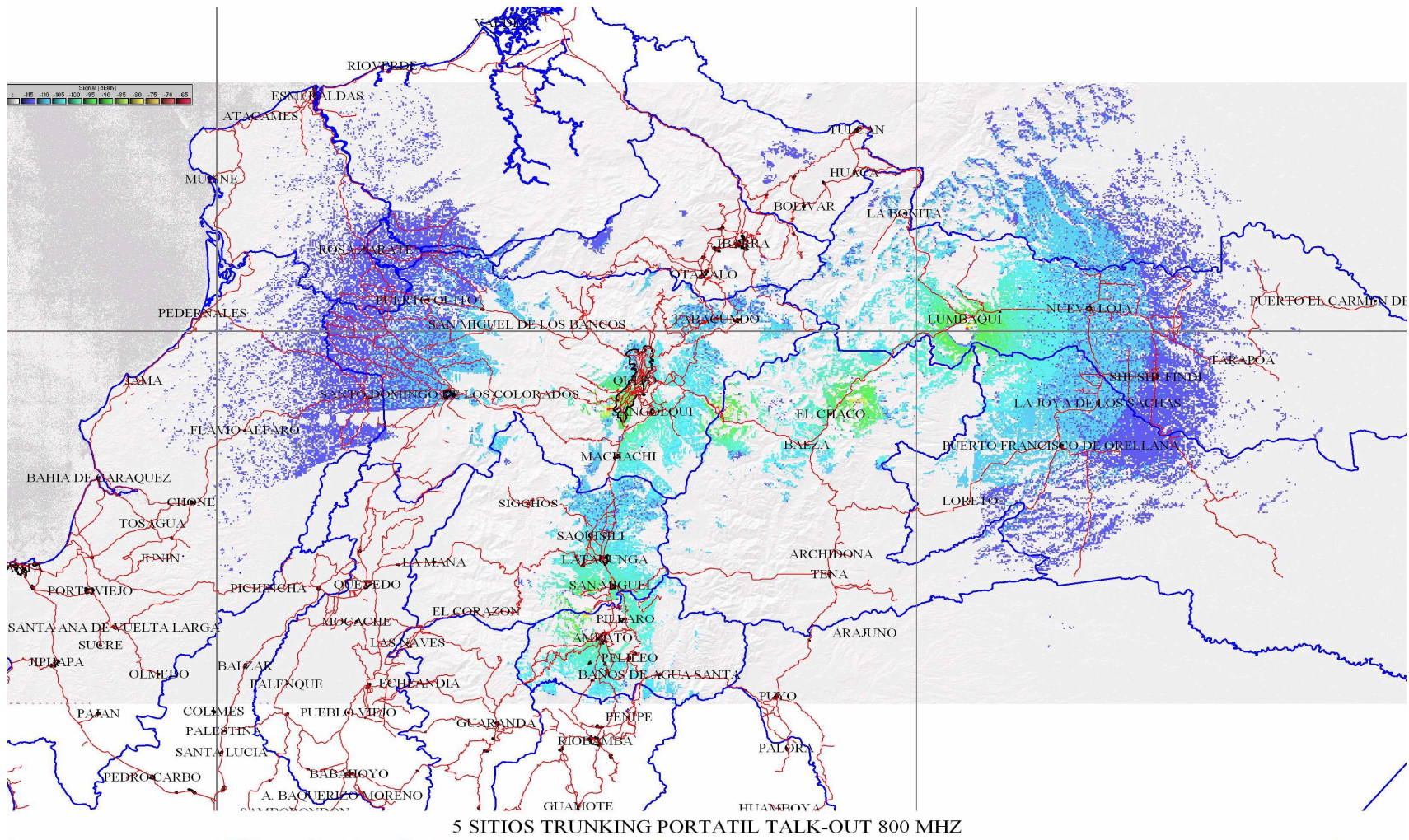


Gráfico 3. 13

Predicción Teórica de Cobertura (Radios Portátiles)

Fuente: PETROCOMERCIAL

Elaboración: Los Autores – Motorota.

3.5 ESPECIFICACIÓN DE HARDWARE

Para la especificación de toda la red, en cuanto a las configuración de hardware y software, en los respectivos sitios (Master y Remotos) se trabajará con toda la estructura del sistema Trunking ASTRO 25 de Motorola, la cual se especificó en el capítulo de II.

A continuación se presenta una estructura centralizada mediante radio enlaces al Sitio máster, el cual es el encargado de asignar todos los recursos del sistema:

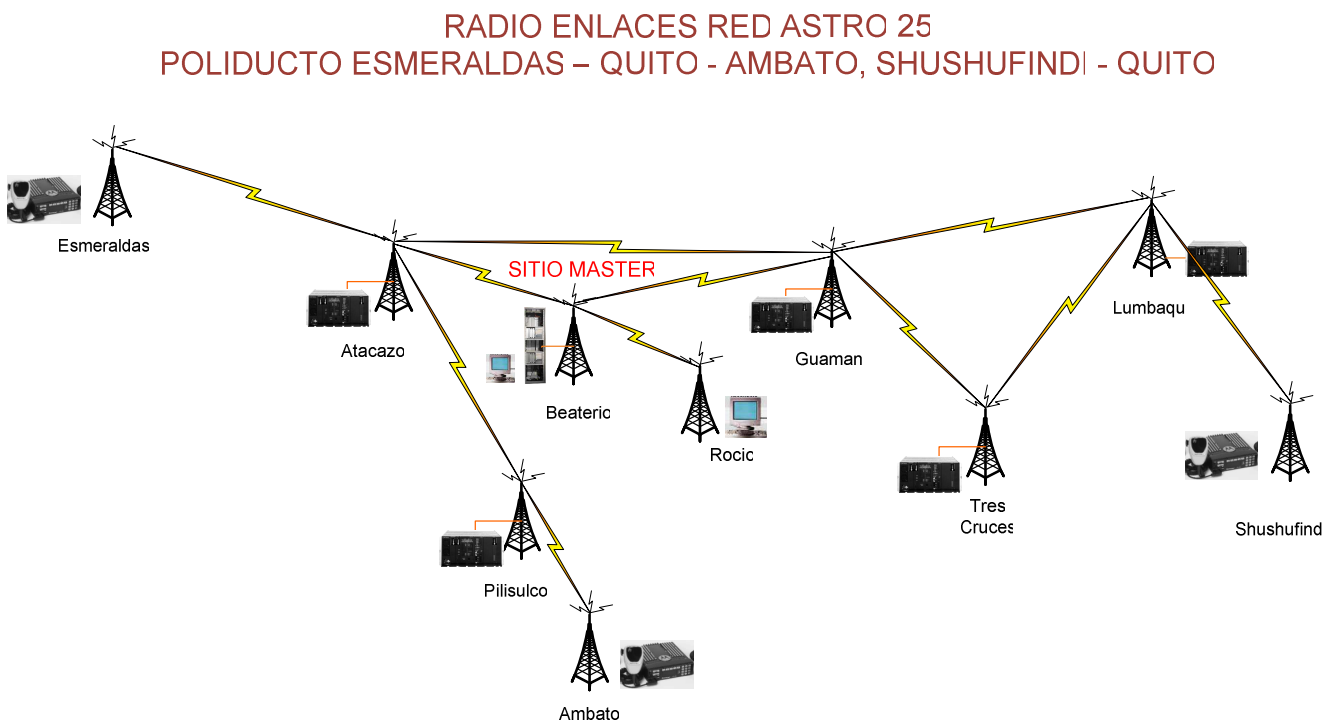


Gráfico 3. 14

Radio Enlaces RED Astro 25

Fuente: PETROCOMERCIAL
Elaboración: Los Autores

3.5.1 Sitio Master

Para el sitio master especificaremos dos controladores de zona MZC 3000 (Véase Capítulo II, Descripción funcional de Hardware), los cuales están equipados con dos chasis CompactPCI®, esto permite dar redundancia al

sistema de administración de llamadas, dejando solo un controlador activo y al otro en stanby, pudiendo este segundo entrar en funcionamiento en cualquier momento. Por esto la información necesaria para procesar una llamada es transmitida a los dos controladores. La arquitectura del controlador de zona se la presenta en el siguiente cuadro:

Arquitectura del Controlador de Zona MZC 3000		
Equipo		Características y Descripción
Interfaces		Conexión Ethernet para enlaces de control de procesamiento de llamadas de sitio.
		Conexión Ethernet para administración de red del controlador de zona.
		Conexión Ethernet para los Dispositivos de Interconexión Telefónica (TID ¹²).
		Interfaz de usuario
Tarjeta CPU		Administra todas las operaciones dentro del controlador de zona, provee procesamiento y control para las aplicaciones del controlador.
	Tarjeta de Transición	Se interconecta directamente con la tarjeta CPU para proveer conexiones externas adicionales.
Tarjeta Ethernet		Provee ocho interfaz para el controlador de zona.
	Tarjeta de Transición	Provee un puerto RJ-45 por canal.
Tarjeta para alarmas		Llamada tablero del sistema, provee de LEDs de indicación de fuente de poder y de otras condiciones de falla en el controlador de zona.
Grabador de Cintas		Usa DAT cintas 12 GB, 4 mm.
CD-ROM		Usado para instalar y actualizar software de aplicaciones del controlador de zona.
Disco Duro		Aquí se encuentra instalado el sistema operativo Sun Solaris® y se guardan las configuraciones del sistema.
Fuente de Poder		Existe una fuente redundante de 400 W.

Tabla 3. 1 Arquitectura del Controlador de Zona MZC 3000

Fuente: Motorola Understanding Your ASTRO® 25 Trunking System.
Elaboración: Motorola, Los Autores

Todo el hardware y software para el funcionamiento del sitio master se encuentra especificado en el capítulo II (Especificación Funcional de Hardware). Y lo detallaremos a continuación:

¹² Telephone Interconnect Device (TID)

SITIO MASTER			
No	Equipo	Marca	Características y Descripción
2	Controlador de Zona MZC 3000	Motorola	Equipo de chasis CompactPCI® con puertos Ethernet para interconectar varios dispositivos del sistema.
2	Ruteador de Core ST6010 (UltraWAN)	Motorola	Llevan el tráfico entre el sitio Master y los Sitios remotos.
2	Ruteadores Gateway	Motorola	Para dispositivos que desean transmitir más allá de su LAN local.
3	Switch Ethernet HP Procurve 2524	HP	Interconectan todos los equipos IP en el sitio Master.
1	Gateway para Paquetes de Datos	Motorola	Enlaza la red inalámbrica de datos IP a la red IV&D troncalizada ASTRO 25 de Motorola.
1	Servidor de Configuración de Usuario	Motorola	Es el host para la información ingresada a través de la aplicación del administrador de UCM, además provee el almacenamiento de la base de datos y de los procesos finales requeridos por muchas funciones del sistema.
1	Servidor de Base de Datos de Zona	Motorola	Mantiene la infraestructura de base de datos de la zona.
1	Servidor Ruteador de Tráfico Aéreo	Motorola	Crea los paquetes de acceso de información de tráfico aéreo y los transmite en la red.
1	Servidor de Estadísticas de Zona	Motorola	Depósito de datos para las estadísticas necesarias para manejar los reportes históricos de la zona.
1	Servidor FullVision INM	Motorola	Usado para monitorear el estado de los dispositivos en la red.
1	Servidor Referencia de Tiempo de red TRAK 9100	Motorola	Es una frecuencia basada en un Satélite de Posicionamiento Global (GPS) y una unidad de tiempo de referencia.
1	Gateway Gold Elite Motorola	Motorola	Interfaz que permite la existencia de un sistema de despacho CENTRACOM Elite™ para comunicar sobre un sistema basado en paquetes IP.
1	Banco Electrónico Embajador	Motorola	Es el corazón del sistema embajador CENTRACOM Gold Series™
1	Banco Electrónico Central	Motorola	Convierte todo el audio analógico recibido a un formato digital y pasarlo al AEB para sumarlo y dirigirlos a todos los CEBs y bancos de canales en el sistema.
1	Electrónica de Interfaz de Consola	Motorola	Provee un interfaz de audio al despachador, a través de un micrófono.
1	CENTRACOM Elite	Motorola	Software de despacho instalado en las PCs de los operadores.
1	Servidor de Señalización Adjunto (CT)	Pentium®	Provee un enlace de control de llamada entre el controlador de zona y el PBX.
1	PBX Avaya		Para atender una grupo de líneas telefónicas CO. De las PSTN.
1	Cancelador de Eco		Para eliminar el eco y mejorara la calidad de voz.
1	Servidor de Administración de Seguridad Central	COMPAQ	Requeridos para asegurar que solo los usuarios autorizados accedan al sistema

		de red de radio.
	UPS	Para dar un respaldo de energía a los equipos.

Tabla 3. 2 Arquitectura Sitio Master

Fuente: Motorola Understanding Your ASTRO® 25 Trunking System.
 Elaboración: Motorola, Los Autores

A continuación esquematizaremos las conexiones de todo el hardware del sitio máster:

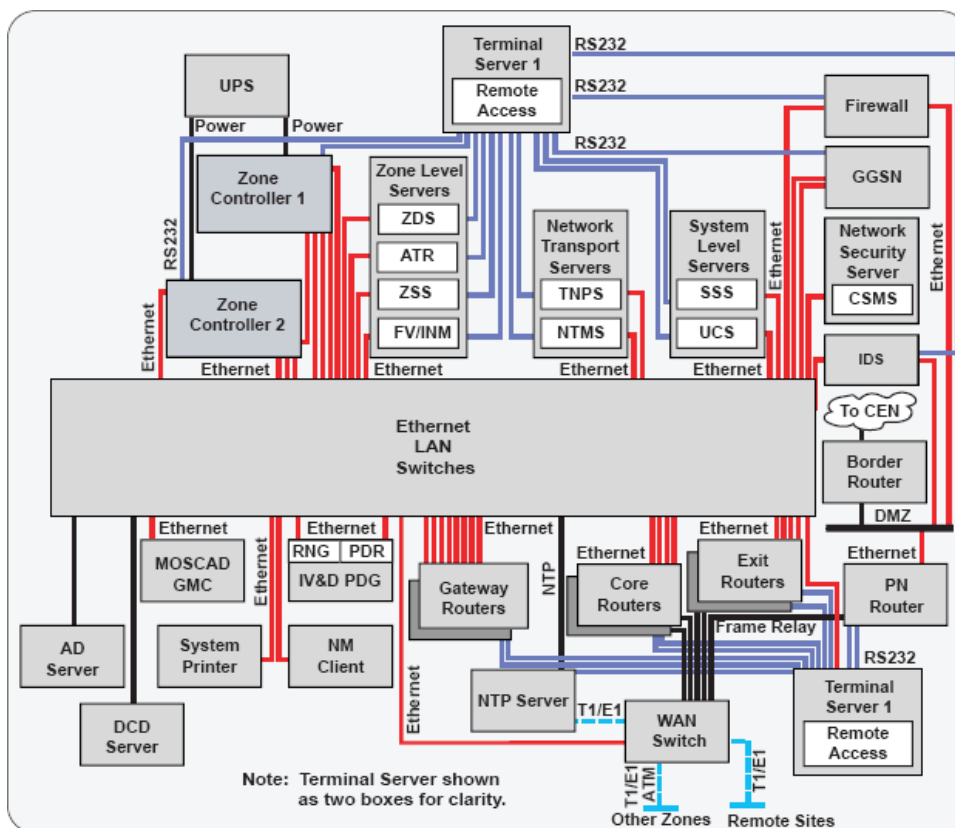


Gráfico 3. 15 Equipos para el Sitio Master ASTRO 25

Fuente: PETROCOMERCIAL
 Elaboración: Los Autores – Motorola

3.5.2 Sitios Remotos

Como ya se especifico anteriormente se tienen cinco sitios remotos para alcanzar a dar cobertura a lo largo de todo el Poliducto Shushufindi – Quito y Esmeraldas – Quito - Ambato. A continuación se especifica los equipos que

disponen un sitio remoto de acuerdo a las especificaciones dadas en el Capítulo II.

SITIO REMOTO ASTRO 25			
No	Equipo	Marca	Características y Descripción
1	Repetidora de Sitio ASTRO 25	Motorola	Repetidora de Sitio QUANTAR ASTRO 25, versión 800 MHz
2	Controlador de Sitio PSC 9600	Motorola	Es el interfaz de control entre el Sitio de repetición ASTRO 25 y el controlador de zona del Sitio Máster.
1	Switch Ethernet HP Procurve 2524	HP	Provee puertos 10/100Base-T LAN
1	Ruteador de Sitio remoto S2500	Motorola	Provee un interfaz WAN para el tráfico de datos al controlador de zona.
	Antenas		
	Multicopladores		
	UPS		Para dar un respaldo de energía a los equipos.

Tabla 3. 3 Arquitectura Sitio Remoto

Fuente: Motorola Understanding Your ASTRO® 25 Trunking System.
 Elaboración: Motorola, Los Autores

La esquematización de interfaz de conexión de equipos se muestra en el siguiente gráfico:

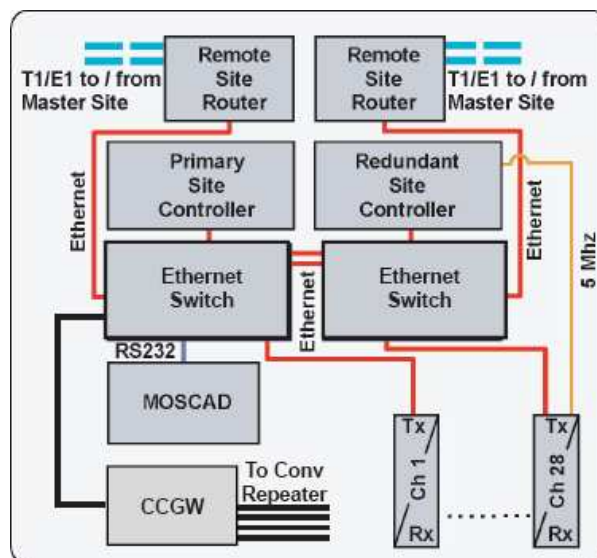


Gráfico 3. 16 Equipos para el Sitio Remoto ASTO 25

Fuente: PETROCOMERCIAL
 Elaboración: Los Autores - Motorola

3.6 DIMENSIONAMIENTO DE CANALES

Para el dimensionamiento del número de canales empezaremos realizando un análisis del número de usuarios que se tiene en todo el sistema, estos datos se han sacado de las bases de datos del departamento de telecomunicaciones de PETROCOMERCIAL.

Hemos tomado un estimado de radios que están operando actualmente en todas las estaciones de PETROCOMERCIAL y se obtuvo lo siguiente:

RADIO USUARIOS DE PETROCOMERCIAL	
Personal operativo	100
Personal de guardia	20
Patrullas del Cuerpo de Ingenieros del Ecuador	20
Central de inteligencia	10
Total	150

De acuerdo a estos datos se estima que en todo el sistema se tiene un total de 150 usuarios, no se ha visto un crecimiento del personal que trabaja en los diferentes Poliductos.

El tráfico creado en el sistema no es de gran magnitud por lo cual no se necesita una gran cantidad de canales para el funcionamiento del mismo.

Debido a la poca carga de tráfico ofrecido en el sistema, resultado del reducido número de usuarios que se encuentra operando en toda la red, no se requiere un análisis de cálculo de número de canales, en base al número de usuarios.

Como se especifico en el capítulo II el sistema Trunking ASTRO 25 puede llevar dos comunicaciones digitales simultáneas de 12.5 KHz de ancho de banda en canales analógicos de banda ancha de 25 KHz. Especificaremos la necesidad de tener 5 portadoras para poder cubrir todo el sistema el cual se dispondrá de la siguiente manera:

ESQUEMA DE FRECUENCIAS RED ASTRO 25
 POLIDUCTO ESMERALDAS – QUITO - AMBATO, SHUSHUFINDI - QUITO

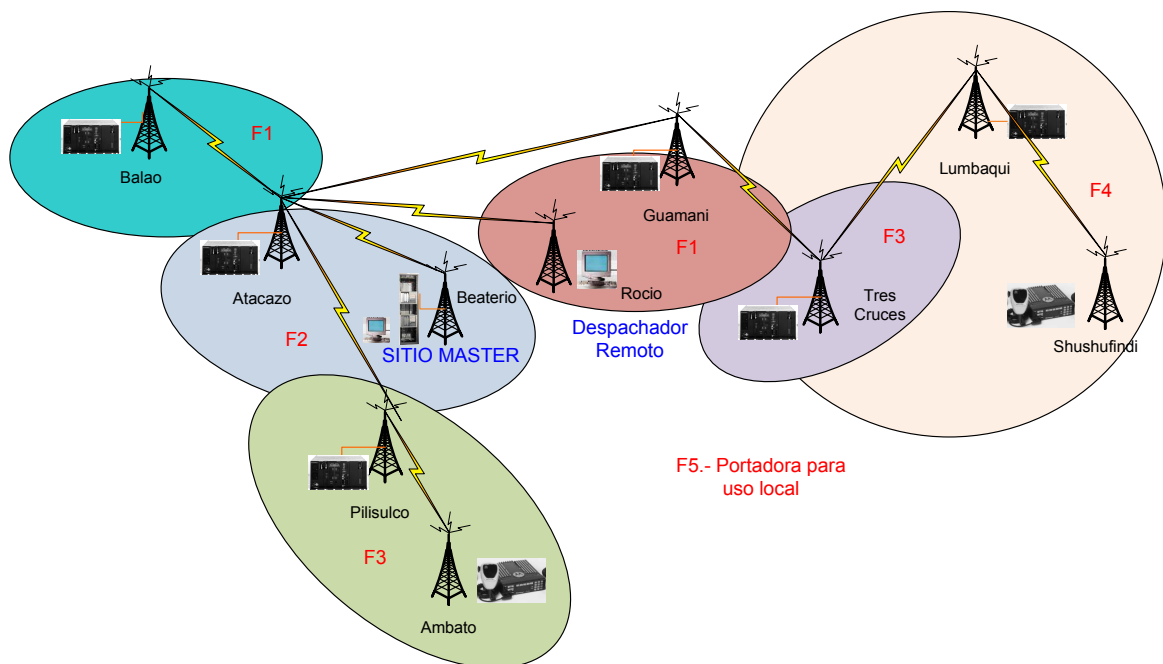


Gráfico 3. 17 Esquema de frecuencias RED ASTO 25

Fuente: PETROCOMERCIAL
 Elaboración: Los Autores - Motorola

Como muestra el diagrama las portadoras se usaran de la siguiente forma:

- F1.- Repetidora Balao
- F2.- Repetidora Atacazo
- F3.- Repetidora Pilisurco
- F4.- Repetidora Lumbaqui
- F5.- Para uso de forma local, sin acceso al controlador de sitio
- F1.- Repetidora Guamani
- F3.- Repetidora Tres Cruces

Esta propuesta de rehúso de frecuencias se la da de forma que no se presenten interferencias entre celdas de una misma frecuencia

Hay que recordar que el uso de estos canales se los da para el paso de condiciones en las diferentes estaciones, lo cual no genera un uso continuo del sistema por parte de los usuarios.

3.7 SISTEMA RADIANTE

3.7.1 Comunicación Entre el Sitio Master y los Sitios Remotos

Para los diferentes enlaces que deben tener cada uno de los sitios remotos, se especificará un enlace microondas desde cada sitio remoto al sitio máster, el cual debe satisfacer tanto las condiciones de ancho de banda que se desea llevar de acuerdo al tráfico requerido, como la disponibilidad de los mismos canales que el Sistema Trunking ASTRO 25 requiere.

Para poder especificar estos enlaces, se propondrá el uso de los enlaces que actualmente dispone PETROCOMERCIAL, más los enlaces que dispone el SOTE (Sistema Oleoducto Trans Ecuatoriano), con lo cual se abarca todos los sitios de repetición. A continuación se especifican los enlaces requeridos y que son disponibles:

En el cerro Atacazo:

Enlace	Distancia
Cerro Atacazo - Esmeraldas	185.18 Km
Cerro Atacazo - Corazón	8.96 Km
Cerro Atacazo - Santo Domingo	53.53 Km
Cerro Atacazo - Cerro La Palma	27.37 Km
Cerro La Palma - Cerro Faisanes	2.93 Km

En el cerro Guamani:

Enlace	Distancia
Cerro Guamani - Cerro Atacazo	185.18 Km
Cerro Guamani - Cerro Pichincha	40.96 Km
Cerro Guamani - Cerro Condijua	36.97 Km
Cerro Condijua - Cerro Tres Cruces	28.14 Km
Cerro Tres Cruces - Reventador	36.60 Km
Reventador - Cerro Lumbaqui alto	22.82 Km
Cerro Lumbaqui alto - Shushufindi	76.9 Km

Para poder llegar hacia el sitio máster localizado en el terminal el Beaterio necesitamos usar el enlace que existe con el cerro Pichincha como se especifica a continuación:

Enlace	Distancia
Cerro Pichincha - Beaterio	17.68 Km
Cerro Pichincha – Matriz Alpallana	5.74 Km
Cerro Pichincha - Cerro Pilisurco	110.02 Km
Cerro Pichincha - Cerro Guamani	40.96 Km

De esta manera se satisface una completa unión de todos los sitios remotos con el sitio máster.

El modelo para el cálculo de los sistemas microondas se encuentran detallados en el Anexo D, donde se especifica las condiciones a las que estos sistemas se encuentran funcionando actualmente.

3.7.2 Irradiación de cada sitio

Para el sistema radiante se han escogido las siguientes antenas que cumplen con los requerimientos necesarios de diseño de cobertura y de tecnología:

Repetidora Atacazo

Ganancia de la Antena de 10dB

Perdidas de Feeder y branching 1.5dB

Por consiguiente la antena transmisora debe satisfacer una ganancia superior a 11 dB. Para lo cual la antena que cumple con este requisito es:

Antena DB809KE-XT Omni, 11.1dBi. Ver Anexo G

Repetidora Guamani

Ganancia de la Antena de 8dB

Perdidas de Feeder y branching 1.5dB

Por consiguiente la antena transmisora debe satisfacer una ganancia superior a 9 dB. Para lo cual la antena que cumple con este requisito es:

Antena PualPol DB852DG65ESX, 65°, 11.6dBi. Ver Anexo G

Repetidora Tres Cruces

Ganancia de la Antena de 10dB

Perdidas de Feeder y branching 1.5dB

Por consiguiente la antena transmisora debe satisfacer una ganancia superior a 11 dB. Para lo cual la antena que cumple con este requisito es:

Antena DB809KE-XT Omni, 11.1dBi. Ver Anexo G

Repetidora Lumbaqui

Ganancia de la Antena de 12dB

Perdidas de Feeder y branching 1.5dB

Por consiguiente la antena transmisora debe satisfacer una ganancia superior a 13 dB. Para lo cual la antena que cumple con este requisito es:

Antena DB812KE-XT Omni, 14.1dBi. Ver Anexo G

Repetidora Pilisurco

Ganancia de la Antena de 10dB

Perdidas de Feeder y branching 1.5dB

Por consiguiente la antena transmisora debe satisfacer una ganancia superior a 11 dB. Para lo cual la antena que cumple con este requisito es:

Antena DB809KE-XT Omni, 11.1dBi. Ver Anexo G

Repetidora Balao

Ganancia de la Antena de 14dB

Perdidas de Feeder y branching 1.5dB

Por consiguiente la antena transmisora debe satisfacer una ganancia superior a 15 dB. Para lo cual la antena que cumple con este requisito es:

Antena RR45-14-05DBL2 45°, 16.15 dBi. Ver Anexo G

Cada antena es la encargada de irradiar en todo el sitio, con el lóbulo de radiación que se encuentra en el Anexo, de esta forma se satisface el diagrama de cobertura para todo el Poliducto.

3.8 COSTOS REFERENCIALES

Se ha podido acceder a los costos referenciales del fabricante para algunos componentes del sistema Astro 25, los cuales se enlistan a continuación:

Equipos	Costo Total
QUANTAR STATION SERIES	\$5.692,00
800 MHz, 100 WATT	\$5.051,20
P25 DIGITAL OPERATION AND ANALOG	\$2.420,00
REPEATER OPERATION	\$0,00
FIELD MAINTENANCE MANUAL	\$160,00
BATTERY REVERT OPTION	\$240,00
TEST MICROPHONE	\$87,20
EXTERNAL SPEAKER	\$87,20
PROGRAMMING SOFTWARE	\$281,00
800 MHz QUANTAR P25 TOTAL	\$14.018,60

Equipos	Costo Total
Astro Digital Consollette 800 MHz Analog P25	\$3,938.00
Mobile Two-Way Radio	\$2,607.00
Handheld Portables MT2000	\$787.00
Handheld Portables XTS3000	\$2,518.00

Tabla 3. 4 Costo referenciales de equipos Trunking

Fuente: Motorola
Elaboración: Motorola

DISEÑO Y ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN DIGITAL CON LA TECNOLOGÍA TETRA NEBULA DE TELTRONIC PARA LOS POLIDUCTOS SHUSHUFINDI - QUITO Y ESMERALDAS – QUITO – AMBATO.

4.1 INTRODUCCIÓN

De acuerdo a las necesidades de confiabilidad y seguridad indicadas por el personal de PETROCOMERCIAL, se presenta el siguiente diseño, considerando que el análisis es dirigido hacia una solidez del sistema para evitar paralizaciones en las operaciones de la institución.

Es necesario tener en cuenta que la infraestructura diseñada es dirigida principalmente al personal fijo de estaciones, debido a que continuamente se envía reportes de operación a todas las estaciones que conforman un determinado Poliducto. Por tal razón, nuestras consideraciones y criterios se encuentran enfocados a la cobertura integra en estaciones y adicionalmente en tramos de alto riesgo en los Poliductos.

Los avances tecnológicos de la actualidad, nos permiten seleccionar diferentes proveedores de tecnologías de punta, por lo cual hemos obtenido numerosas referencias en la tecnología TETRA distribuida por TELTRONIC, siendo esta una empresa que ha ganado un gran prestigio en sus equipos alrededor del mundo y especialmente en numerosos países de América Latina.

Considerando la estructura abierta y estandarizada que presenta TELTRONIC en sus equipos fijos y móviles, lo hace una solución muy eficiente para ser tomada en cuenta en el diseño de la red estudiada para PETROCOMERCIAL, cabe recalcar que esta tecnología permite numerosas aplicaciones y gran compatibilidad con equipos TETRA de otras marcas.

En base al análisis de la tecnología TETRA expuesto en el capítulo 2 se considera en el diseño una arquitectura distribuida para el funcionamiento general del sistema, tomando muy en cuenta los mecanismos de respaldo en caso de existir algún corte en la red TETRA, tales como:

- Mecanismos DM Gateway (Instalados en vehículos de patrullaje militar)
- Enlaces microondas de PETROECUADOR.
- Comunicaciones DIAL UP sobre la red de ANDINATEL.

4.2 ARQUITECTURA DEL SISTEMA TETRA PARA PETROCOMERCIAL.

Como se ha estudiado en el capítulo 2 correspondiente al estudio de la tecnología TETRA, esta tecnología presenta varios mecanismos de conectividad e interconectividad entre nodos y redes del sistema, por lo cual a continuación realizaremos una descripción del transporte de información dentro de la tecnología TETRA.

Existen tres mecanismos de transmisión de datos en la infraestructura TETRA, el primero se halla dirigido a la recolección de información dentro de la Radio Base, generada por el usuario a través de un equipo terminal (Conectividad MS – SBS). El segundo mecanismo se refiere al transporte de tráfico receptado en las Radio Bases hacia el nodo principal CNC (Interconectividad SBS´s – CNC), mientras que el tercer mecanismo es establecido entre equipos terminales (Conectividad MS-MS).

4.2.1 Conectividad MS – SBS

Esta conexión se establece mediante mecanismos de acceso TDMA, designando uno de cuatro Time Slots de una portadora TETRA a un usuario que desee realizar una llamada. Para nuestro diseño esta portadora TETRA tiene un ancho de banda de 25 KHz y se encuentra en

el rango de frecuencias de 800 MHz con una modulación $\pi/4$ DQPSK tal como se indica en el gráfico 4.1

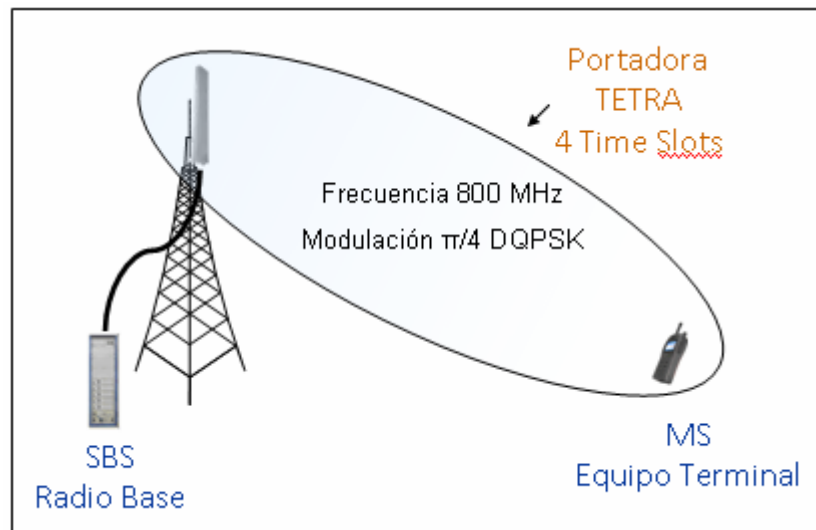


Gráfico 4.1 Conectividad MS - SBS

Fuente: Brochure V.5 Nébula Teltronic
Elaboración: Los Autores

4.2.2 Interconectividad SBS's – CNC

El tráfico receptado por cada portadora TETRA dentro de la SBS es cifrado y codificado para su transmisión hacia otra SBS y consecuentemente al nodo principal CNC. Esta interconectividad se realiza mediante enlaces microonda de jerarquías PDH y SDH dependiendo del tráfico que manejen cada Radio Base.

Con el fin de reutilizar recursos existentes y reducir el costo del proyecto, en el diseño se utiliza la red de datos existente de PETROECUADOR, el cual presenta una muy buena confiabilidad en sus enlaces a nivel nacional, tal como se lo indica en el Anexo D.

Los enlaces de PETROECUADOR, presentan jerarquías PDH en la banda de 6 y 7 GHz con capacidad disponible de hasta 1E3 para la incorporación de portadoras TETRA de 32Kbps cada una. En el gráfico 4.2 se presenta un esquema de estos enlaces.

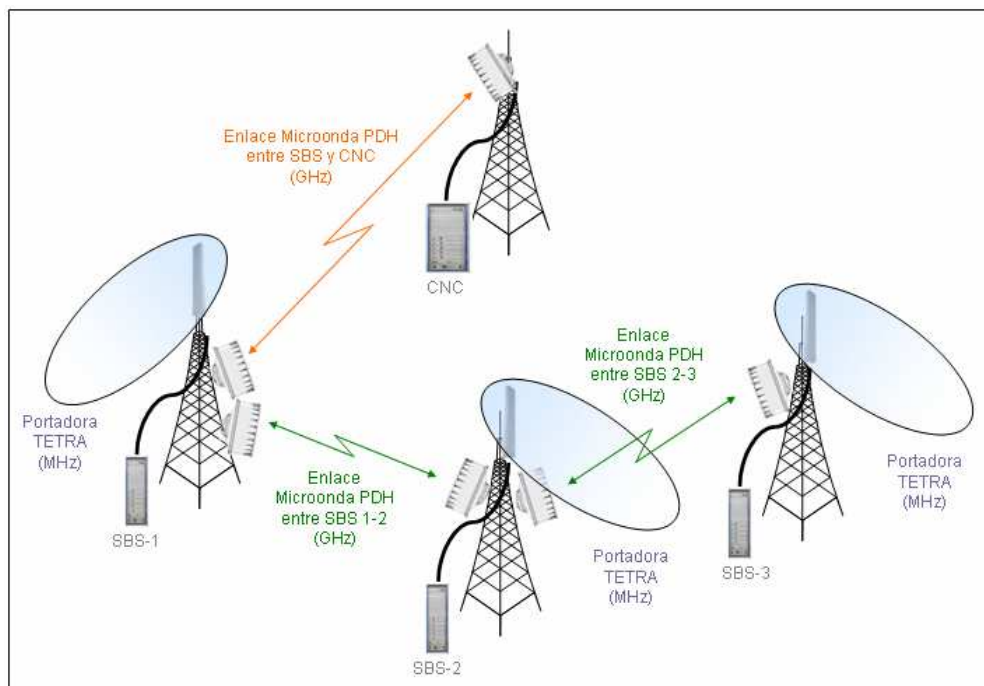


Gráfico 4. 2 Interconectividad SBS's – CNC

Fuente: Brochure V.5 Nébula Teltronic
Elaboración: Los Autores

4.2.3 Conectividad MS – MS

Para enlaces DMO (Direct Mode Operation) entre dos equipos terminales, se utiliza un time Slot de la portadora TETRA previamente programados para ser utilizados con esta aplicación, en el gráfico 4.3 se indica visualmente este mecanismo.

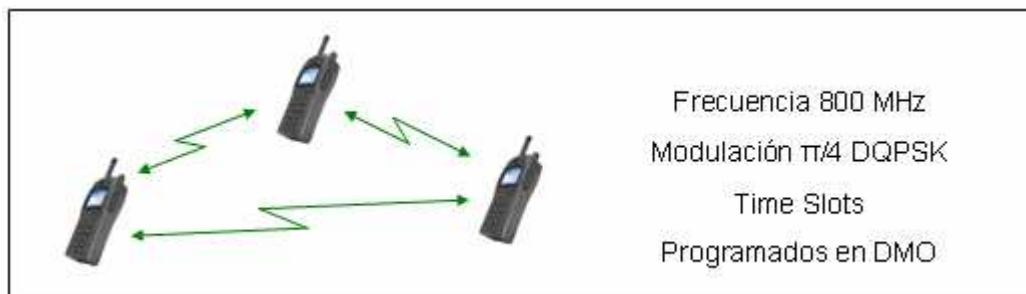


Gráfico 4. 3 Conectividad MS – MS

Fuente: Brochure V.5 Nébula Teltronic
Elaboración: Los Autores

4.3 ANALISIS DE LA INFRAESTRUCTURA TETRA PARA PETROCOMERCIAL.

Las estaciones de comunicación de los sistemas microonda de PETROECUADOR, están dotadas de mecanismos de seguridad y protección contra agentes climáticos y eléctricos, tales como:

- Shelter, estructura metálica con recubrimientos antioxidantes y alta protección al ingreso de polvo y lluvia.
- Nivelación de la temperatura dentro del Shelter a través de sistemas de aire acondicionado.
- Sistema de puesta a tierra con varillas de cobre para el shelter y otra para la torre.
- Respaldo de baterías para 4 a 8 horas, debido a posibles interrupciones del suministro de energía eléctrica, adicionalmente en estaciones consideradas de alto riesgo se cuenta con generadores alternos para evitar paralizaciones del sistema.
- Resguardo en las instalaciones a través de seguridad privada en el sitio para protección y chequeo parcial de equipos en caso de requerir un chequeo inmediato.
- Canal de servicio disponible indefinidamente para informes periódicos de estado del sistema de forma continua entre cada estación de comunicaciones.

En el Gráfico 4.4, se establece el esquema del sistema Microonda de PETROECUADOR, que será utilizado en el transporte del tráfico generado por las Radio Bases hacia el nodo de control y conmutación principal CNC.

Cabe recalcar que estos enlaces se encuentran actualmente funcionando a óptimas condiciones y disponen de suficiente capacidad para transportar las portadoras generadas por las Radio Bases TETRA.

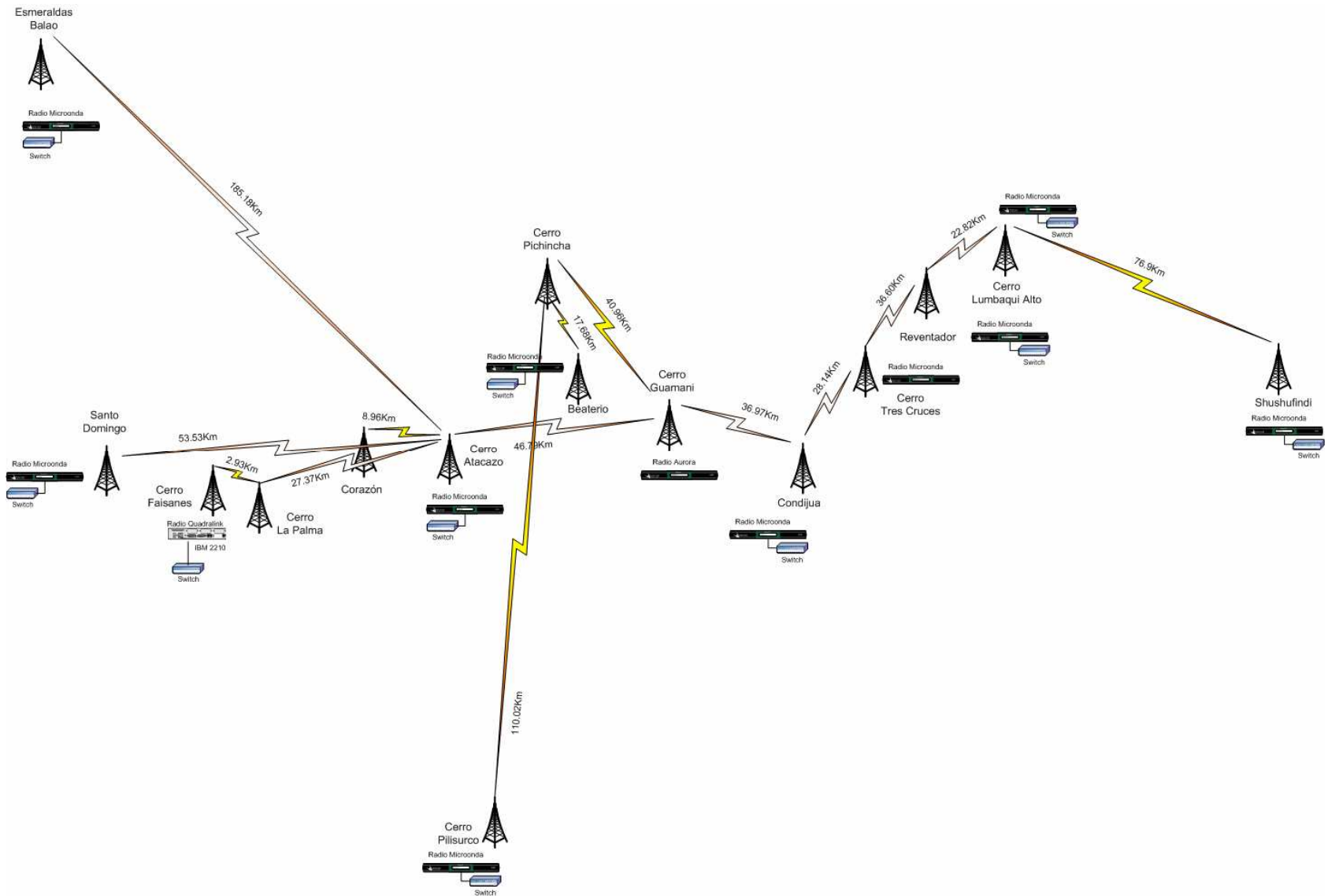


Gráfico 4. 4 Sistema Microonda de PETROCOMERCIAL

Fuente: PETROCOMERCIAL
 Elaboración: Los Autores

Las estaciones de comunicación seleccionadas en el diseño, tanto para puntos de interconexión microonda entre RBS - CNC y puntos de radiación de portadoras TETRA, son los siguientes:

4.3.1 Puntos de Interconexión Microonda

Estos sitios se los seleccionó de acuerdo a la red digital de datos existente en PETROECUADOR, considerando tres puntos estratégicos de interconexión en los Cerros: Pichincha, Atacazo y Guamani, estos brindaran la puerta de enlace para la integración y control de los poliductos Shushufinfi - Quito y Esmeraldas - Quito - Ambato.

4.3.1.1 Cerro Atacazo

Este punto de enlace microonda, por su ubicación estratégica establece una condición de línea de vista con todas las estaciones del Poliducto Esmeraldas-Quito, tal como se indica en la tabla 4.1, Gráfico 4.4 y mayormente detallada en el Anexo D.



Por tal razón este punto receptorá el tráfico proveniente de las estaciones de Esmeraldas, Santo Domingo, Faisanes y Corazón.

Enlace	Distancia
Cerro Atacazo - Esmeraldas	185.18 Km
Cerro Atacazo - Corazón	8.96 Km
Cerro Atacazo - Santo Domingo	53.53 Km
Cerro Atacazo - Cerro La Palma	27.37 Km
Cerro La Palma - Cerro Faisanes	2.93 Km

Tabla 4. 1 Enlaces Microonda de Cerro Atacazo

Fuente: PETROECUADOR.
Elaboración: PETROECUADOR

4.3.1.2 Cerro Guamani

Este punto se considera el más importante en la estructura microonda, ya que presenta tres funciones: La primera es la de establecer una puerta de acceso al Poliducto Shushufindi - Quito, ya que por las zonas montañosas existentes no se puede realizar un enlace con línea de vista hacia todas las estaciones de dicho Poliducto, por lo cual se debe realizar enlaces continuos hasta llegar a Shushufindi; La segunda función es la recepción del tráfico proveniente del Cerro Atacazo y finalmente la tercera función es la transmisión del tráfico receptado hacia el cerro pichincha.



Los enlaces disponibles de este cerro se indican en la tabla 4.2, Gráfico 4.4 y mayormente detallada en el Anexo D.

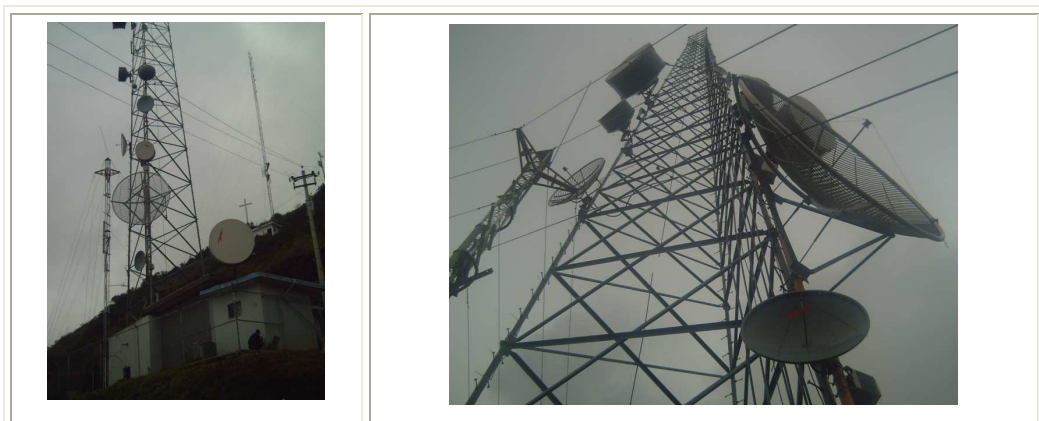
Enlace	Distancia
Cerro Guamani - Cerro Atacazo	185.18 Km
Cerro Guamani - Cerro Pichincha	40.96 Km
Cerro Guamani - Cerro Condijua	36.97 Km
Cerro Condijua - Cerro Tres Cruces	28.14 Km
Cerro Tres Cruces - Reventador	36.60 Km
Reventador - Cerro Lumbaqui alto	22.82 Km
Cerro Lumbaqui alto - Shushufindi	76.9 Km

Tabla 4. 2 Enlaces Microonda de Cerro Guamani

Fuente: PETROECUADOR.
Elaboración: PETROECUADOR

4.3.1.3 Cerro Pichincha

Este punto es el receptor principal de trafico, ya que en este enlace, se almacenará el tráfico del poliducto Esmeraldas – Quito, Shushufindi – Quito y finalmente Ambato – Quito, todo este tráfico será canalizado hacia la central de comunicaciones del Beaterio o hacia la Matriz de PETROCOMERCIAL.



Los enlaces disponibles de este cerro se indican en la tabla 4.3, Gráfico 4.4 y mayormente detallada en el Anexo D.

Enlace	Distancia
Cerro Pichincha - Beaterio	17.68 Km
Cerro Pichincha - Cerro Pilisurco	110.02 Km
Cerro Pichincha - Cerro Guamani	40.96 Km

Tabla 4.3 Enlaces Microonda de Cerro Pichincha

Fuente: PETROECUADOR.
Elaboración: PETROECUADOR

4.3.2 Puntos de Radiación de Portadoras TETRA

Estos puntos son referidos a los sitios donde se instalarán las Radio Bases TETRA, las cuales estarán destinadas a brindar cobertura para la entrega de servicios móviles troncalizados.

4.4 CALCULO DEL ÁREA DE COBERTURA.

Para el calculo del área de cobertura hemos realizado un estudio matemático de los fenómenos que interactúan en el proceso de transmisión y recepción de una señal electromagnética, en el Anexo E se detallan todos estos cálculos, abordando principalmente la potencia de balanceamiento que nivelará tanto la potencia de transmisión de las Radio Bases en función del nivel de sensibilidad de los equipos receptores.

El proceso matemático de cobertura se resume en la siguiente expresión:

$$d(Km) = 10^{\text{Valor}/20} \quad \mathbf{E12}$$

Donde: $\text{Valor} = P_{BAL} - P_R + G_T(\theta, \phi) - A_M - L_{F+B} - 92.4 - 20\log(f_{GHz})$

Cabe recalcar que este sistema matemático permite realizar una predicción de la cobertura de radiación de una determinada antena con ganancia G, a través de un medio libre de obstáculos. En circunstancias reales, esta cobertura cambiará con respecto a las variaciones geográficas de la tierra, alterando directamente a la distancia y al ensanchamiento del área cubierta por la antena.

Para determinar las especificaciones técnicas mínimas requeridas en los equipos que se utilizarán para el diseño de la red TETRA, es necesario referirnos a la ecuación E12 antes expuesta, tomando un patrón de distancia mínima de cobertura de 10 Km, correspondiente al enlace más corto de nuestro diseño (Cerro Atacazo – Estación Corazón). Para el valor de 10 Km, tenemos:

$$10(Km) \leq 10^{\text{Valor}/20} \rightarrow \text{Valor} \geq 20$$

$$\text{Donde: } 20 \leq P_{BAL} - P_R + G_T(\theta, \phi) - A_M - L_{F+B} - 92.4 - 20 \log(f_{GHz})$$

$G_T(\theta, \phi) = 0$ Considerando la opción más crítica en la cual la ganancia de la antena transmisora es 0dB

A_M La Atenuación del medio depende de la diferencia de campo y de la atenuación por vegetación ($A_M = (E_T - E_R) + A_V$), para la diferencia de campo tomaremos el caso medio de pérdidas, es decir un 50% del campo transmitido, mientras que para la atenuación por vegetación tomaremos el valor correspondiente de 0.2 dB/Km correspondiente a la banda de 800 MHz y una distancia de 10Km.

$$\left. \begin{aligned} E_T - E_R &= \frac{1}{2} \cdot 38.5 [dB\mu V / m] = 19.25 [dB\mu V / m] \\ A_V &= 10 [Km] \cdot 0.2 [dB / Km] = 2 [dB] \end{aligned} \right\} A_M = 21.25 [dB]$$

L_{F+B} Las pérdidas referentes al Feeder y al Branching serán consideradas aproximadamente 3dB

Por lo tanto: $P_{BAL} - P_R \geq 134.71$ dBm

Para el caso crítico de la potencia de balanceamiento donde no exista ganancia por diversidad de espacio y que la sensibilidad del equipo transmisor y receptor sean completamente iguales, tenemos:

$$P_{BAL} \approx P_{OUT-MS}$$

Por lo tanto: $P_{OUT-MS} - P_R \geq 134.71$ dBm

En base al estándar ETSI EN 300 396 parte 2, en la Tabla 4.4 se presenta los diferentes tipos de clases de potencia de los MS.

Power class	Nominal power
1 (30 W)	45 dBm (not defined for DM-MS)
1L (17,5 W)	42,5 dBm (not defined for DM-MS)
2 (10 W)	40 dBm
2L (5,6 W)	37,5 dBm
3 (3 W)	35 dBm
3L (1,8 W)	32,5 dBm
4 (1 W)	30 dBm
4L (0,56 W)	27,5 dBm
5 (0,3 W)	25 dBm
5L (0,18 W)	22,5 dBm

Tabla 4. 4 Potencia nominal de transmisión de MS

Fuente: Estándar ETSI EN 300 396, Página 15, Tabla N. 2

Elaboración: ETSI

Tomando el valor de la potencia del MS Clase 3 (3W) correspondiente a equipos Base y Móviles, fabricados para la banda de los 800 MHz, tenemos un valor mínimo de sensibilidad del equipo receptor igual a:

$$P_R \leq -99.71$$
 dBm

En la Tabla 4.5 se expone los diferentes tipos de sensibilidad de los equipos TETRA en diferentes modelos de MS y BTS.





Figura	Modelo	Sensibilidad	Potencia de Salida
	BTS Nebula	-106 dBm (Dinámica) -115 dBm (Estática)	29 – 45 dBm (0.8 – 31.5W)
	HTT-500	-103 dBm (Dinámica) -112 dBm (Estática)	30 dBm (1 W)
	DT-410	-103 dBm (Dinámica) -112 dBm (Estática)	35 dBm (3W)
	MDT-400	-103 dBm (Dinámica) -112 dBm (Estática)	35 dBm (3W)

Tabla 4. 5 Características Físicas MS – BTS de Teltronic

Fuente: Datasheet MS y BTS de Teltronic, Anexo F
Elaboración: ETSI

Los valores de sensibilidad expuestos en el cuadro 4.5 de los equipos Teltronic, cumplen satisfactoriamente con el parámetro mínimo de sensibilidad -99.71 dBm.

4.5 DIMENSIONAMIENTO EN CAPACIDAD E INFRAESTRUCTURA.

TETRA por ser una tecnología de segunda generación, presenta muchas similitudes con GSM, debido a que realiza el mismo control físico y lógico de los canales.

Tomando las consideraciones del capítulo anterior correspondiente al uso de la banda de frecuencia de 800MHz para el diseño Trunking, de similar forma escogemos la banda de los 800 MHz, con las especificaciones de los equipos TETRA Nebula.

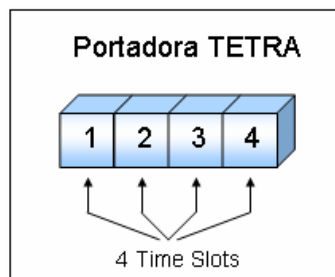
- RX: 806 MHz a 825 MHz
- TX: 851 a 870 MHz

Para el dimensionamiento de una estructura TETRA existen 2 mecanismos muy usados, el primero es realizado de acuerdo al tráfico sobre un nivel de usuarios, mientras que el segundo mecanismo se refiere al dimensionamiento según la estructura física del sistema.

4.5.1 Dimensionamiento de acuerdo al Tráfico

Este mecanismo determina el número de usuarios que una portadora podría soportar, dependiendo directamente de la capacidad de time Slots de la portadora y del nivel de uso del canal por parte de cada usuario.

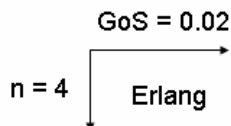
El número de portadoras es obtenido de acuerdo a la capacidad de canales requeridos en el sistema, en el formulario de arrendamiento de frecuencias de la SENATEL, página 37 se indica la subdivisión de frecuencias, separación entre canales (25KHz) y separación entre frecuencias Transmisoras y receptoras (45MHz). Para nuestro caso examinaremos el tráfico correspondiente a una portadora TETRA.



n Número de Time Slots disponibles para comunicación
 $n = 4$

GoS Grado de servicio del sistema
 GoS estimado de 2% (De cada 100 llamadas 2 se pierden)

De las tablas de Erlang B expuestas a continuación, se determina el nivel de tráfico existente para la portadora TETRA, para nuestro caso $n = 4$ y $GoS = 0.02$.



	0,0002	0,002	0,01	0,02	0,05	0,2	0,3	0,4	0,5
1	0,0002	0,002	0,0101	0,0204	0,0526	0,25	0,429	0,667	1
2	0,0202	0,0653	0,153	0,223	0,381	1	1,45	2	2,73
3	0,11	0,249	0,455	0,602	0,899	1,93	2,63	3,48	4,59
4	0,282	0,535	0,869	1,09	1,52	2,95	3,89	5,02	6,5
5	0,527	0,9	1,36	1,66	2,22	4,01	5,19	6,6	8,44
6	0,832	1,33	1,91	2,28	2,96	5,11	6,51	8,19	10,4
7	1,19	1,8	2,5	2,94	3,74	6,23	7,86	9,8	12,4
8	1,58	2,31	3,13	3,63	4,54	7,37	9,21	11,4	14,3
9	2,01	2,85	3,78	4,34	5,37	8,52	10,6	13	16,3
10	2,47	3,43	4,46	5,08	6,22	9,68	12	14,7	18,3
11	2,96	4,02	5,16	5,84	7,08	10,9	13,3	16,3	20,3
12	3,47	4,64	5,88	6,61	7,95	12	14,7	18	22,2
13	4,01	5,27	6,61	7,4	8,83	13,2	16,1	19,6	24,2
14	4,56	5,92	7,35	8,2	9,73	14,4	17,5	21,2	26,2
15	5,12	6,58	8,11	9,01	10,6	15,6	18,9	22,9	28,9
16	5,7	7,26	8,88	9,83	11,5	16,8	20,3	24,5	30,2
17	6,3	7,95	9,65	10,7	12,5	18	21,7	26,2	32,2
18	6,91	8,64	10,4	11,5	13,4	19,2	23,1	27,8	34,2
19	7,53	9,35	11,2	12,3	14,3	20,4	24,5	29,5	36,2
20	8,16	10,1	12	13,2	15,2	21,6	25,9	31,2	38,2

El tráfico obtenido para 1 portadora es de 1.09E. Considerando que un usuario promedio utilice el sistema aproximadamente 1 hora por día, tenemos:

$$\left. \begin{array}{l} 24 \text{ Horas} \rightarrow 1 \text{ Erlang} \\ 1 \text{ Hora} \rightarrow x \end{array} \right\} x = \frac{1 \text{ Hora} \cdot 1 \text{ Erlang}}{24 \text{ Horas}} = 41,6 \text{ mE}$$

Es decir que un usuario promedio presentará un tráfico de 41.6 mE, tomando en cuenta el valor total del tráfico de la portadora tenemos:

$$\left. \begin{array}{l} 41,6 \text{ mE} \rightarrow 1 \text{ Usuario} \\ 1,09 \text{ Erlang} \rightarrow y \end{array} \right\} y = \frac{1,09 \text{ Erlang} \cdot 1 \text{ Usuario}}{41,6 \text{ mE}} = 26 \text{ Usuarios}$$

Por lo tanto, cada portadora TETRA soportará el uso de 26 usuarios. La capacidad del sistema requerido por el personal de PETROCOMERCIAL no involucra un diseño complejo en estimaciones de tráfico debido a que toda la red TETRA Nébula de los poliductos Esmeraldas – Quito –

Ambato y Shushufinfi – Quito, tienen un máximo de 150 usuarios, de los cuales, un 40 % del personal total lo usa habitualmente, mientras que el 60 % restante lo usa de manera ocasional.

4.5.2 Dimensionamiento de acuerdo al la estructura física

Este mecanismo se basa en la distribución de portadoras según los requerimientos de cada sitio, considerando un eventual rehúso de frecuencias, tomando en cuenta que la separación entre cada frecuencia sea por lo menos 25 KHz para evitar problemas de interferencias co-canal.

En el gráfico 4.5 se presenta una distribución de 5 portadoras a través de los poliductos Esmeraldas – Quito – Ambato y Shushifindi – Quito, cumpliendo estratégicamente las necesidades de cada estación. Adicionalmente esta distribución presenta un rehúso de frecuencias, con el fin de optimizar los recursos del espectro disponibles, tomando en cuenta la interferencia co-canal y sobre todo, brindando una cobertura total en estaciones y caminos por los cual patrullan equipos militares. En la Tabla 4.6 se establece la nomenclatura y distribución de frecuencias a ocupar en la estructura TETRA para PETROCOMERCIAL.

Nominación	RX	TX
Portadora A	806 MHz + Base	851 MHz + Base + 25KHz
Portadora B	806 MHz + Base + 25KHz	851 MHz + Base + 25KHz
Portadora C	806 MHz + Base + (2*25KHz)	851 MHz + Base + (2*25KHz)
Portadora D	806 MHz + Base + (3*25KHz)	851 MHz + Base + (3*25KHz)
Portadora E	806 MHz + Base + (4*25KHz)	851 MHz + Base + (4*25KHz)
Portadora F	806 MHz + Base + (5*25KHz)	851 MHz + Base + (5*25KHz)
Base, valor de frecuencia asignada por la SENATEL		

Tabla 4. 6 Nomenclatura y Distribución de frecuencias para PETROCOMERCIAL

Fuente: SENATEL

Elaboración: Los Autores.

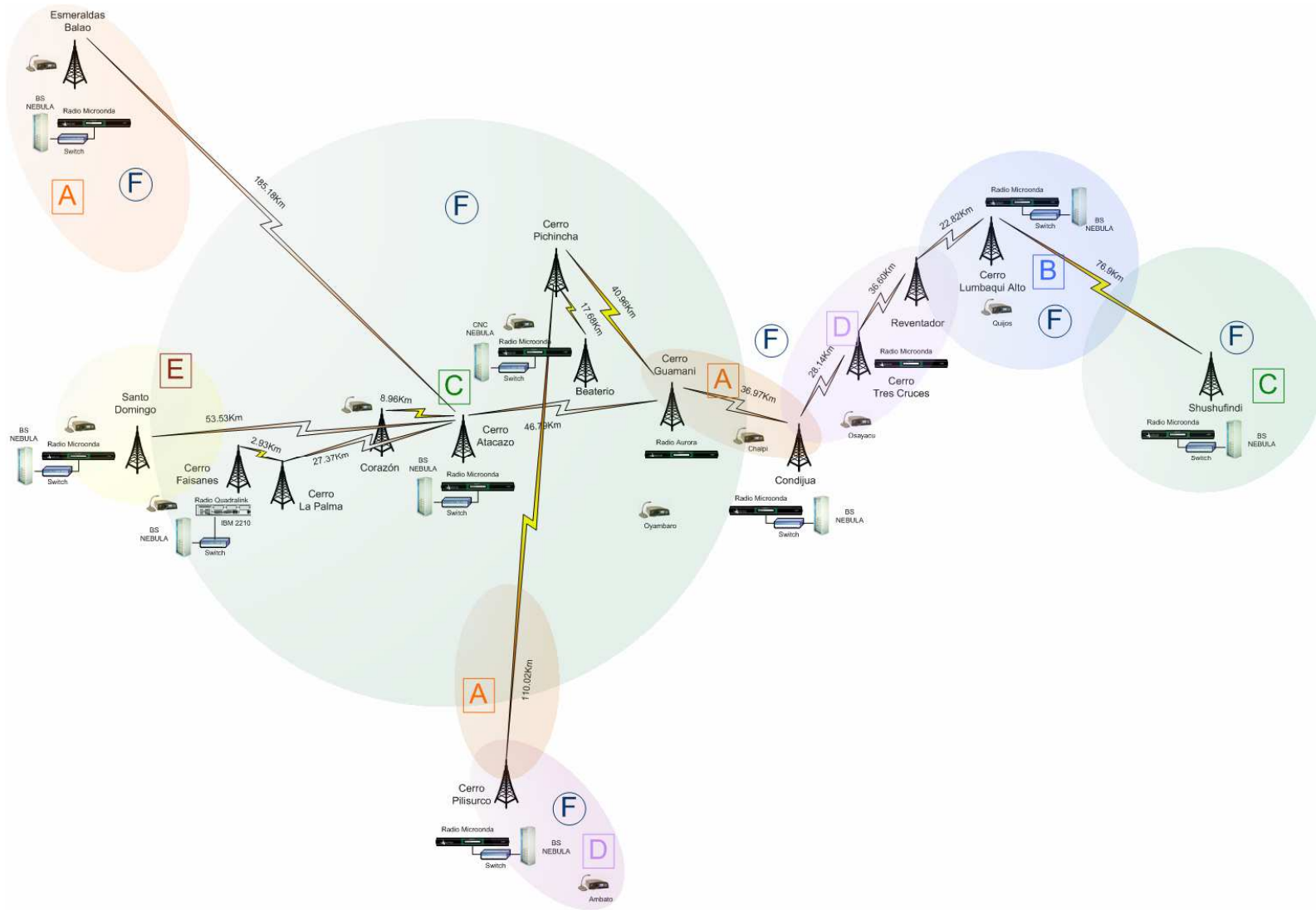


Gráfico 4. 5 Esquema de Cobertura TETRA Nébula para PETROCOMERCIAL

Fuente: Los Autores
 Elaboración: Los Autores

La infraestructura TETRA Nebula para PETROCOMERCIAL queda de la siguiente manera

Sitio con BTS	Portadora		Sitios cubiertos con TETRA
	Asignación	Cantidad	
Esmeraldas - Balao	A (TMO)	1	PCO Cabecera Refinería
	F (DMO)	1	Carretera
Santo Domingo	E (TMO)	1	Estación de Santo Domingo Estación Faisanes
	E (DMO)	1	Carretera
Atacazo	C (TMO)	1	Estación de Corazón Estación de faisanes
	F (DMO)	1	Estación de Beaterio – Quito Matriz de PETROCOMERCIAL Carretera
Condijua	A,D (TMO)	2	Estación Chalpi Estación Osayacu
	F (DMO)	1	Carretera
Lumbaqui	B (TMO)	1	Estación Quijos
	F (DMO)	1	Carretera
Shushufindi	C (TMO)	1	Refinería Shushufindi
	F (DMO)	1	Carretera
Pilisurco	A,D (TMO)	2	Estación Ambato
	F (DMO)	1	Carretera

Tabla 4. 7 Resumen de Portadoras TETRA para PETROCOMERCIAL

Fuente: Los Autores

Elaboración: Los Autores.

4.6 COBERTURA TETRA NEBULA DE PETROCOMERCIAL

Como ya se ha determinado un posible alcance de la infraestructura TETRA para PETROCOMERCIAL, realizaremos el análisis de cobertura en cada sitio indicado en la Tabla 4.7, para ello se utiliza una hoja de

calculo desarrollada en Excel que contiene todo el análisis matemático del Anexo E, esta hoja de calculo se lo incluye en el Anexo I

4.6.1 BTS / Esmeraldas - Balao

En Balao se instalará una BTS debido a la demanda de personal de operaciones, despacho y militar que existe dentro de las estaciones de PETROCOMERCIAL - Refinería, sitios de despacho de derivados del petróleo y adicionalmente sectores donde se encuentra instalado el poliducto, ya que estos son resguardados de forma continua por personal militar. En la Tabla 4.8, se detalla los parámetros físicos de la BTS Nebula de Teltronic, dirigidos hacia una cobertura con equipos MDT-400 y DT-410 que serán utilizados por el personal de patrullaje militar y personal operativo.

EQUIPO		PARÁMETRO	VALOR
	BTS Nebula	Potencia de Salida	29 – 45 dBm (0.8 – 31.5W)
		Sensibilidad	-106 dBm (Dinámica) -115 dBm (Estática)
		Ganancia de Diversidad	3 dB
		Perdidas Feeder/Branching	1.5 dB
	MDT-400 DT-410	Potencia de Salida	35 dBm (3W)
		Sensibilidad	-103 dBm (Dinámica) -112 dBm (Estática)
	RR65-13 VDBL2	Ganancia	15.4 dBi
		Ancho del Haz	65°

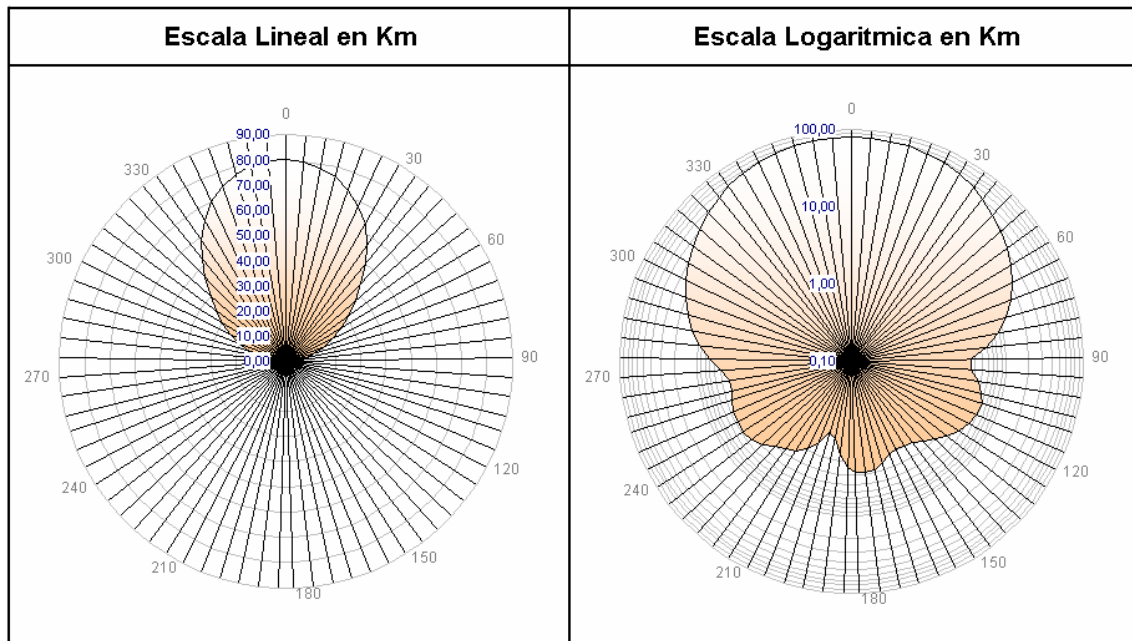
Tabla 4. 8 Equipos Nebula para Esmeraldas - Balao

Fuente: Datasheet Equipos Nebula, Anexo F-G
Elaboración: Los Autores.

El resultado de los cálculos obtenidos en el anexo I, se detallan a continuación.

Potencia de Balanceamiento	Campo máximo para Recepción	Distancia media Radiada isotropicamente	Atenuación por vegetación	Alcance Máximo de Cobertura
dBm	dBuV/m	Km	dB	Km
41	23,27	115,870	23,1739465	79,76

Los diagramas de cobertura obtenidos en el Anexo I para la antena RR65-13 VDBL2 de Andrew, en escala lineal y logarítmica se detallan a continuación



4.6.2 BTS / Santo Domingo

En la estación Santo Domingo, se desarrolla gran cantidad de actividades, tanto en despacho de derivados del petróleo como también control de línea en los poliductos, por lo que es necesario utilizar una BTS para brindar cobertura en el sector. En la Tabla 4.9, se detalla los parámetros físicos de la BTS Nebula de Teltronic, dirigidos hacia una cobertura con equipos DT-410 y HTT-500.

EQUIPO		PARÁMETRO	VALOR
	BTS Nebula	Potencia de Salida	29 – 45 dBm (0.8 – 31.5W)
		Sensibilidad	-106 dBm (Dinámica) -115 dBm (Estática)
		Ganancia de Diversidad	0 dB
		Perdidas Feeder/Branching	1.5 dB
	DT-410 HTT-500	Potencia de Salida	35 dBm (3W) - DT 30 dBm (1W) - HTT
		Sensibilidad	-103 dBm (Dinámica) -112 dBm (Estática)
	DB583- ST	Ganancia	5.1 dBi
		Ancho del Haz	360°

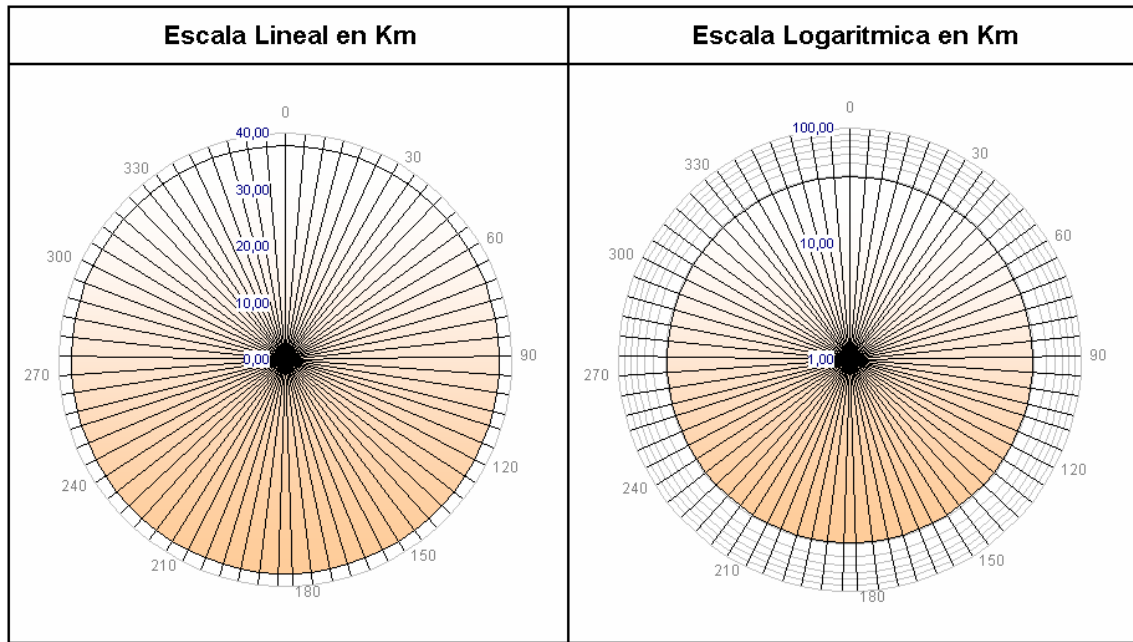
Tabla 4. 9 Equipos Nebula para Santo Domingo

Fuente: Datasheet Equipos Nebula, Anexo F-G
Elaboración: Los Autores.

El resultado de los cálculos obtenidos en el anexo I, se detallan a continuación.

Potencia de Balanceamiento	Campo máximo para Recepción	Distancia media Radiada isotropicamente	Atenuación por vegetación	Alcance Máximo de Cobertura
dBm	dBuV/m	Km	dB	Km
38	23,27	82,029	16,41	37,60

Los diagramas de cobertura obtenidos en el Anexo I para la antena DB583- ST de Andrew, en escala lineal y logarítmica se detallan a continuación



4.6.3 BTS / Atacazo

En el cerro Atacazo por ser un punto estratégico de salida hacia los poliductos de Esmeraldas, se instalará una BTS con el fin de cubrir estaciones cercanas como la de Corazón, Fisanes y toda el área correspondiente a Quito (Matriz de PETROCOMERCIAL y Estación Beaterio), así como también carreteras y sectores por los cuales pasan los poliductos. En la Tabla 4.10, se detalla los parámetros físicos de la BTS Nebula de Teltronic, dirigidos hacia una cobertura con equipos DT-410, MDT -400 y HTT-500.

EQUIPO	PARÁMETRO	VALOR
	Potencia de Salida	29 – 45 dBm (0.8 – 31.5W)
	Sensibilidad	-106 dBm (Dinámica) -115 dBm (Estática)
	Ganancia de Diversidad	0 dB
	Perdidas Feeder/Branching	1.5 dB

	MDT-400 DT-410 HTT-500	Potencia de Salida	35 dBm (3W) - DT 30 dBm (1W) - HTT
		Sensibilidad	-103 dBm (Dinámica) -112 dBm (Estática)
	DB812KE- XT	Ganancia	14.1 dBi
		Ancho del Haz	360°

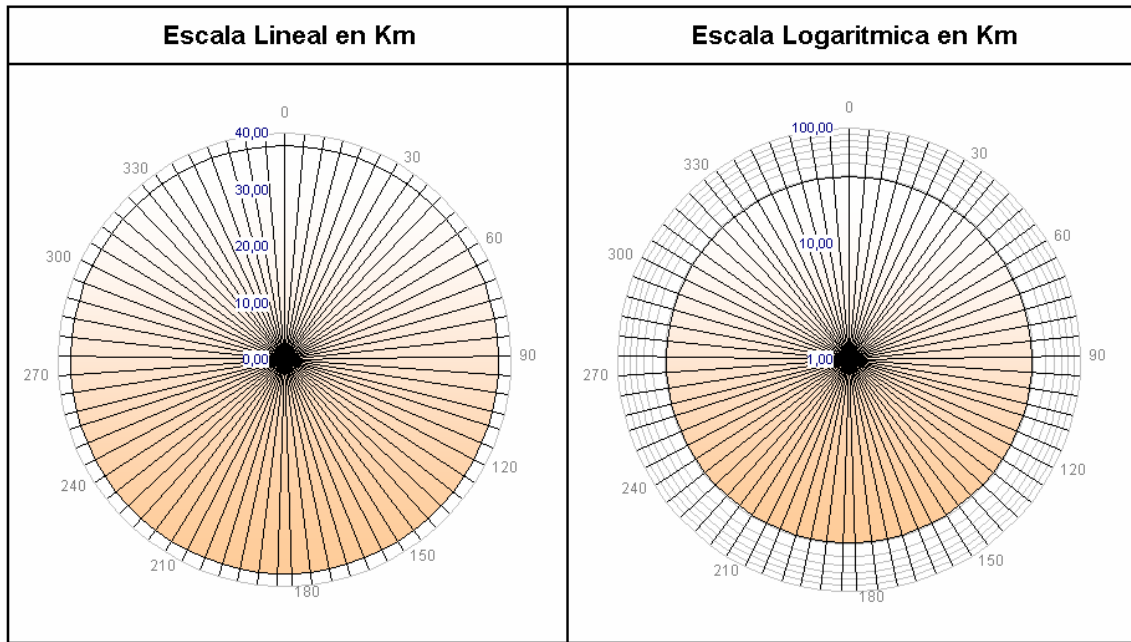
Tabla 4. 10 Equipos Nebula para Cerro Atacazo

Fuente: Datasheet Equipos Nebula, Anexo F-G
 Elaboración: Los Autores.

El resultado de los cálculos obtenidos en el anexo I, se detallan a continuación.

Potencia de Balanceamiento	Campo máximo para Recepción	Distancia media Radiada isotropicamente	Atenuación por vegetación	Alcance Máximo de Cobertura
dBm	dBuV/m	Km	dB	Km
38	23,27	82,029	16,41	105,98

Los diagramas de cobertura obtenidos en el Anexo I para la antena DB812KE- XT de Andrew, en escala lineal y logarítmica se detallan a continuación



4.6.4 BTS / Condijua

Por el alto nivel montañoso existente en el Poliducto Shushufindi – Quito, el cerro de Condijua, abarca visualmente la trayectoria del poliducto, cubriendo satisfactoriamente las estaciones de Chalpi, Osayacu y las carreteras, por tal razón es necesario incorporar una BTS en este lugar con el fin de cubrir todas estas áreas. En la Tabla 4.11, se detalla los parámetros físicos de la BTS Nebula de Teltronic, dirigidos hacia una cobertura con equipos DT-410, MDT -400.

EQUIPO	PARÁMETRO	VALOR
	Potencia de Salida	29 – 45 dBm (0.8 – 31.5W)
	Sensibilidad	-106 dBm (Dinámica) -115 dBm (Estática)
	Ganancia de Diversidad	3 dB
	Perdidas Feeder/Branching	1.5 dB




	MDT-400 DT-410	Potencia de Salida	35 dBm (3W)
		Sensibilidad	-103 dBm (Dinámica) -112 dBm (Estática)
	RR65-13 VDBL2	Ganancia	15.4 dBi
		Ancho del Haz	65°
	DB852DG65ESX	Ganancia	11.6 dBi
		Ancho del Haz	65°

Tabla 4. 11 Equipos Nebula para Cerro Condijua

Fuente: Datasheet Equipos Nebula, Anexo F-G
Elaboración: Los Autores.

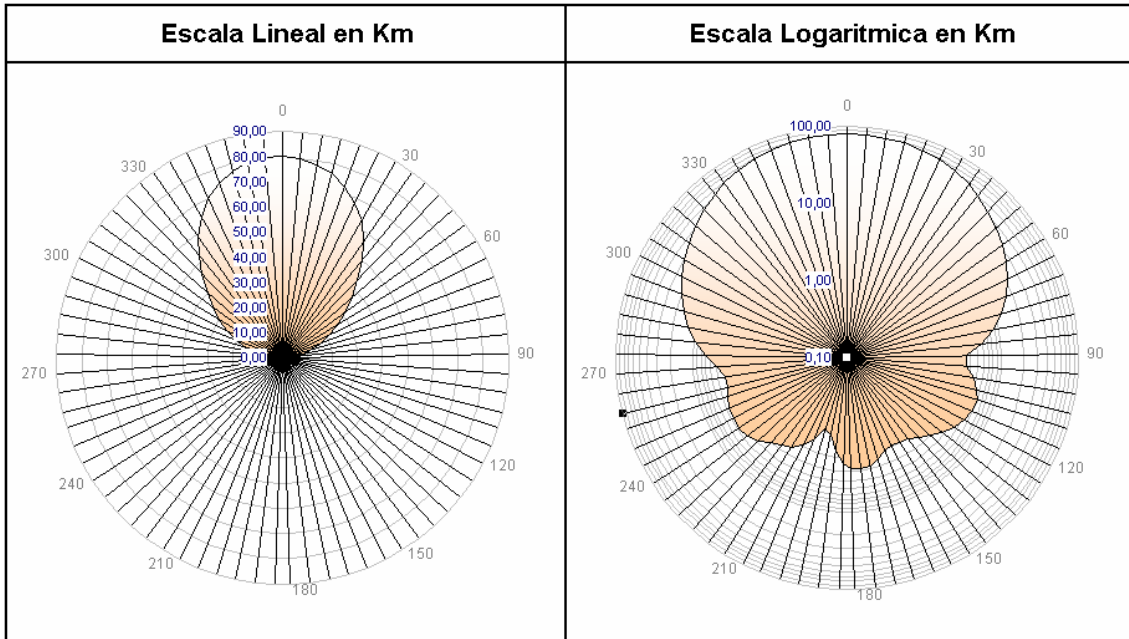
El resultado de los cálculos obtenidos en el anexo I, para la antena RR65-13 VDBL2 se detallan a continuación.

Potencia de Balanceamiento	Campo máximo para Recepción	Distancia media Radiada isotropicamente	Atenuación por vegetación	Alcance Máximo de Cobertura
dBm	dBuV/m	Km	dB	Km
41	23,27	115,870	23,17	79,76

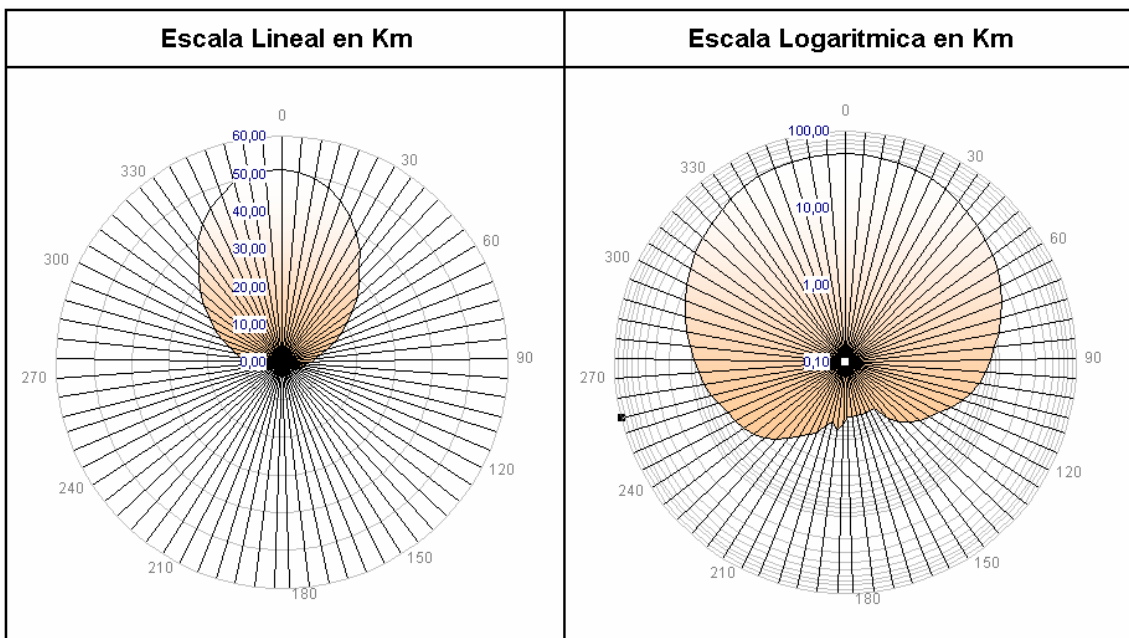
El resultado de los cálculos obtenidos en el anexo I, para la antena DB852DG65ESX se detallan a continuación.

Potencia de Balanceamiento	Campo máximo para Recepción	Distancia media Radiada isotropicamente	Atenuación por vegetación	Alcance Máximo de Cobertura
dBm	dBuV/m	Km	dB	Km
41	23,27	115,870	23,17	51,50

Los diagramas de cobertura obtenidos en el Anexo I para la antena RR65-13 VDBL2 de Andrew, en escala lineal y logarítmica se detallan a continuación



Los diagramas de cobertura obtenidos en el Anexo I para la antena DB852DG65ESX de Andrew, en escala lineal y logarítmica se detallan a continuación



4.6.5 BTS / Lumbaqui

El Cerro lumbaqui es un punto estratégico para la cobertura hacia la estación Shushufindi, ya que por su altura ofrece una visualización del

camino del poliducto y especialmente de la estación Quijos, por tal razón es necesario incorporar una BTS en este sitio, que abarque tanto la estación de Quijos como el camino por donde se encuentra tendido el poliducto. En la Tabla 4.12, se detalla los parámetros físicos de la BTS Nebula de Teltronic, dirigidos hacia una cobertura con equipos DT-410, MDT -400.

EQUIPO		PARÁMETRO	VALOR
	BTS Nebula	Potencia de Salida	29 – 45 dBm (0.8 – 31.5W)
		Sensibilidad	-106 dBm (Dinámica) -115 dBm (Estática)
		Ganancia de Diversidad	0 dB
		Perdidas Feeder/Branching	1.5 dB
	MDT-400 DT-410	Potencia de Salida	35 dBm (3W)
		Sensibilidad	-103 dBm (Dinámica) -112 dBm (Estática)
	DB583- ST	Ganancia	5.1 dBi
		Ancho del Haz	360°

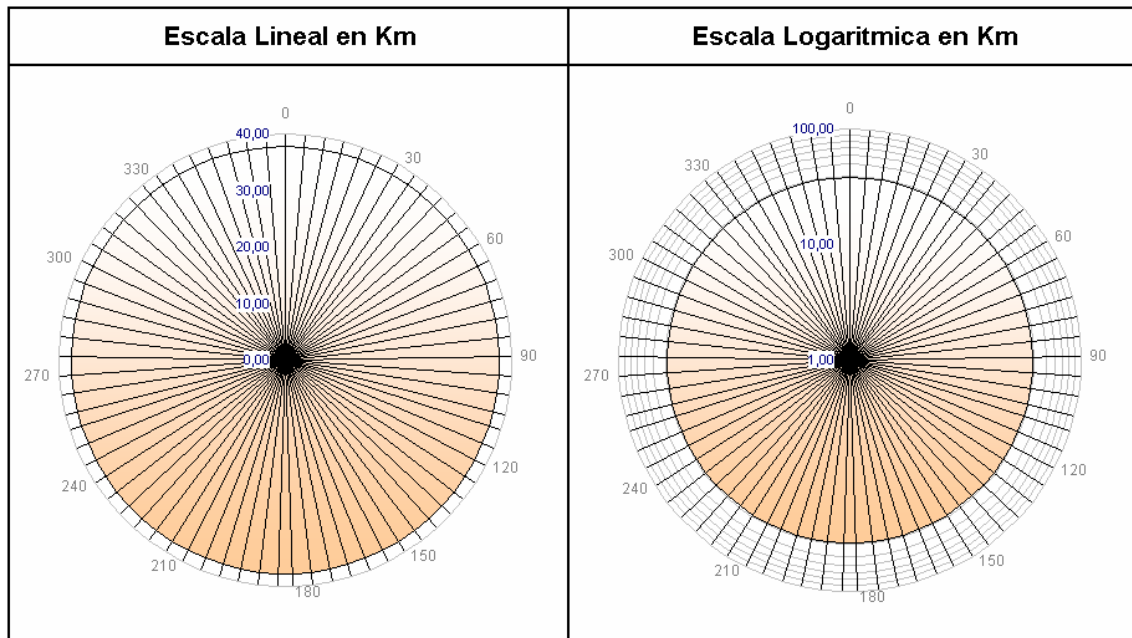
Tabla 4. 12 Equipos Nebula para Cerro Lumbaqui

Fuente: Datasheet Equipos Nebula, Anexo F-G
Elaboración: Los Autores.

El resultado de los cálculos obtenidos en el anexo I, se detallan a continuación.

Potencia de Balanceamiento	Campo máximo para Recepción	Distancia media Radiada isotropicamente	Atenuación por vegetación	Alcance Máximo de Cobertura
dBm	dBuV/m	Km	dB	Km
38	23,27	82,029	16,41	37,60

Los diagramas de cobertura obtenidos en el Anexo I para la antena DB583- ST de Andrew, en escala lineal y logarítmica se detallan a continuación



4.6.6 BTS / Shushufindi

De forma similar a la estación de Esmeraldas, en esta estación comple labores de despacho de derivados de petróleo y también control de operaciones, incluyendo un patrullaje de personal militar alrededor de las instalaciones de la refinera, por lo que es necesario incluir una BTS que satisfaga la cobertura de la región.

En la Tabla 4.13, se detalla los parámetros físicos de la BTS Nebula de Teltronic, dirigidos hacia una cobertura con equipos DT-410, MDT -400 y HTT-500.

EQUIPO		PARÁMETRO	VALOR
	BTS Nebula	Potencia de Salida	29 – 45 dBm (0.8 – 31.5W)
		Sensibilidad	-106 dBm (Dinámica) -115 dBm (Estática)
		Ganancia de Diversidad	0 dB
		Perdidas Feeder/Branching	1.5 dB
	MDT-400 DT-410 HTT-500	Potencia de Salida	35 dBm (3W) - DT 30 dBm (1W) - HTT
		Sensibilidad	-103 dBm (Dinámica) -112 dBm (Estática)
	DB806E- XT	Ganancia	8.1 dBi
		Ancho del Haz	360°

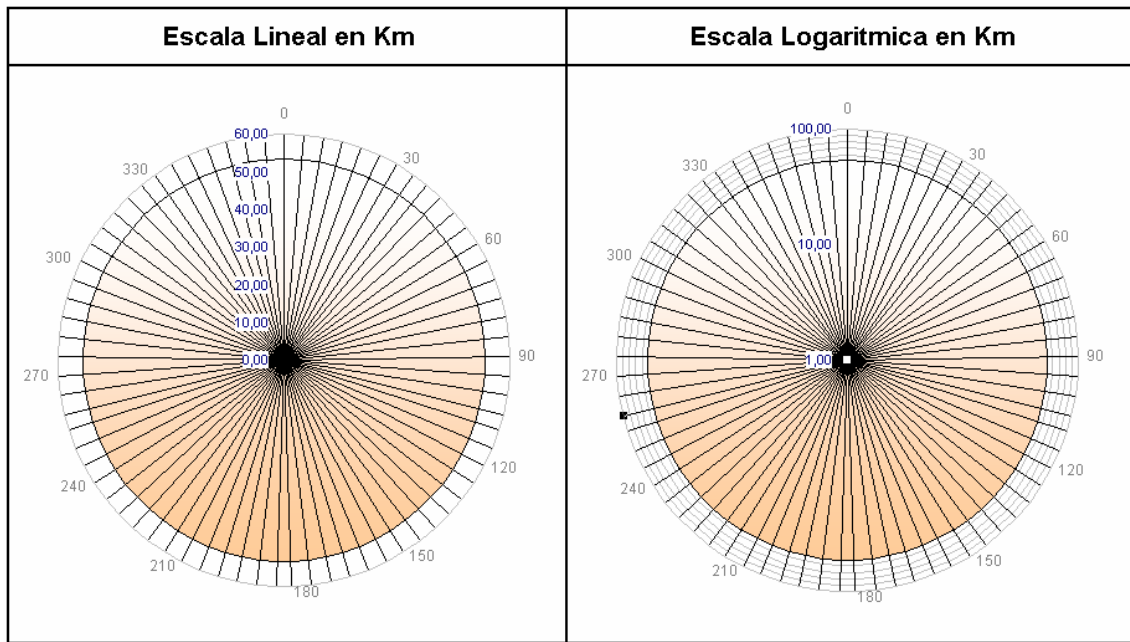
Tabla 4. 13 Equipos Nebula para Shushufindi

Fuente: Datasheet Equipos Nebula, Anexo F-G
Elaboración: Los Autores.

El resultado de los cálculos obtenidos en el anexo I, se detallan a continuación.

Potencia de Balanceamiento	Campo máximo para Recepción	Distancia media Radiada isotropicamente	Atenuación por vegetación	Alcance Máximo de Cobertura
dBm	dBuV/m	Km	dB	Km
38	23,27	82,029	16,41	53,11

Los diagramas de cobertura obtenidos en el Anexo I para la antena DB806E- XT de Andrew, en escala lineal y logarítmica se detallan a continuación



4.6.7 BTS / Pilisurco

De similar forma que en el cerro Condijua, el cerro Pilisurco realiza un puente de interconexión entre el poliducto de Quito con en el Ambato, por tal razón es necesario incluir una BTS con el fin de brindar cobertura a las patrullas en el trayecto hacia Ambato y de igual forma dar servicio TETRA al terminal de despacho de Ambato. En la Tabla 4.14, se detalla los parámetros físicos de la BTS Nebula de Teltronic, dirigidos hacia una cobertura con equipos DT-410, MDT -400 y HTT-500.

EQUIPO	PARÁMETRO	VALOR
	Potencia de Salida	29 – 45 dBm (0.8 – 31.5W)
	Sensibilidad	-106 dBm (Dinámica) -115 dBm (Estática)
	Ganancia de Diversidad	3 dB
	Perdidas Feeder/Branching	1.5 dB

	MDT-400 DT-410 HTT-500	Potencia de Salida	35 dBm (3W) - DT 30 dBm (1W) - HTT
		Sensibilidad	-103 dBm (Dinámica) -112 dBm (Estática)
	844G90VTA- SX	Ganancia	13.9 dBi
		Ancho del Haz	90°
	CTSG- 12010- 0DM	Ganancia	12.9 dBi
		Ancho del Haz	120°

Tabla 4. 14 Equipos Nebula para Pilisurco

Fuente: Datasheet Equipos Nebula, Anexo F-G
 Elaboración: Los Autores.

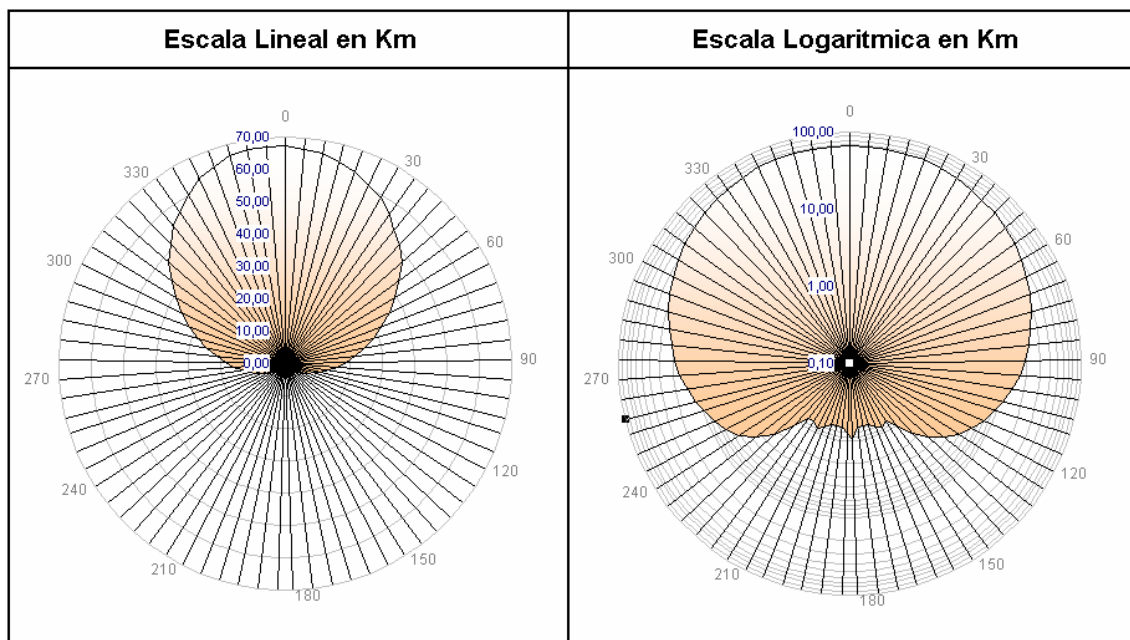
El resultado de los cálculos obtenidos en el anexo I, para la antena 844G90VTA- SX, se detallan a continuación.

Potencia de Balanceamiento	Campo máximo para Recepción	Distancia media Radiada isotropicamente	Atenuación por vegetación	Alcance Máximo de Cobertura
dBm	dBuV/m	Km	dB	Km
41	23,27	115,870	23,17	67,11

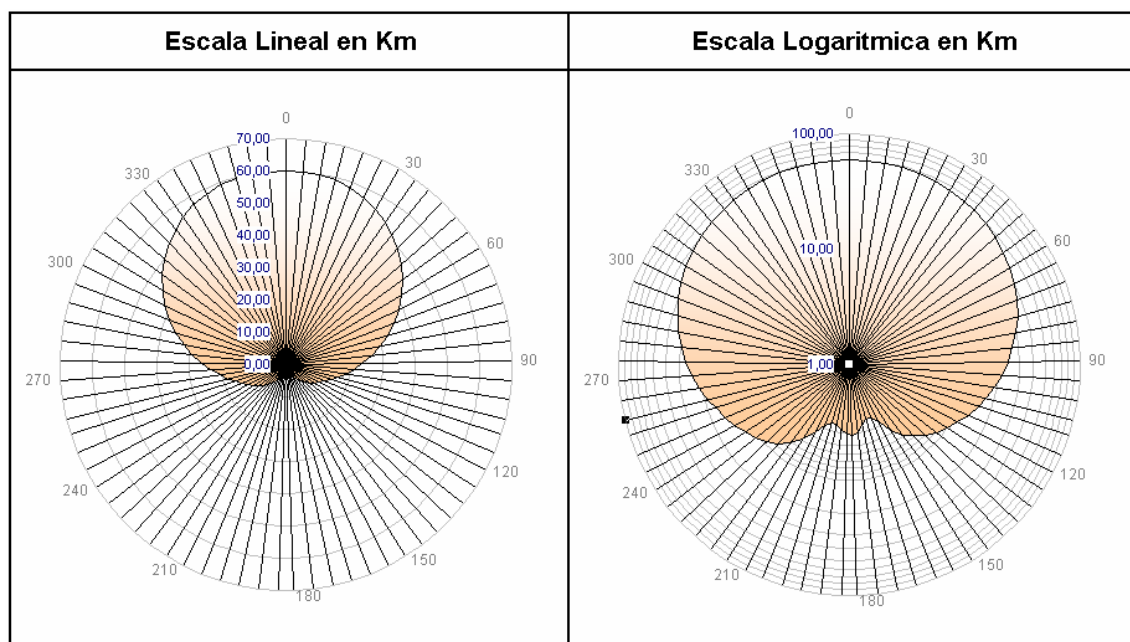
El resultado de los cálculos obtenidos en el anexo I, para la antena CTSG- 12010-0DM, se detallan a continuación.

Potencia de Balanceamiento	Campo máximo para Recepción	Distancia media Radiada isotropicamente	Atenuación por vegetación	Alcance Máximo de Cobertura
dBm	dBuV/m	Km	dB	Km
41	23,27	115,870	23,17	59,81

Los diagramas de cobertura obtenidos en el Anexo I para la antena 844G90VTA- SX de Andrew, en escala lineal y logarítmica se detallan a continuación



Los diagramas de cobertura obtenidos en el Anexo I para la antena CTSG- 12010-0DM de Andrew, en escala lineal y logarítmica se detallan a continuación



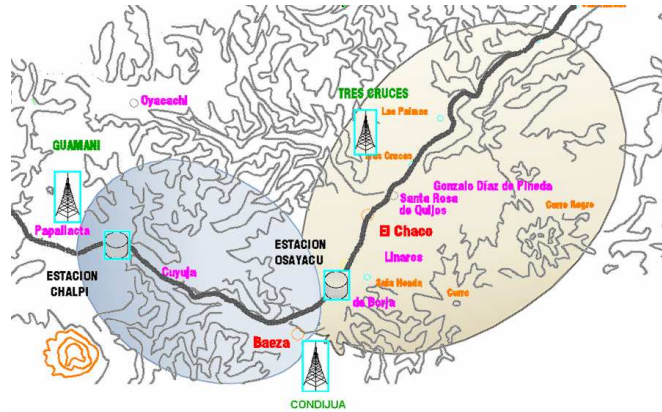


Gráfico 4. 8 Cobertura TETRA Nébula Condijua

Fuente: PETROCOMERCIAL
 Elaboración: Los Autores

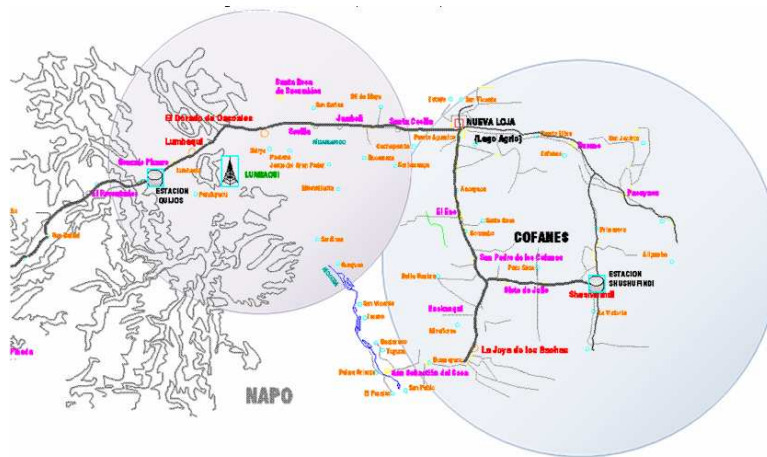


Gráfico 4. 9 Cobertura TETRA Nébula Lumbajui - Shushufindi

Fuente: PETROCOMERCIAL
 Elaboración: Los Autores

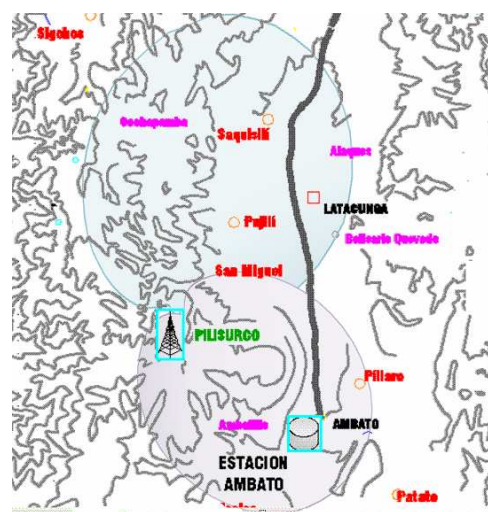


Gráfico 4. 10 Cobertura TETRA Nébula Pilisurco

Fuente: PETROCOMERCIAL
 Elaboración: Los Autores

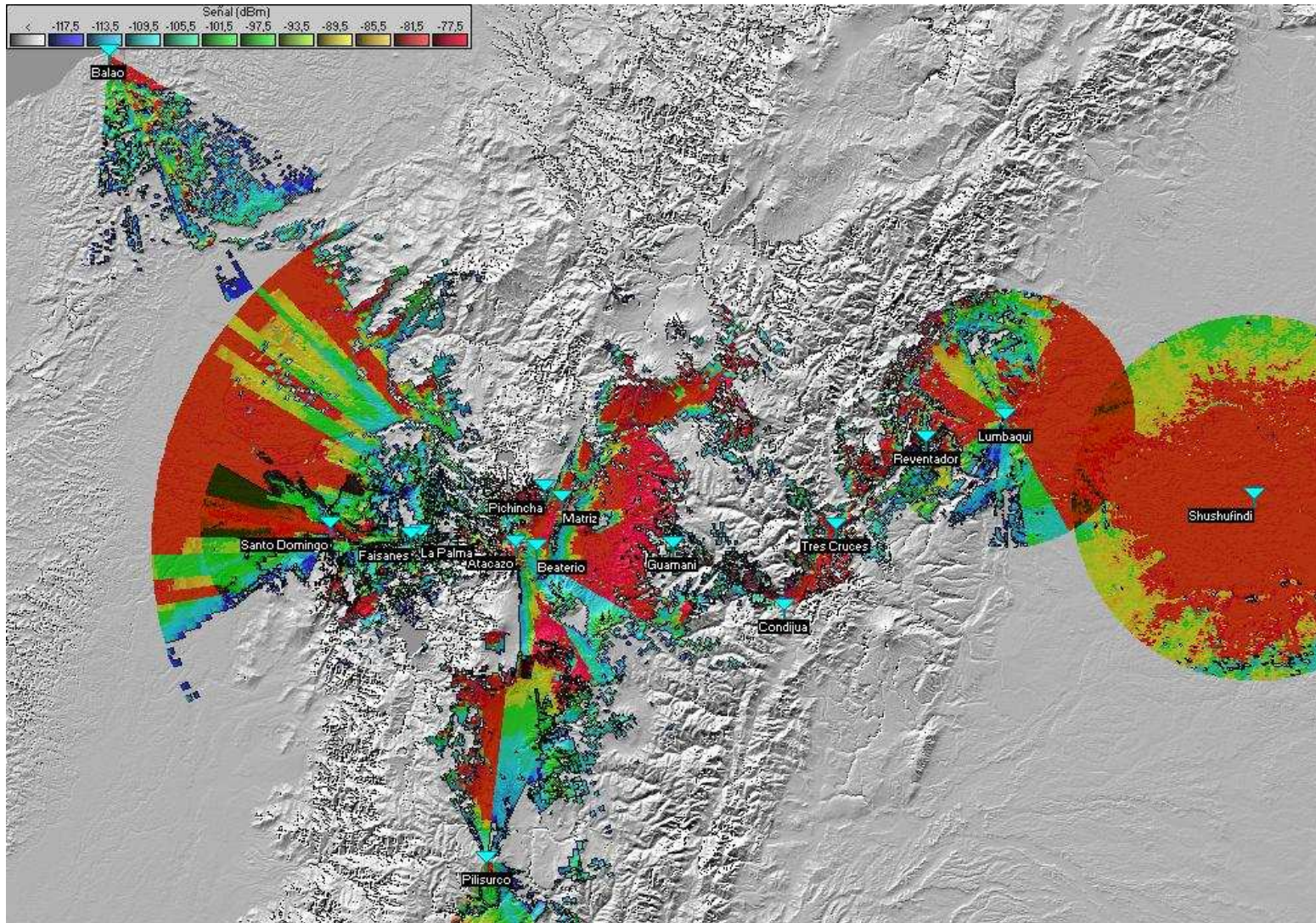


Gráfico 4. 11 Cobertura TETRA Nébula realizada por Mobile Radio

Fuente: PETROCOMERCIAL
Elaboración: Los Autores

4.7 DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS NEBULA.

En base a la arquitectura TETRA Nebula y de acuerdo a los requerimientos del personal técnico, operativo y militar de PETROCOMERCIAL, se recomienda la siguiente distribución de hardware:

4.7.1 SCN

Este nodo central será colocado en el Beaterio, debido a que en este sitio se encuentra el personal técnico de telecomunicaciones que brindará asistencia inmediata de ocurrir algún incidente en el sistema, las partes recomendadas para integrar el SCN son:

- CNC
- NMS Server
- MAM
- Ethernet Switch,
- Line Dispatcher/ VoIP Gateway
- Telephone Gateway
- Remote Maintenance Gateway
- Firewall
- SNI

4.7.2 SBS

Las SBS serán instaladas de acuerdo a los sitios propuestos en la tabla 4.7, en ellas se deberá incluir:

- BSR
- Ethernet Switch
- MAM
- LSC
- SYNC y SNI

4.7.3 Equipos terminales

Por las cualidades físicas de los equipos terminales (Sensibilidad, potencia de transmisión y servicios) examinadas en el capítulo 2, se recomienda el uso de:

- DT-410, para el personal operativo fijo, que trabaja en el control de línea, enviando periódicamente condiciones de transferencia de los derivados del petróleo.
- MDT-400, destinado a los vehículos del personal operativo, técnico y militar que continuamente brinda soporte a los poliductos.
- HTT-500, para el personal operativo móvil, que trabaja en actividades dentro de las estaciones o en actividades de reparación de poliductos.

4.7.4 Sistemas radiantes

Las antenas ocupadas en este diseño se detallan en el anexo G y serán colocadas de acuerdo a las tablas de las estaciones BTS correspondientes a los ítems 4.6.1 al 4.6.7.

4.8 OPERATIVIDAD DEL SISTEMA.

El sistema cuenta con diversos mecanismos de comunicación con el fin de evitar la paralización de las actividades en las operaciones normales dentro de PETROCOMERCIAL.

- DM GATEWAY, serán configurados en los equipos DT y MDT, para poder incrementar la cobertura de los equipos HTT cuando se trabaje en zonas con alto nivel de atenuación y poca cobertura.

- Handover, mecanismo por el cual los equipos terminales migran de una celda de cobertura a otra, cabe recalcar que estos terminales (MS) a diferencia de los terminales GSM, presentan en su estructura interna un mecanismo de preselección de portadora, es decir, que ellos realizan un censo del nivel de potencia de las portadoras TETRA más fuertes y escogen la mejor opción, mientras que en la Tecnología GSM este proceso es llevado a cabo por las BTS`s.
- LSC, este mecanismo de autonomía permitirá que los usuarios de una misma cerda de cobertura trabajen normalmente y el sistema no colapse de forma total.

4.9 COSTOS REFERENCIALES.

Teltronic en su propuesta económica ofrece proyectos con financiamiento de un monto de hasta 5000000 USD, en un período máximo de 5 años, con su respectivo interés, comisión y seguro de ventas, tal como se indica en la tabla 4.15.

FINANCIACIÓN A ORGANISMOS		
COMPRA INFRAESTRUCTURA		
Principal	5.000.000,00	USD
Tipo de interés CIRR	3,00%	
Diferencial	1,50%	
Tipo de interés	4,50%	0,38%
Comisión	0,75%	
Seguro CESCE	2,00%	
Años	5	
Periodos	12	1= Anual, 4=Trimestral, 12=Mensual
Número de periodos	60	
Comisión	37.500,00	USD
Seguro	100.000,00	USD
Cuota	93.215,10	USD
Total a pagar	5.592.905,77	USD
Intereses	592.905,77	USD

Tabla 4. 15 Financiamiento para equipos Nebula de Teltronic

Fuente: Teltronic
Elaboración: Teltronic.

ANÁLISIS TÉCNICO COMPARATIVO DEL SISTEMA TRUNKING ASTRO 25 DE MOTOROLA CON TETRA NEBULA DE TELTRONIC.

5.1 INTRODUCCIÓN

Es de vital importancia realizar un análisis técnico comparativo de las tecnologías TRUNKING expuestas en los capítulos anteriores, para resaltar los beneficios y fortalezas de cada una de ellas.

El fin de este análisis es lograr una verdadera apreciación de alcances y servicios que PETROCOMERCIAL podría requerir para una posible migración de su tecnología de comunicación VHF actual.

5.2 ESPECIFICACIONES GENERALES

5.2.1 Estandarización

Astro 25 en su infraestructura Core se encuentra desarrollada en una plataforma netamente propietaria de Motorola, por lo que garantiza una completa seguridad en sus redes, cabe recalcar que su interfaz aire se basa en el estándar abierto APCO Project 25, lo que permite una flexible comunicación entre redes que soporten este estándar.

Nébula es una plataforma abierta y diseñada bajo el estándar Europeo TETRA ETSI 300 392, tanto en su sistema centralizado como en su interfaz aire, esta cualidad permite una gran apertura en la utilización de equipos de diferentes fabricantes.

Se debe tomar muy en cuenta que cada fabricante agrega o mejora las sugerencias del estándar dando una singularidad a cada producto.

5.2.2 Actualización de infraestructura.

Astro 25 ofrece la actualización de nuevas versiones del sistema mediante la instalación de software de operación, control y administración del sistema.

Nébula ofrece actualizaciones en su sistema mediante la apertura de nuevo hardware con mejores características funcionales y operativas.

5.2.3 Capacidad Híbrida Análogo/Digital.

Astro 25 presenta una compatibilidad de equipos de diferentes tecnologías, pudiendo trabajar en un ambiente híbrido, tanto en modos analógicos como digitales con los mismos equipos de comunicación. Esta cualidad permite una migración paulatina y escalable hacia una tendencia completamente digital.

Nébula por su estructura puramente digital, no permite la capacidad híbrida con un funcionamiento analógico.

5.2.4 Comercialización.

Astro 25 con su estándar APCO 25 creado por agencias de seguridad pública y organismos de control americanas como la TIA, desde su comienzo ha presentado la asignación de fabricantes exclusivos, como es el caso de Motorola para ASTRO 25.

Nébula con su estándar TETRA de origen europeo, siempre ha tenido un gran mercado privilegiado, obteniendo una estandarización en el espectro de frecuencia para esta tecnología.

5.2.5 Respaldo Técnico.

Astro 25 su fabricante Motorola (U.S.A.), es una marca a nivel mundial, que tiene ya muchos años en el mercado de las telecomunicaciones y es por esto que es un respaldo para realizar proyectos a largo plazo sin temor que el fabricante desaparezca.

Nébula su fabricante Teltronic (España), es una empresa innovadora y sólida con numerosos contratos en Europa y Asia, actualmente esta ingresando al mercado latinoamericano, con grandes proyectos en infraestructura TETRA

5.2.6 Apertura de funcionamiento.

Astro 25 permite la disponibilidad en sus controladores remotos de poder controlar toda su área de cobertura de forma independiente, en el caso de que exista un fallo en el controlador master o con el enlace al mismo, para de esta forma no dejar sin servicio a todo el sector remoto.

Nébula en sus sistemas de radio base dispone de la funcionalidad de LSC – Controlador local, que permite realizar las funciones del conmutador principal CNC sobre la zona que brinda cobertura dicha radio base, evitando así la paralización de las comunicaciones en cada zona.

5.2.7 Incremento temporal de cobertura.

Astro 25 a diferencia de Nébula no tiene esta opción de incremento de cobertura a través de equipos terminales, como radio portátiles o móviles.

Nébula permite en sus dispositivos móviles el incremento del área de cobertura a través de radios Gateways que sirven de medio radiador

para receptor señales en medios DMO y retransmitirlas en medios TMO o viceversa.

5.2.8 Handover del sistema.

Astro 25 en su estructura de comunicación radio a controlador, el handover es realizado únicamente por el controlador principal, el cual decide la celda de mejor señal para la respectiva comunicación.

Nébula dispone de funcionalidades de handover, a diferencia de tecnologías de segunda generación, cada equipo terminal TETRA es el encargado de seleccionar la celda con mejor nivel de potencia, permitiendo de esta manera escoger el canal más adecuado para el transporte de la información.

5.2.9 Encriptación del sistema.

Astro 25 permite cifrar el interfaz aire a través de algoritmos de encriptación especificados por el estándar de APCO, como son los algoritmos DES con aplicaciones propietarias de Motorola DES-XL, DVP-XL y DVI-XL, adicionalmente trabaja con cifrado OTAR.

Nébula dispone de un alto grado de encriptación en su sistema interno, dando un control principal con códigos de encriptación en el interfaz aire (DCK, CCK, GCK, SCK y OTAR) encriptados bajos algoritmos TEA1, TEA2 TEA3 y TEA4, además dispone de un sistema de encriptación extremo a extremo con la utilización de códigos E2EE, robusteciendo de esta manera la seguridad de las comunicaciones dentro y fuera de la red.

5.3 ESPECIFICACIONES TECNICAS.

	ASTRO 25 DE MOTOROLA	TETRA NEBULA DE TELTRONIC
Organismo de Estandarización Y Regulación	APCO, TIA	ETSI
Estándar	Project 25	TETRA
Tecnología de Acceso	FDMA	TDMA
Bandas de frecuencia	VHF/UHF/800	380/(UHF)/(800)
Modulación	C4FM	$\pi/4$ DQPSK - QAM
Portadora	25KHz	25KHz
Canales por portadoras	2	4
Modo de Operación	Half/Full Duplex	Half/Full Duplex
Interconectividad	E1/T1	VLAN, WLAN WIMAX, E1/T1
Valor agregado en equipo	-	GPS
Autenticación	ID usuario	ID equipo ID usuario
Vocoder	IMBE	ACELP
Encriptación	Interfaz Aire OTAR	Interfaz Aire E2EE, OTAR
Potencia de transmisión	Radio Base 100W Portátil 3W Móvil 100 W	Radio Base 31.62W Portátil 3W Móvil 10W
Cobertura por Sitio	Comparada a sistemas analógico	Menor que en sistemas analógicos
Soporte para subsistema	Convencionales y Troncalizados	Solo Troncalizados
Estandarización	abierta	abierta

Tabla 5. 1 Comparaciones Técnicas de Tecnologías Trunking

Fuente: Motorola y Teltronic
Elaboración: Los Autores

5.4 COMPARACIÓN ECONÓMICA

Al no poder acceder a una lista detallada de los costos referenciales de los diferentes equipos usados en cada una de las tecnologías, se hace difícil realizar una comparación económica para determinar cual es la mejor opción en cuanto al precio.

Los mecanismos de licitación para la adquisición de una tecnología, permite a los ofertantes competir en precio y en servicios, siendo este un punto clave para la selección de una tecnología o fabricante.

En empresas que no disponen de un capital necesario para la actualización de tecnologías, recurren a mecanismos de financiamiento ofrecidos por los fabricantes, ya sea a corto o largo plazo, dependiendo de las capacidades económicas de la empresa, como también del tamaño de la infraestructura del proyecto.

Como un ejemplo de comparación económica, se tomó del Internet el precio referencial de un equipo Terminal Base de Motorola y Teltronic. Para el MDT-500 (Teltronic) el costo es de 1500 dólares, mientras que para Astro Spectra Plus (Motorola) el costo es de 3938 dólares, marcando una diferencia porcentual de más del 100%, lo que nos hace concluir que la inversión para una red TETRA de Teltronic es mucho más conveniente desde el punto de vista económico.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Una vez alcanzado todos los objetivos del presente trabajo de estudio y diseño de un Sistema de Comunicación Digital de voz con tecnología TRUNKING para los Poliductos de PETROCOMERCIAL Regional Norte, expondremos las conclusiones a las que hemos llegado durante todo el transcurso del mismo.

CONCLUSIONES

Durante la realización de este proyecto se comprendió cuan grande es el campo de aplicación de los sistemas TRUNKING, ya que el crecimiento de la tecnología en la sociedad actual, tiende a incorporar todas las características de operatividad en cuanto al transporte de todo tipo de información en una sola red, para de esta forma simplificar los procesos de administración, manejo, configuración y mantenimiento de las diferentes infraestructuras, para comunicación tanto de datos como de voz.

Es de vital importancia el uso de un sistema de comunicación de alta eficiencia y seguridad para una empresa como PETROCOMERCIAL, que se dedica a la comercialización del petróleo ecuatoriano y todos sus derivados, donde la información que se maneja al ser obtenido por intrusos puede ser usada para sacar provecho de la misma.

Una de las principales ventajas que presenta la tecnología Trunking digital de hoy en día, es la facilidad de control y administración de los diferentes recursos que puedan tener las diferentes redes. Esto se lo logra debido a la concentración de toda la información en un módulo central, mediante enlaces de paquete digitales de datos (IP).

Al presentarse un transporte de información digital, se pueden emplear mecanismos de encriptación para proteger la información de intrusos no deseados, lo cual se hace muy difícil en los sistemas analógicos.

La implementación de la tecnología TRUNKING sobre redes estructurales existentes, es un factor muy preponderante en el diseño, debido a que no involucra cambio ni actualización de equipos. Las estructuras TRUNKING son fácilmente introducidas en las redes ya que disponen de mecanismos estandarizados de comunicación (LAN, WLAN, E1, ISDN, etc.) haciendo fácil y segura la interoperabilidad entre los servicios de la red interna de la empresa.

La selección del ancho de banda en los diseños expuestos fueron llevados a cabo bajo una investigación en la asignación de frecuencias del espectro radioeléctrico de Ecuador, debido a que en la comunidad Europea y Asia, las plataformas TRUNKING se establecen sobre 400 MHz, mientras que en países Americanos se lo hace en los 800 MHz. La ventaja de incorporarnos a la banda de 800 MHz sería muy conveniente en toda la región Latino Americana, ya que nos permitiría una futura interoperabilidad entre redes de otros países vecinos.

En la actualidad se cuenta con mecanismos sistemáticos en la predicción del área de cobertura de acuerdo a las especificaciones de cada tecnología, por tanto los diseños expuestos en la tecnología TRUNKING, se limitan a las especificaciones y recomendaciones técnicas ofrecidas por los fabricantes, ya que por ser tecnologías de punta, cada distribuidor se reserva los derechos de diseño e implementación.

Los costos referenciales son un factor muy importante en la selección de las tecnologías, para proyectos de esta envergadura, es limitada la información del costo específico de productos, ya que muchos de estos sistemas, para su eventual comercialización, siguen un proceso legal de licitación ya sea esta pública o privada, que establece los precios finales de cada proyecto.

La gran variedad de tecnología de interconectividad, establece la diferencia entre una tecnología y otra, tendiendo en la actualidad a la interconectividad de todas las redes y servicios, tal es el caso, que en la comunidad Europea y Asia, la tecnología TETRA es considerada como un servicio colectivo, haciendo interactuar empresas públicas y privadas en servicios de emergencias (Bomberos, Policías, Ambulancias, etc.).

La facilidad de trabajar bajo un estándar abierto permite un mayor desarrollo tecnológico, sustentado a las necesidades que tiene el gran mercado, en este caso de las telecomunicaciones, el cual se ve reflejado en la gran gama de productos y equipos por parte de diferentes fabricantes. En esta parte del desarrollo científico juegan un papel muy importante los organismos de estandarización y control, quienes son los llamados a orientar esta carrera de implementación de nuevas tecnologías bajo un ambiente estándar.

Después de la experiencia adquirida con la tecnología ASTRO 25 de Motorola, podemos saber que es un sistema que brinda las mejores características para el desarrollo de una infraestructura orientada al transporte digital de información (IP), el cual satisface todas las expectativas por parte del usuario a la hora de realizar un rediseño de su red.

Para el diseño de la infraestructura ASTRO 25 se escogió una red que pueda abarcar una gran extensión de área de cobertura, donde el tráfico generado por todos los usuarios no sería de gran magnitud. Estas condiciones requeridas por PETROCOMERCIAL se encajan justo con este tipo tecnología, donde el alcance dado por los sitios remotos es similar a los sistemas analógicos.

En los diseños tanto del sistema ASTRO 25 como en el sistema TETRA NEBULA, se los ha orientado a buscar un rehúso de los recursos que dispone actualmente PETROCOMERCIAL, como son sitios de repetición y enlaces microondas para enlazar los diferentes sitios. Esta concepción fue tomada desde el punto de vista de abaratar los costos de implementación y adquisición de equipos.

Creemos que las dos tecnologías estudiadas en este proyecto cumplen satisfactoriamente todas las necesidades requeridas por el usuario, cada una con sus principales ventajas de la otra, haciéndolas de esta forma una buena elección para la implementación del sistema de comunicación de voz requerido por parte de PETROCOMERCIAL.

RECOMENDACIONES

Los retos actuales frente a las nuevas tecnologías que van incorporándose en el desarrollo de la humanidad, son fuentes de información y conocimiento que deberían ser aprovechadas por estudiantes de ingeniería, ya sea en proyectos de titulación como en proyectos académicos, ya que retribuyen valiosamente en la experiencia del campo laboral y profesional de cada individuo.

La seguridad es un factor indispensable en la evolución tecnológica, que permite brindar mayores garantías y servicios tanto a empresas públicas como privadas. Muchas empresas en la actualidad desaprovechan estos recursos, limitando su crecimiento, desarrollo y seguridad global, por lo que se recomienda realizar una eventual actualización de los sistemas a través de un cronograma establecido acorde a sus necesidades y su situación económica.

La gran apertura de interoperabilidad en redes TRUNKING, es el pilar fundamental en la estabilidad de los sistemas. Considerando que los diseños fueron realizados sobre rutas de enlaces con un alto grado de eficiencia. Se recomienda en sectores críticos incrementar la redundancia del sistema con la implementación de módulos de interconectividad, para ofrecer una alternativa de enrutamiento de tráfico de cada zona.

Para poder mejorar la eficiencia de la red es recomendable que los equipos de control sean redundantes, de forma que si existe una falla del controlador

principal, este controlador secundario entre en funcionamiento, sin tener que apagar todo el sistema hasta poder reparar el controlador principal.

Se recomienda la estructuración de grupos de comunicación, para las diferentes estaciones que encontramos en todo el Poliducto de la Regional Norte de PETROCOMERCIAL, los cual no existe hoy en día. Estos grupos permitirán usar de forma eficiente los canales de voz y permitirán dar mayor prioridad a los trabajos de transmisión de condiciones en el Poliducto.

Como principal recomendación quisiéramos dejar a las futuras generaciones el hecho de que todo conocimiento académico debe ir de la mano con la práctica, ya que este es un proceso fundamental en el momento de desarrollarse como un profesional, ya que no existe un dominio completo de nuestra área de estudio si no existe también la práctica profesional, así como tampoco existe un pleno dominio de los procesos y funcionamiento de la tecnología sin estar en el campo de la manipulación y control de los sistemas tecnológicos.

BIBLIOGRAFIA.

- ✓ MOTOROLA Inc.
ASTRO 25 Trunked Integrated Voice and data System Release 6.4 SE
“Understanding Your ASTRO 25 Trunking System”
Volumen 1 Septiembre 2004

- ✓ MOTOROLA Inc.
ASTRO 25 Trunked Integrated Voice and data System Release 6.5/6.5
SE “System Release Enhancements”
Julio 2005

- ✓ TELTRONIC - NEBULA (INFRAESTRUCTURA TETRA TELTRONIC)
Descripción técnica V.21
Diciembre 2003

- ✓ Radiación y Radiocomunicación
Autor: Juan José Murillo Fuentes
Sevilla. Escuela Superior de Ingenieros.
<http://viento.us.es/~murillo/docente/radio/Radio.htm>

- ✓ Introducción a redes inalámbricas
Autor: Alberto Escudero Pascual
TRICALCAR
www.wilac.net/tricalcar

- ✓ UIT Estándares
ITU-R P.530, UIT-R P527, UIT-R PN 526, ITU-R 838, ITU-R 837, ITU-R
P.833, ITU-R P.676

- ✓ ETSI
Familia de estándar TETRA ETS 300 392
www.etsi.org

- ✓ Reglamento y norma técnica para los sistemas troncalizados
Resolución No. 264-13-CONATEL-2000
www.conatel.gov.ec

- ✓ Andrew Corporation
www.andrew.com

- ✓ TELTRONIC - TETRA SwML Interoperability Certificate
Enero 2004

- ✓ TELTRONIC
www.teltronic.es

- ✓ TETRA MOU
www.tetramou.com

- ✓ Dimensionado de un Radio Enlace
<http://eupt2.unizar.es/asignaturas/ittse/radiocomunicaciones/guion.pdf>