

**ANÁLISIS Y PROPUESTA DE MEJORA DEL SERVICIO DE COMUNICACIONES DE
LA UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL DE AERONÁUTICA CIVIL.**

**FREDDY GARCÍA PÉREZ
PEDRO JHONANDER VARELA NUNCIRA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES
BUCARAMANGA
2006**

**ANÁLISIS Y PROPUESTA DE MEJORA DEL SERVICIO DE COMUNICACIONES DE
LA UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL DE AERONÁUTICA CIVIL.**

**FREDDY GARCÍA PÉREZ
PEDRO JHONANDER VARELA NUNCIRA**

**Proyecto de Grado en modalidad de práctica empresarial presentado como
requisito para optar al título de Ingeniero Electrónico**

PhD. Homero Ortega Boada

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES
BUCARAMANGA
2006**

Este trabajo de grado se lo dedico a Dios quien siempre ha estado conmigo y ha hecho este trabajo posible, a mis padres Miguel García e Inés Pérez porque siempre me han apoyado y han confiado plenamente en mí y me han brindado incondicionalmente su cariño, a mi hermano Alexander, que ha significado un pilar muy grande en mi vida y a toda mi familia y amigos cercanos que siempre estuvieron pendientes de mi formación intelectual, moral y espiritual.

Dedico este trabajo principalmente a Dios que me ha todo, a mis padres David Eduardo Varela y Hercilia Nuncira por su amor, comprensión y apoyo incondicional, y a mis hermanos Hector David y Yuri Andrea que nunca los olvido.

AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestros agradecimientos a:

Ingeniero Jaime Raúl Burbano Náder, Ingeniero adscrito al grupo de comunicaciones de la Aeronáutica Civil, quien nos orientó y nos prestó su valiosa colaboración durante la elaboración de este proyecto.

PhD. Homero Ortega Boada de la Universidad Industrial de Santander quien nos brindó el apoyo necesario para llevar este proyecto a cabo.

El grupo de Comunicaciones de la Dirección de Telecomunicaciones de la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil y todo su personal y al grupo de Soporte Técnico, quienes colaboraron de gran manera para la realización del proyecto.

La Aeronáutica Civil por toda la confianza depositada en nosotros y a la colaboración brindada para la consecución de este trabajo.

La Universidad Industrial de Santander y su cuerpo de docentes por todos los conocimientos brindados en el tiempo que permanecemos en la institución.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	36
1. RED INTEGRADA DE MICROONDAS	38
1.1 SISTEMA DE TRANSPORTE DE MICROONDAS DE LA UAEAC.....	38
1.2 TOPOLOGÍA DE LA RED DE MICROONDAS DE LA UAEAC.....	39
1.3 CÁLCULO DE LOS ENLACES UTILIZANDO PATHLOSS 4.0	42
1.3.1 Regional Cundinamarca.....	42
1.3.2 Regional Valle	44
1.3.3 Regional Meta	45
1.3.4 Regional Antioquia	46
1.3.5 Regional Atlántico.....	46
1.3.6 Regional Norte de Santander.....	47
1.4 INTERFAZ DE ACCESO AL SISTEMA DE GESTIÓN DE LA RED.....	48
1.5 MANUALES DE OPERACIÓN DE LA RED DE MICROONDAS DE LA UAEAC	50
2. SISTEMA DE COMUNICACIONES SATELITALES	51
2.1 LA RED VSAT DE LA UAEAC.....	51

2.1.1	El Sistema TES QUANTUM	51
2.1.2	Satélite empleado en la Red VSAT	52
2.1.3	Ancho de banda del Transponder asignado.....	53
2.2	TOPOLOGÍA DE LA RED SATELITAL DE LA UAEAC.....	54
2.2.1	Esquema de la Red VSAT	54
2.2.2	Acceso a la capacidad satelital	55
2.2.3	Tasas de transferencia y tipo de modulación de la información que se transmite por la Red.....	58
2.2.4	Interfaz de Acceso a la WAN.....	58
2.3	MANUALES DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA VSAT	59
3.	RED DE MULTIPLEXORES PROMINA	60
3.1	DESCRIPCIÓN DE MÓDULOS Y TARJETAS DEL SISTEMA PROMINA DE LA UAEAC.....	61
3.2	OPERACIÓN DE LA RED PROMINA DE LA UAEAC	61
3.2.1	Tarjetas interfaz para acceder a la Red de Transporte	64
3.3	TOPOLOGÍA DE LA RED PROMINA DE LA UAEAC.....	64
3.3.1	Regional Cundinamarca	65
3.3.2	Regional Costa Atlántica.....	66

3.3.3	Regional Antioquia	67
3.3.4	Regional Valle	68
3.3.5	Regional Norte de Santander.....	69
3.3.6	Regional Meta.....	70
3.4	SERVICIOS DE LA RED DE MULTIPLEXORES PARA LA UAEAC	71
3.5	MANUALES DE OPERACIÓN DE LOS EQUIPOS DE LA RED DE MULTIPLEXORES	73
3.6	INTERFAZ DE ACCESO A LA RED DE MULTIPLEXORES.....	73
4	SISTEMA DE COMUNICACIONES VHF DE ALCANCE EXTENDIDO.....	75
4.1	DISTRIBUCIÓN DE ESTACIONES Y CENTROS DE CONTROL EN COLOMBIA	76
4.2	ESTRUCTURA DEL ESPACIO AÉREO COLOMBIANO	77
4.2.1	Espacio aéreo superior.....	77
4.2.2	Espacio aéreo inferior	79
4.3	MAPAS DE COBERTURAS DE VHF-ER.....	83
4.3.1	Frecuencias para Niveles Superiores	83
4.3.2	Frecuencias para Niveles Inferiores	88
4.4	INTERFAZ DE ACCESO AL SISTEMA VHF-ER	104
4.5	MANUALES DE OPERACIÓN PARA EL SISTEMA DE VHF-ER	105

5.	ATS (AIR TRAFFIC SERVICE – SERVICIO DE TRÁNSITO AÉREO).....	107
5.1	DISTRIBUCIÓN DE LOS ENLACES DEL EQUIPO HARRIS	107
5.2	TOPOLOGÍA DE LA RED ATS EN COLOMBIA	108
5.3	INTERFAZ DE ACCESO A LA RED.....	109
5.4	RED DE COORDINACIÓN ORAL ATS EN SURAMÉRICA.....	109
5.5	PROYECTO DE REDUNDANCIA DE LA PLANTA HARRIS	110
5.6	MANUALES PARA EL SISTEMA DE COMUNICACIÓN CONMUTADA ATS	111
6.	SISTEMA DE COMUNICACIÓN CONMUTADA PARA EL ÁREA ADMINISTRATIVA EN GENERAL	112
6.1	SALIDAS DEL EQUIPO MD-110.....	113
6.2	CONFIGURACIÓN EN RED DE LOS EQUIPOS MD-110	115
6.3	CONEXIÓN ENTRE PLANTAS Y PLANTA-ABONADO	116
6.3.1.	Conexiones entre Plantas.....	118
6.3.2.	Conexiones Planta-Abonado	119
6.4	TOPOLOGÍA DE LA RED MD-110 DE LA UAEAC	119
6.5	CARACTERÍSTICAS ESPECIALES DEL EQUIPO MD-110	120
6.6	INTERFAZ DE ACCESO A LA RED MD-110	122
6.7	MONITOREO Y TARIFICACIÓN DE EXTENSIONES DE LA RED MD-110.....	122

6.8	MANUALES PARA SISTEMA DE COMUNICACIÓN CONMUTADA PARA EL ÁREA ADMINISTRATIVA EN GENERAL	122
7.	RED DE TELECOMUNICACIONES FIJAS AERONÁUTICAS – AFTN (AERONAUTICAL FIXED TELECOMMUNICATIONS NETWORK)	123
7.1	LA RED AFTN EN COLOMBIA	123
7.2	INTERFAZ DE ACCESO A LA RED AFTN	125
7.3	MANUALES DE OPERACIÓN	126
8.	EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD TÉCNICA DE LA RED WAN DE LA UAEAC	127
8.1	CAPACIDAD TÉCNICA DE LA RED DE MULTIPLEXORES PROMINA.....	127
8.1.1	Análisis del ancho de banda actual en el backbone de la red de multiplexores Promina.....	129
8.1.2	Análisis del ancho de banda actual por localidad de la red de multiplexores Promina	129
8.1.3	Resultado de los análisis de la utilización del ancho de banda	131
8.1.4	Servicios conectados a los nodos de la red	131
8.1.5	Distribución de los servicios entre los nodos de la red y la utilización del ancho de banda	136
8.2	EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD TÉCNICA DE LA RED SATELITAL	137
8.2.1	Ancho de banda ocupado.....	138

8.2.2	Requerimientos de los servicios de datos de la UAEAC.....	139
8.2.3	Anchos de Banda real ocupado de la Red Satelital.....	139
8.2.4	Servicios de la Red Satelital.....	142
9.	MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PARA LA CONEXIÓN DE UN SERVICIO DE COMUNICACIONES A LA RED WAN.....	145
9.1	SERVICIO DE COMUNICACIONES ORALES ATS	145
9.1.1	Gestión Administrativa.....	145
9.1.2	Programación en el equipo HARRIS	145
9.1.3	Medio de Transporte.....	146
9.2	SERVICIO DE EXTENSIÓN TELEFÓNICA MD-110	147
9.2.1	Gestión Administrativa.....	147
9.2.2	Programación en el equipo Ericsson MD-110.....	147
9.2.3.	Medio de Transporte.....	148
9.3	SERVICIO AFTN	148
9.4	SERVICIO DE VOZ Y DATOS VHF-ER.....	150
9.4.1	Instalación del servicio utilizando la red microondas basada en la red de multiplexores Promina	150
9.4.2	Instalación del servicio utilizando la red Satelital basada en multiplexores	

GDC.....	150
10. RECOMENDACIONES PARA EL MEJORAMIENTO EN LA IMPLANTACIÓN DE LOS FUTUROS SERVICIOS DE COMUNICACIONES AERONÁUTICAS DE LA UAEAC	151
10.1 PROPUESTA DE ADICIÓN DE ESTACIONES DE VHF-ER PARA EL MEJORAMIENTO DEL CUBRIMIENTO DE RUTAS AÉREAS EN NIVELES SUPERIORES ..	151
10.1.1 FIR Bogotá 125.1MHz	151
10.1.2 FIR Bogotá 128.8MHz	154
10.2 PROPUESTA DE ADICIÓN DE ESTACIONES PARA EL MEJORAMIENTO DEL CUBRIMIENTO DE RUTAS AÉREAS EN NIVELES INFERIORES.....	155
10.2.1 FIR Bogotá Sector Villavicencio 119.3MHz.....	155
10.2.2 FIR Bogotá Sector Villavicencio 121.5MHz.....	156
10.2.3 FIR Bogotá Sector Villavicencio 127.0MHz.....	157
10.2.4. FIR Bogotá Sector Villavicencio 127.3MHz	158
10.2.5. FIR Bogotá Sector Cali 121.5MHz	159
10.3 PROPUESTAS ALTERNAS PARA EL MEJORAMIENTO DEL CUBRIMIENTO EN ÁREAS INASEQUIBLES POR EL SISTEMA DE VHF -ER.....	161
10.4 RECOMENDACIÓN PARA EL CÁLCULO DEL TIEMPO DE LAS UNIDADES RETARDADORAS PARA EL SISTEMA DE VHF-ER.....	163
10.4.1 Planteamiento del problema	163

10.4.2 Recomendación 1: Usar la interfaz gráfica para el cálculo de tiempos de las unidades retardadoras	164
10.4.3 Cálculo del retardo satelital total.....	169
10.4.4 Recomendación 2: Solicitud de datos a los proveedores de los diferentes sistemas	169
10.5 RECOMENDACIONES PARA ANÁLISIS DE PERFILES Y FACTIBILIDAD DE ENLACES DE MICROONDAS EN LA UAEAC	170
10.5.1 Uso de la base de datos del terreno más precisa posible	170
10.5.2 Planteamiento del inconveniente referente a la utilización de una base de datos inadecuada.....	170
10.5.3 Recomendación 1	172
10.5.4 Recomendación 2. Medición adecuada de las coordenadas geográficas en los sitios	172
10.6 USO DEL SOFTWARE RADIO MOBILE COMO ALTERNATIVA EN LA APLICACIÓN DE CALCULO DE COBERTURAS CON PATHLOSS 4.0	173
10.6.1 Planteamiento del problema	173
10.6.2 Recomendación 1	174
10.6.3 Adquisición del Software Radio Mobile 7.0	176
10.7 RECOMENDACIONES PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA UTILIZACIÓN DE LOS RECURSOS DE RED DE LA UAEAC PARA EL SERVICIO DE TELEFONÍA MD-110	177

10.7.1 Planteamiento del problema	177
10.7.2 Recomendación 1: modificación de categorías para el equipo Ericsson MD-110.....	178
10.7.3 Recomendación 2: Establecimiento de troncales e1 con las ciudades de Bucaramanga, Villavicencio y Cúcuta.....	179
10.7.4 Recomendación 3: establecimiento de troncales IP con las ciudades de Bucaramanga, Villavicencio y Cartagena	181
10.8 EXPANSIÓN DE LAS PLANTAS TELEFÓNICAS PARA LA INTEGRACIÓN DE LOS AEROPUERTOS FALTANTES DONDE SE ENCUENTRAN CONTROLADORES AÉREOS	182
10.8.1 Recomendación 1	183
10.8.2 Recomendación 2	183
10.8.3 Recomendación 3	183
11. ANÁLISIS DE MERCADO.....	185
11.1 PROPUESTA DE MERCADO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA RED DE MICROONDAS	185
11.2 PROPUESTA DE MERCADO PARA LA REPOSICIÓN DE EQUIPOS DE RADIO VHF	191
11.3 PROPUESTA DE MERCADO PARA LA RED ERICSSON MD110.....	194
12. CONCLUSIONES	197
BIBLIOGRAFÍA	199

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Resumen de estaciones de la red de microondas de la UAEAC.	39
Tabla 2. Resumen servicios de datos de la red satelital.....	58
Tabla 3. Datos proporcionados por el software TES Quantum.	59
Tabla 4. Resumen de los tipos de tarjetas y servicios soportados por Promina	62
Tabla 5. Cuadro descriptivo de las tarjetas troncales Promina	64
Tabla 6. Nodos de la Regional Cundinamarca.....	66
Tabla 7. Nodos de la Regional Costa Atlántica.....	67
Tabla 8. Nodos de la Regional Antioquia.....	68
Tabla 9. Nodos de la Regional Valle.....	69
Tabla 10. Nodos de la Regional Norte de Santander.	70
Tabla 11. Nodos de la Regional Meta.	71
Tabla 12. Resumen de las interfaces y tasas de transmisión de los servicios distribuidos por la red Promina	72
Tabla 13. Frecuencias y estaciones de la FIR Bogotá niveles superiores	78
Tabla 14. Frecuencias y estaciones de la FIR Bogotá niveles superiores	79
Tabla 15. Frecuencias y estaciones FIR Bogotá sec. Villavicencio para niveles inferiores.....	80
Tabla 16. Frecuencias y estaciones de la FIR Bogotá sector Cali para niveles inferiores.....	81
Tabla 17. Frecuencias y estaciones de la FIR Bogotá sector Medellín para niveles inferiores	81
Tabla 18. Frecuencias y estaciones del centro de Control Barranquilla para niveles inferiores	82
Tabla 19. Frecuencias y estaciones de la FIR Bogotá sector Bucaramanga para niveles inferiores	82

Tabla 20. Frecuencias y estaciones del centro de Control Bogotá para niveles inferiores.....	83
Tabla 21. Numeración de las extensiones de la red MD-110.....	120
Tabla 22. Ancho de banda de los enlaces de backbone de la red Promina.....	129
Tabla 23. Ancho de banda de los enlaces por localidades de la red.....	130
Tabla 24. Listado de los nodos y los servicios de la red de multiplexores.....	131
Tabla 25. Tasas de transferencia empleadas en la red satelital.....	137
Tabla 26. Canales bidireccionales disponibles en la gestión satelital.....	138
Tabla 27. Descripción del uso del ancho de banda de la red satelital.....	138
Tabla 28. Tasas de transmisión para los servicios de datos por la red satelital.....	139
Tabla 29. Tasas de transmisión para los servicios de voz por la red satelital.....	139
Tabla 30. Lista de los enlaces que utilizan multiplexores GDC.....	140
Tabla 31. Lista de estaciones que no poseen multiplexores GDC.....	141
Tabla 32. Niveles de multiplexación PDH utilizados en Norteamérica y Europa.....	200
Tabla 33. Bandas de frecuencia de microondas.....	214
Tabla 34. Bandas y rangos de frecuencia en los sistemas de comunicación.....	225

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Topología de la red de microondas de la UAEAC.....	41
Figura 2. Red de microondas regional Cundinamarca.....	42
Figura 3. Enlace Campanario-Martínica.....	43
Figura 4. Red de microondas regional Valle.....	45
Figura 5. Red de microondas regional Meta.....	45
Figura 6. Red de microondas Regional Antioquia.....	46
Figura 7. Red de microondas regional Atlántico.....	47
Figura 8. Red de microondas regional Atlántico.....	47
Figura 9. Interfaz del estado de la topología de la red de microondas.....	48
Figura 10. Interfaz de monitoreo de las estaciones de microondas.....	49
Figura 11. Interfaz monitoreo de los equipos de la red de microondas.....	49
Figura 12. Interfaz de usuario Provision para la red de microondas.....	50
Figura 13. Red de Satélites de INTELSAT.....	52
Figura 14. Cobertura del satélite INTELSAT 805.....	53
Figura 15. Asignación de la banda de frecuencias del transpondedor 10/10.....	53
Figura 16. Mapa de la topología de la red VSAT de la UAEAC.....	55
Figura 17. Regionales de la red Promina de la UAEAC.....	65
Figura 18. Red Promina UAEAC – Regional Cundinamarca.....	66
Figura 19. Red Promina UAEAC – Regional Costa Atlántica.....	67
Figura 20. Red Promina UAEAC – Regional Antioquia.....	68
Figura 21. Red Promina UAEAC – Regional Valle.....	69
Figura 22. Red Promina UAEAC – Regional Norte de Santander.....	70

Figura 23. Red Promina UAEAC – Regional Meta.....	71
Figura 24. Distribución de los centros de control y estaciones del sistema VHF-ER....	76
Figura 25. Mapa de la delimitación de la FIR de Bogotá y la FIR de Barranquilla	78
Figura 26. Distribución del espacio aéreo colombiano para niveles inferiores	80
Figura 27. Mapa del área de la FIR Bogotá	84
Figura 28. Cobertura VHF-ER Frecuencia 123.7 MHz	84
Figura 29. Cobertura VHF-ER Frecuencia 128.6 MHz	85
Figura 30. Cobertura VHF-ER Frecuencia 128.8 MHz	85
Figura 31. Cobertura VHF-ER Frecuencia 125.1 MHz	86
Figura 32. Mapa del área de la FIR Barranquilla	86
Figura 33. Cobertura VHF-ER Frecuencia 124.2 MHz	87
Figura 34. Cobertura VHF-ER Frecuencia 128.4	87
Figura 35. Mapa del área de la FIR Bogotá Sector Villavicencio.....	88
Figura 36. Cobertura VHF-ER frecuencia 119.3 MHz	88
Figura 37. Cobertura VHF-ER Frecuencia 121.5 MHz	89
Figura 38. Cobertura VHF-ER Frecuencia 127.0 MHz	90
Figura 39. Cobertura VHF-ER Frecuencia 127.3	90
Figura 40. Mapa del área de la FIR de Bogotá Sector Cali.....	91
Figura 41. Cobertura VHF-ER Frecuencia 119.1 MHz	92
Figura 42. Cobertura VHF-ER Frecuencia 121.5 MHz	92
Figura 43. Cobertura VHF-ER Frecuencia 126.7 MHz	93
Figura 44. Mapa del área de la FIR de Bogotá sector Medellín	93
Figura 45. Cobertura VHF-ER Frecuencia 121.1 MHz	94
Figura 46. Cobertura VHF-ER Frecuencia 121.5 MHz	94
Figura 47. Cobertura VHF-ER Frecuencia 127.2 MHz	95
Figura 48. Mapa del área del Centro de Control Barranquilla	95

Figura 49. Cobertura VHF-ER Frecuencia 119.1 MHz	96
Figura 50. Cobertura VHF-ER Frecuencia 121.5 MHz	96
Figura 51. Cobertura VHF-ER Frecuencia 127.5 MHz	97
Figura 52. Mapa del área del Centro de control Bogotá y Sector Neiva.....	97
Figura 53. Cobertura VHF-ER Frecuencia 119.5 MHz	98
Figura 54. Cobertura VHF-ER Frecuencia 119.7 MHz	98
Figura 55. Cobertura VHF-ER Frecuencia 121.3 MHz	99
Figura 56. Cobertura VHF-ER Frecuencia 121.5 MHz	99
Figura 57. Cobertura VHF-ER Frecuencia 126.9 MHz	100
Figura 58. Cobertura VHF-ER Frecuencia 127.5 MHz	100
Figura 59. Mapa del área de la FIR de Bogotá sector Bucaramanga	101
Figura 60. Cobertura VHF-ER Frecuencia 119.0 MHz	101
Figura 61. Cobertura VHF-ER Frecuencia 121.5 MHz	102
Figura 62. Cobertura VHF-ER Frecuencia 126.7 MHz	102
Figura 63. Mapa del área de la TMA Los Andes	103
Figura 64. Cobertura VHF-ER Frecuencia 120.1MHz	103
Figura 65. Jerarquía de pantallas MARC	105
Figura 66. Uso de la red de multiplexores para el servicio de telefonía MD110.	107
Figura 67. Mapa de la red Harris para el servicio ATS de la UAEAC.....	108
Figura 68. Mapa de la topología de la red ATS Internacional.....	110
Figura 69. Conexión entre la Red MD-110 y la Red de Multiplexores.....	114
Figura 70. E1 (2.048 Mbps) en la salida del MD-110.....	114
Figura 71. E1 (2.048 Mbps) en la salida del Multiplexor.	115
Figura 72. Distribución de las Troncales de la red MD-110.....	116
Figura 73. Ejemplo de la red MD110 utilizando la red de multiplexores.....	117
Figura 74. Troncal entre plantas telefónicas Bogotá-Cúcuta.....	118

Figura 75. Troncal entre plantas telefónicas Bogotá-Bucaramanga.	118
Figura 76. Conexión Bogotá-Pereira de la red MD110	119
Figura 77. Mapa de la topología de la red MD-110 Nacional	121
Figura 78. Estructura de la red AFTN en Colombia	124
Figura 79. Mapa de la topología de la red AFTN en Colombia	125
Figura 80. Interconexión de los nodos de la red de multiplexores Promina	128
Figura 81. Transmisión de servicios entre nodos de la red de multiplexores.....	137
Figura 82. Propuesta de nuevas estaciones en la frecuencia 125.1MHz	152
Figura 83. Propuesta de la eliminación de la estación Santana en 125.1MHz	152
Figura 84. Cobertura 121.5MHz con la estación Malpelo	153
Figura 85. Cobertura 121.5MHz con la estación Gorgona.....	154
Figura 86. Simulación de coberturas a 20000 pies en 128.8MHz con La Pedrera.....	154
Figura 87. Simulación cobertura a 5000 pies en 119.3MHz con Puerto Carreño	155
Figura 88. Simulación cobertura a 10000 pies en 119.4MHz con Puerto Carreño.....	156
Figura 89. Simulación Cobertura 5000 pies en 121.5MHz con Puerto Carreño	156
Figura 90. Simulación Cobertura 10000 pies en 121.5MHz con Puerto Carreño.....	157
Figura 91. Simulación Cobertura a 5000 pies en 127.0MHz con Puerto Carreño.....	157
Figura 92. Simulación cobertura a 10000 pies en 127.0MHz con Puerto Carreño.....	158
Figura 93. Simulación cobertura a 5000 pies en 127.3MHz con Leticia.....	158
Figura 94. Simulación cobertura a 10000 pies con Leticia.....	159
Figura 95. Simulación cobertura a 5000 pies con Isla Malpelo en 121.5MHz	160
Figura 96. Simulación cobertura a 10000 pies con Isla Malpelo en 121.5MHz	160
Figura 97. Simulación cobertura a 5000 con Isla Gorgona	161
Figura 98. Análisis de cobertura desde Santa Ana a 20000 pies con diferentes antenas.....	162
Figura 99. Zonas no cubiertas por VHF -ER.....	162

Figura 100. Interfaz gráfica para el cálculo del retardo satelital	165
Figura 101. Posición del satélite INTELSAT 805.	166
Figura 102. Sistema de coordenadas esféricas	167
Figura 103. Plano Cartesiano en R3	168
Figura 104. Enlace Cúcuta-San Antonio entregado por licitación.	171
Figura 105. Enlace Cúcuta-San Antonio simulado Pathloss 4.0 - SRTM.....	171
Figura 106. Enlace Cúcuta-San Antonio simulado Pathloss 4.0 – GTOPO30	172
Figura 107. Diagramas de cobertura VHF-ER para la frecuencia 121.5MHz.	174
Figura 108. Parámetros de cobertura visual en Radio Mobile 7.0.....	175
Figura 109. Diagramas de cobertura visual en Radio Mobile 7.0	176
Figura 110. Instrucciones de actualización de la base de datos Radio Mobile 7.0	177
Figura 111. Interconexión Promina Bogotá-Bucaramanga	180
Figura 112. Interconexión Promina Bogotá-Villavicencio.....	180
Figura 113. Interconexión Promina Bogotá-Cartagena	181
Figura 114. Perfil del enlace Guapi – Santa Ana.....	184
Figura 115. Selección del tipo de aplicación en Pathloss 4.0 (microondas)	205
Figura 116. Generación de perfiles de terreno en Pathloss 4.0	206
Figura 117. Visualización del perfil y línea de vista en Pathloss 4.0	206
Figura 118. Selección del tipo de aplicación en Pathloss 4.0 (VHF-UHF)	207
Figura 119. Lista de las estaciones de VHF -ER en Pathloss 4.0.....	208
Figura 120. Introducción de parámetros de las estaciones de VHF en Pathloss 4.0 ..	208
Figura 121. Generación del archivo .ter en Pathloss 4.0	209
Figura 122. Generación del archivo .cvg4 en Pathloss 4.0	209
Figura 123. Generación del archivo .prd4 en Pathloss 4.0.....	210
Figura 124. Importación de los archivos .prd4 para generar cobertura múltiple	210
Figura 125. Sistema de comunicación de un enlace microondas.	215

Figura 126. Zona de Fresnel de un enlace de microondas	218
Figura 127. Diagrama de bloques de los componentes de una estación microondas	220
Figura 128. Trayectorias orbitales para los satélites de comunicación	222
Figura 129. Rango de frecuencias para las comunicaciones satelitales.....	224
Figura 130. Esquema general de un sistema de comunicación satelital	226
Figura 131. Diagrama de bloques de la cadena receptora de un canal satelital.....	227
Figura 132. Antena parabólica de una estación terrena.	227
Figura 133. Principales componentes de un satélite.....	228
Figura 134. Topología en estrella de una red VSAT.....	230
Figura 135. Topología en malla de una red VSAT.	231
Figura 136. Estructura del HUB de una estación VSAT	236
Figura 137. Diagrama de los componentes de una estación VSAT	238
Figura 138. Unidad Exterior de una estación VSAT.	239
Figura 139. Unidad Interior de una estación VSAT	239
Figura 140. Instalación típica de una estación remota.....	241
Figura 141. Sistema de comunicación VSAT con multiplexores en ambas estaciones.	243
Figura 142. Sistema de comunicación VSAT con multiplexor en una estación	244
Figura 143. Esquema de una red Promina.	247
Figura 144. Gabinete Promina 800 versión EXS.	248
Figura 145. Promina 400 Precursor Unit (a) Vista Frontal. (b) Vista Trasera.....	249
Figura 146. Promina 400 Expansion Unit (a) Vista Frontal. (b) Vista Trasera.....	249
Figura 147. Gabinete Promina 200.....	250
Figura 148. Vista posterior del Promina 100 modelo 1.	250
Figura 149. Vista posterior del Promina 100 modelo 2.	251
Figura 150. Esquema general del sistema VHF-ER	261

Figura 151. Modelo del equipo utilizado en la estación remota de VHF	264
Figura 152. Equipo en el centro de control de VHF	266
Figura 153. Circuito ATS Bogotá-Lima	272
Figura 154. Esquema de la red ATS utilizando la red Promina.	272
Figura 155. Componentes de una red AFTN	275
Figura 156. Estructura de la red AFTN	278

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Jerarquía Digital Plesiócrona y síncrona.....	200
Anexo B. Uso del software Pathloss 4.0.....	204
Anexo C. Sistemas de Comunicación de microondas	212
Anexo D. Sistemas de Comunicación Satelital.....	221
Anexo E. Sistema de Multiplexores Promina	247
Anexo F. Sistemas de Comunicaciones VHF-ER.....	260
Anexo G. Red de Comunicación de voz ATS.....	267
Anexo H. Red de Telecomunicaciones Fijas Aeronáuticas AFTN.....	273
Anexo I. Algoritmos de programación para cálculo de retardo satelital.....	279

GLOSARIO

AERMAC: Es un paquete de software de aplicación diseñado y desarrollado por la compañía Thales Information Systems, cuya función básica es la conmutación y archivo del tráfico AFTN.

AFTN: (Aeronautical Fixed Telecommunications Network) Red de telecomunicaciones fijas aeronáuticas. La AFTN es una red mundial de telecomunicaciones fijas aeronáuticas dedicada al intercambio de mensajes operacionales de los servicios de tránsito aéreo, entre las líneas aéreas, y las estaciones nacionales e internacionales del medio aeronáutico. Los mensajes que maneja son los relacionados con la seguridad y regularidad aeronáutica, de control de tránsito aéreo, información meteorológica y Notams.

AM: (Amplitude Modulation) Modulación en Amplitud, es un tipo de modulación lineal que consiste en hacer variar la amplitud de la onda portadora de forma que esta cambie de acuerdo con las variaciones de nivel de la señal moduladora, que es la información que se va a transmitir.

AMS: (Aeronautical Mobile service) Servicio Móvil Aeronáutico. Servicio móvil entre estaciones aeronáuticas y estaciones de aeronave, o entre estaciones de aeronaves, en el que también pueden participar las estaciones de dispositivo de salvamento, también pueden considerarse incluidas en este servicio las estaciones de radiobaliza de localización de siniestros que operen en las frecuencias de socorro y de urgencia designadas.

Antena: Conjunto o sistema de conductores (hilos o varillas) o dispositivo de cualquier clase destinado a la radiación o la captación de ondas radioeléctricas.

APP: (Approach Control Office) Oficina de Control de aproximación desde donde se maneja todo el tráfico dentro de un rango de 30 millas náuticas alrededor del campo de aviación, generalmente hasta 12000 pies sobre la altitud del aeropuerto. Una vez que la aeronave esté establecida en el ILS, debe ser traspasada a la Torre, a más tardar 10 millas del umbral de la pista .

ATC: (Aircraft Traffic Control) Control de tránsito aéreo. El servicio de control de tráfico aéreo se presta por los países firmantes del tratado de Chicago que dieron origen a la creación de la OACI/ICAO en los términos especificados por las normas de esta organización internacional.

ATIS: (Automatic Terminal Information Service) Servicio automático de Información en terminal. Las transmisiones ATIS son utilizadas en los aeropuertos para notificar a las aeronaves que aterrizan y despegan, las condiciones atmosféricas locales actuales, las condiciones de las pistas de aterrizaje, frecuencias de comunicación y cualquier otra información de importancia para las aeronaves que están haciendo uso del aeropuerto.

ATS: Servicio de Tránsito Aéreo. Expresión genérica que se aplica, según el caso, a los servicios de información de vuelo, alerta, asesoramiento de tránsito aéreo y control de tránsito aéreo (servicios de control de área, control de aproximación o control de aeródromos).

BPSK: Binary Phase Shift Keying. La modulación por desplazamiento de fase binaria es una técnica de modulación de dos estados, que se significa por la utilización de las fases 0 y π . Mediante ellos se modula la banda base codificada en una portadora de RF. La onda es usada para modular por fase a la portadora. Por su eficacia, se aplica a cualquier tipo de señal digitalizada.

Cable IFL: Cable de enlace entre medios (Inter Facility Link). Es el encargado de unir los equipos internos con los equipos externos de RF.

CAS: Señalización asociada a canal en la que cada canal lleva la voz y su propia señalización, utilizada en los equipos multiplexores para trabajar cada canal de forma independiente (destinos independientes).

CIDIN: (Common ICAO Data Interchange Network) Red OACI Común de Intercambio de Datos. Es un servicio de transporte de datos bajo el cual esta construida la actual red AFTN.

Código Reed Solomon: Código estándar de corrección de errores utilizado para corregir los bits corruptos en recepción. El código Reed-Solomon utilizado por DVB añade 16 bytes al final de cada paquete de 188 bytes

Código Viterbi: Código estándar de corrección de errores utilizado para corregir bits corruptos en el receptor. La codificación Viterbi añade bits extra a la cadena de bits cerrada.

COFDM: (Coded Orthogonal Frequency Domain Modulation) Modulación codificada ortogonal en el dominio de la frecuencia. En COFDM se modulan los datos en un gran número de portadoras, a baja velocidad, empleando técnicas de FDM. El motivo de emplear múltiples portadoras viene precisamente del hecho de que haya niveles altos de multitrayecto. Las ciudades y centros urbanos podrían ser el principal mercado para estas redes.

CTA: (Control Terminal Area) Área de Control Terminal. Espacio aéreo controlado que se extiende hacia arriba desde un límite especificado sobre el terreno.

DAMA: Acceso Múltiple con Asignación por Demanda. La técnica de acceso múltiple DAMA permite aprovechar al máximo las ranuras de frecuencia y la potencia del satélite cuando el tráfico que genera cada estación es esporádico, pues las ranuras se asignan a las estaciones terrenas solamente durante el tiempo que las necesitan para establecer comunicación; en el momento en que alguna deja de transmitir, esa ranura se libera y queda disponible para cualquier otra de las estaciones del sistema que la solicite temporalmente.

DCU: Unidad de Canal de Datos del sistema de comunicación satelital.

DME: (Distance Measuring Equipment) Equipo medidor de distancias o equipo radiotelemétrico que permite saber a que distancia se encuentra la aeronave respecto del equipo fijo en tierra. Este equipo trabaja en la banda de frecuencias de VHF.

E&M: (E&M Signaling) - Sistema de transmisión de voz que utiliza caminos separados para la señalización y las señales de voz. El hilo 'M' (Mouth - boca) - transmite señales al extremo del circuito mientras que el 'E' (Ear - oído) recibe las señales entrantes.

E1: línea digital usada para transportar voz, datos y vídeo. Son 2,048 Mbps divididos en 30 canales de 64 Kbps.

Ethernet: Diseño de red de área local normalizado como IEEE 802.3. Norma o estándar que determina la forma en que los puestos de la red envían y reciben datos sobre un medio físico compartido que se comporta como un bus lógico, independientemente de su configuración física. Originalmente fue diseñada para enviar datos a 10 Mbps, aunque posteriormente ha sido perfeccionada para trabajar a 100 Mbps, 1 Gbps o 10 Gbps y se habla de versiones futuras de 40 Gbps y 100 Gbps. En sus versiones de hasta 1 Gbps utiliza el protocolo de acceso al medio CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access / Collision Detect - Acceso múltiple con detección de portadora y detección de colisiones). Actualmente Ethernet es el estándar más utilizado en redes locales/LANs.

FDMA: Frequency Division Multiple Access, Tecnología de acceso múltiple por división de frecuencias para el interfaz aire, usada en los sistemas analógicos.

FEC: En inglés significa Forward Error Correction (Corrección Progresiva de Errores). Técnica para la mejora de la robustez de la transmisión de datos utilizada en sistemas sin retorno o sistemas en tiempo real donde no se puede esperar a la retransmisión para mostrar los datos. Se incluyen bits redundantes en la cadena de datos de salida para que puedan aplicarse los algoritmos de corrección de errores en el momento de la recepción. En el estándar del satélite, se utiliza el código Viterbi concatenado con el código Reed-Solomon. El uso comercial de los transpondedores aconseja los 3/4 como la relación entre bits útiles y bits transmitidos más conveniente para Viterbi.

FEP: (Front End Processor) Procesador Terminal Frontal. Es un concentrador de líneas de transmisión dedicado al AFTN, el cual actúa como un paquete ensamblador desensamblador (PAD). El FEP es el componente de concentración de tráfico al cual están conectados, en uno de los extremos, los terminales IAT con enlaces de datos seriales, asincrónicos mediante interfaz RS-232 hasta 1200 bps.

FI: Término utilizado para referirse a frecuencia intermedia, que es la frecuencia producida en un circuito heterodino cuando la frecuencia de un oscilador local está mezclada con la señal de radiofrecuencia entrante.

FIR: (Flight Information Region) Región de información de vuelo. Espacio aéreo de dimensiones definidas, dentro del cual se facilitan los servicios de información de vuelo y de alerta.

FIS: (Flight Information Service) Servicio de Información de vuelo. Servicio cuya finalidad es aconsejar y facilitar información útil para la realización segura y eficaz de los vuelos.

FM: (Frequency Modulation) La modulación de frecuencia FM es el proceso de codificar información, la cual puede estar tanto en forma digital como analógica, en una onda portadora mediante la variación de su frecuencia instantánea de acuerdo con la señal de entrada. El uso más típico de este tipo de modulación es la radiodifusión en FM.

Frame Relay: Sistema de transmisión basado en la conmutación de paquetes. Frame Relay es una tecnología de conmutación rápida de tramas, basada en estándares internacionales, que puede utilizarse como un protocolo de transporte y como un protocolo de acceso en redes públicas o privadas proporcionando servicios de comunicaciones. Las líneas digitales, la eliminación de funciones innecesarias y la prevención de la congestión, convierten Frame Relay en la mejor solución WAN.

Frecuencias satelitales: Las longitudes de onda diferentes poseen propiedades diferentes. Las longitudes de onda largas pueden recorrer grandes distancias y atravesar obstáculos. Las grandes longitudes de onda pueden rodear edificios o atravesar montañas, pero cuanto mayor sea la frecuencia (y por tanto, menor la longitud de onda), más fácilmente pueden detenerse las ondas.

Cuando las frecuencias son lo suficientemente altas (hablamos de decenas de gigahertzios), las ondas pueden ser detenidas por objetos como las hojas o las gotas de lluvia, provocando el fenómeno denominado "rain fade". Para superar este fenómeno se necesita bastante más potencia, lo que implica transmisores más potentes o antenas más enfocadas, que provocan que el precio del satélite aumente.

La ventaja de las frecuencias elevadas (las bandas Ku y Ka) es que permiten a los transmisores enviar más información por segundo. Esto es debido a que la información se deposita generalmente en cierta parte de la onda: la cresta, el valle, el principio o el fin. El compromiso de las altas frecuencias es que pueden transportar más información, pero necesitan más potencia para evitar los bloqueos, mayores antenas y equipos más caros.

FSL: (Free Space Loss) Pérdida de espacio libre. Es la pérdida de propagación debida solamente a la dispersión del frente de onda y asume la no obstrucción de la línea de vista o la primera zona de fresnel.

FXO: interfaz trasera utilizada en los equipos multiplexores para conectar una extensión del lado de la Planta.

FXS: interfaz trasera utilizada en los equipos multiplexores para conectar una extensión del lado del abonado.

Guía de onda: Conductor hueco de metal que permite la propagación en su interior de frecuencias ultra elevadas (microondas).

HDC: (High Density Chasis) ó chasis de alta densidad.

HF: (High Frequency) Alta Frecuencia. Porción del espectro electromagnético usada típicamente en aplicaciones de radio de onda corta. Frecuencias aproximadamente en el rango de los 3 a los 30 MHz.

Hot line: Generalmente se denomina de esta manera a los teléfonos de atención gratuitos para resolver dudas sobre los productos pero es en realidad cualquier tipo de línea telefónica dedicada.

Hub: En un sistema VSAT, es aquella estación maestra a través de la cual fluyen todas las comunicaciones entre terminales remotas.

IA5: (International Alphabet No.5) es un código alfanumérico estándar internacional el cual maneja 7 bits. La versión para EEUU se llama ASCII (American Standard Code for Information Exchange) y maneja 8 bits.

IAT: (Intelligent AFTN Terminal) Terminal AFTN inteligente para la recepción y envío de mensajes AFTN.

ICAO: (International Civil Aviation Organization) OACI: es la sigla de la Organización de Aviación Civil Internacional.

ILS: (Instrument Landing System) Sistema de aterrizaje por instrumentos. Es una radioayuda utilizada para la aproximación final y el aterrizaje de las aeronaves. Es un sistema que proporciona al piloto información del rumbo seguido por el avión que va a aterrizar y del ángulo de descenso de éste.

Interfaz RS232: (también conocido como EIA RS-232C) designa una norma para el intercambio serie de datos binarios entre un DTE (Equipo terminal de datos) y un DCE (Equipo de terminación del circuito de datos), aunque existen otras situaciones en las que también se utiliza el interfaz RS-232. En particular, existen ocasiones en que interesa conectar otro tipo de equipamientos, como pueden ser computadores. Evidentemente, en el caso de interconexión entre los mismos, se requerirá la conexión de un DTE con otro DTE.

Interfaz V.35: La interfaz RS449 o V.35, está diseñada para aumentar las prestaciones de la RS232 manteniendo su compatibilidad con ésta. La RS-449 puede utilizarse en velocidades de hasta 2 Mbps, en cables de hasta 60 metros. Incluye especificaciones físicas (longitud del cable), eléctricas y funcionales. Sus características son que transmite en forma asíncrona o síncrona, en medio dúplex y full dúplex y comprende a las interfaces: RS 422 (interfaz balanceado a 2Mbps) y RS 423 (no balanceado a 100 Kbps). La interfaz V.35 está definida para operar a 48 Kbps, en sustitución de las recomendaciones V.10 y V.11, se ha adoptado a velocidades mayores de 200 Kbps se usa principalmente para conectar ruteadores, con una transmisión síncrona, full dúplex y por línea dedicada. El conector, normado por ISO 2593 que emplea esta interfaz es el denominado M34, que significa que utiliza 34 terminaciones.

IP: (Internet Protocol) Protocolo de Internet. El protocolo de internet es el protocolo central y unificador en el suite de TCP/IP. Provee el mecanismo básico de envío de paquetes de información enviados entre todos los sistemas en internet a pesar de si los sistemas se encuentran en la misma habitación o en sitios opuestos del mundo. Los aparatos de redes utilizan una única dirección IP para distinguirse entre ellos.

ITU: (International Telecommunications Union) Siglas de la Unión Internacional de Telecomunicaciones.

LAN: (Local Area Network) Red de área local. Red de datos de alta velocidad y un bajo nivel de errores que cubren un área geográfica relativamente pequeña (pocos miles de metros). Las LAN hacen la labor de conectar entre sí a lugares de trabajo, conectan periféricos, terminales y otros dispositivos en un solo edificio o cualquier otra área geográficamente limitada. Los estándares LAN especifican el cableado y señalización en las capas físicas y de enlace de datos del modelo OSI.

LDC: (Low Density Chasis) ó Chasis de baja densidad, es decir donde residen pocas unidades de canal CDU.

MARC: (Control Remote Access Monitoring) sistema de Monitoreo de Control de acceso remoto para la supervisión y control del sistema de VHF-ER

MD-110: Planta telefónica marca Ericsson.

Microonda: Se denomina microondas la porción del espectro electromagnético que cubre las frecuencias entre aproximadamente 3Ghz y 300Ghz ($1\text{Ghz} = 10^9 \text{ Hz}$), que corresponde a la longitud de onda en vacío entre 10 cm. y 1mm.

Multiplexor: En el campo de las telecomunicaciones el multiplexor se utiliza como dispositivo que puede recibir varias entradas y transmitir las a un medio de transmisión compartido. Para ello lo que hace es dividir el medio de transmisión en múltiples canales, para que varios nodos puedan comunicarse al mismo tiempo.

NCS: (Network Control System) Es un sistema de administración de red que opera conjuntamente con el administrador del acceso a la red. Está diseñado específicamente para ambientes de red LAN inalámbrica de larga escala o ambientes de red mixtas inalámbrica/cableada.

NMS: (Network Management System) Sistema de Gestión de Red. Es una entidad que implementa funciones en la capa de gestión de la red; también puede incluir funciones de la capa de gestión de elementos. Un sistema de gestión de red puede administrar uno u otros sistemas de gestión de red más.

NOTAM: Aviso que contiene información relativa al establecimiento, condición o modificación de cualesquiera instalaciones, servicios, procedimientos o peligros aeronáuticos que es indispensable conocer oportunamente el personal que realiza operaciones de vuelo.

OACI: Siglas de la Organización de Aviación civil Internacional.

OPMET: (Operational Meteorological Information) Información meteorológica relativa a las operaciones aéreas.

PAMA: Acceso Múltiple con Asignación Permanente. Es ideal para canales de una estación remota VSAT en particular donde se necesita transportar altos volúmenes de datos de manera permanente.

PAF: Es el sistema de apoyo a las labores de Planeación, Administración y Financieras de la Entidad, dándole la herramienta de Información Gerencial a la alta

Dirección para la toma oportuna de decisiones, basándose en la información en tiempo real suministrada por el sistema.

PCM: (Pulse Code Modulation) Modulación de código de pulso. Método de modulación digital para la transmisión de datos analógicos. Las señales PCM son binarias. Estas señales pueden representar cualquier dato analógico en dos estados únicamente: lógico 0 y 1.

PDH: Plesiochronous Digital Hierarchy. La Jerarquía Digital Plesiócrona es una tecnología usada en telecomunicación para transportar grandes cantidades de información mediante equipos digitales de transmisión que funcionan sobre fibra óptica, cable coaxial o radio de microondas.

Pri: enlaces digitales de 2,048 Mbps pero que no posee servicios como identificación de llamadas.

Promina: marca de los equipos multiplexores usados en la UAEAC.

PTT: (Push to talk) Dispositivo "Presione y hable" utilizado para comunicación entre la estación base y la aeronave en VHF.

QPSK: QPSK son las siglas de Quadrature Phase Shift Keying. Es una forma de modulación en la que la señal se envía en cuatro fases, 45, 135, 225, y 315 grados, y el cambio de fase de un símbolo al siguiente codifica dos bits por símbolo. La modulación QPSK es equivalente a la 4-QAM.

Rack: Es un gabinete diseñado para contener transmisores, receptores y demás equipos necesarios para un sistema de comunicación.

Regenerador: Equipo encargado del proceso para corregir la forma de una onda, que es usualmente una serie de pulsos modificados al espaciamiento, forma y magnitud deseados.

RF: (Radio Frequency) Radio frecuencia. Ondas electromagnéticas con frecuencias comprendidas entre los 3 kHz (3000 Hz) y los 300 GHz (3 x 10¹¹ Hz). A veces se distingue entre radiofrecuencias, entre 3 kHz y 1 GHz, y microondas, entre 1 GHz y 300 GHz.

SIAC: Sistema Integrado de Aviación Civil.

Sigma: sistema que maneja la gestión del mantenimiento aeronáutico.

Sintetizadores de frecuencia: es un circuito empleado para ajustarse a cualquiera de los canales asignados en un sistema.

Slots: ranuras en donde se colocan las tarjetas en equipos como Promina, Plantas telefónicas.

TCP/IP: El nombre "TCP/IP" se refiere a una suite de protocolos de datos. El nombre viene de 2 de los protocolos que lo conforman: Transmission Control Protocol (TCP) e Internet Protocol (IP). TCP/IP son los protocolos fundamentales de Internet (Aunque se

utilizan para Intranets y Extranets). El TCP/IP es popular porque los estándares de los protocolos son abiertos, interconecta equipos de diferentes fabricantes sin problema, independiente del medio de transmisión físico, un esquema de direccionamiento amplio y común, y tiene Protocolos de alto nivel estandarizados (muchos servicios).

TCP: (Transmission Control Protocol). Protocolo de control de transmisión, se ocupa del envío y del orden de los paquetes de información.

TDMA: Acceso Múltiple por División de Tiempo. Un método de combinar los mensajes de diversos usuarios en un único canal de radio asignando a cada uno un intervalo de tiempo de transmisión distinto.

Troncal es la conexión entre dos nodos o equipos Promina en el contexto de multiplexores y la conexión entre dos plantas telefónicas en el contexto de Telefonía.

UAEAC: Siglas de la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil. Es una entidad especializada, de carácter técnico adscrita al Ministerio de Transporte, con personería jurídica, autonomía administrativa y patrimonio independiente. Esta entidad es el resultado de la fusión del Departamento Administrativo de Aeronáutica Civil y el Fondo Aeronáutico Nacional, ordenada por el artículo 67 del decreto 2171 de 1.992.

UC: Unidad de canal. En los sistemas de onda portadora es la unidad o elemento de equipo que prevé un solo canal; por lo común comprende los circuitos de transmisión y recepción del canal.

UHF: (Ultra High Frequency) Frecuencia Ultra Alta. Se define frecuencia ultra alta al rango de radio frecuencias desde 300MHz (longitud de onda 1 m) hasta 3000MHz (longitud de onda de 0.1 m).

UTA: (Upper Terminal Area) Área Superior de control. Generalmente desde alturas superiores a los 19500 pies.

VHF: (Very High Frequency) Muy Alta Frecuencia. Se define frecuencia muy alta al rango de radio frecuencias desde 30MHz (longitud de onda 10 m) hasta 300MHz (longitud de onda de 1 m).

VHF-ER: (Very High Frequency Extended Range) Sistema de comunicaciones VHF de Alcance Extendido.

VSAT: (Very Small Aperture Terminal). Integración de Redes privadas de datos para requerimientos de mediano y bajo tráfico. En comunicaciones vía satélite, estaciones receptoras de diámetro pequeño típicamente operadas en la banda Ku.

WAN: (Wide Area Network). Red de área extensa. Red de larga distancia que interconecta a computadoras distribuidas en áreas separadas geográficamente, es decir, un conjunto de redes locales interconectadas por medios de comunicación remotos (radios, líneas dedicadas, módems etc.).

RESUMEN

TÍTULO*: ANÁLISIS Y PROPUESTA DE MEJORA DEL SERVICIO DE COMUNICACIONES DE LA UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL DE AERONÁUTICA CIVIL.

AUTORES: GARCÍA PÉREZ Freddy y VARELA NUNCIRA Pedro Jhonander**

PALABRAS CLAVE: Sistema de comunicaciones, redes, aviación civil, seguridad aeronáutica.

DESCRIPCIÓN

Este trabajo es el resultado de un estudio de los sistemas de comunicaciones de la Aeronáutica Civil de Colombia que nace de la necesidad de incrementar la calidad de los servicios de comunicaciones de este organismo, el cual es la autoridad encargada del control del tráfico aéreo en el país.

Cumpliendo con este reto, el trabajo comienza por aportar una fundamentación teórica de los diversos sistemas de comunicaciones: la red de transporte de microondas, la red satelital, la red de multiplexores, el sistema de comunicaciones VHF de alcance extendido y los sistemas de comunicaciones de voz basados en las plantas telefónicas Harris y MD-110, junto con el análisis de los componentes, topologías e interfaces de acceso para los mismos.

Presenta un estudio de cobertura de la red de comunicaciones aire-tierra, es decir, comunicación entre aeronaves y centros de control, también conocida como red de VHF de alcance extendido, para lo cual se usaron herramientas de simulación de radio propagación como Pathloss 4.0 y Radio Mobile 7.0 con la base de datos del terreno SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), lo cual permitió determinar las regiones donde debe ampliarse la cobertura con estaciones adicionales.

El estudio presenta además el análisis de la capacidad de la red WAN y conduce a la elaboración de un manual de procedimientos para la conexión de un servicio de comunicaciones a la WAN.

Se presenta un estudio de la red telefónica privada y propuestas de mejoras que involucran voz sobre IP (VoIP), reconfiguración de las tablas de rutas para las plantas telefónicas y expansión del servicio telefónico para lograr la integración total de los aeropuertos controlados.

Se aborda un problema sensible para las comunicaciones de voz aire-tierra como lo es la necesidad de sincronizar las diversas formas de comunicación, microondas y satelital, teniendo en cuenta que cada uno de estos sistemas induce retardos de diferente orden en las comunicaciones. Para esto, se elaboró una herramienta basada en MATLAB que tiene en cuenta diversos parámetros como las ubicaciones del satélite, las estaciones y retardos de los equipos tanto de microondas como satelital.

* Trabajo de grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas, Ingeniería Electrónica. Homero Ortega Boada.

ABSTRACT

TITLE*: ANALYSIS AND PROPOSALS FOR IMPROVING THE COMMUNICATIONS SERVICE OF THE UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL DE AERONÁUTICA CIVIL

AUTHORS: GARCÍA PÉREZ Freddy y VARELA NUNCIRA Pedro Jhonander**

KEYWORDS: Communication System, Networks, Civil Aviation, Aeronautical Security

DESCRIPTION

This document is the result of a study made to the communications system of the Aeronautica Civil which arose from the need for increasing the quality of service of the communications of this enterprise, which is the authority in charge of the air traffic control in this country.

Focusing on that goal, this work begins contributing with a theoretical foundation of the different communications systems: the microwave network, the satellite network, the multiplexers network, the VHF-Extended Range system, and voice communication systems based on the Harris and MD-110 telephone plants, as well as the analysis of components, infrastructure and access interface for all these networks.

This document also presents a study of the coverage of the air to ground communications network (the communications between aircrafts and control centers), better known as VHF-Extended Range network. For this, simulation software tools for radio propagation like Pathloss 4.0 and Radio Mobile 7.0 were used, allowing to determine the areas where the coverage must be enhanced with additional base-stations.

On the other hand, this study presents the analysis of the capacity of the WAN network and leads to the elaboration of a manual of procedures for the connection of any communication service to the WAN.

It is also concerned a study to the private telephone network and proposals of improvements involving voice over IP (VoIP), reconfiguration of routing tables for the telephone networks and the expansion of the telephone service for achieving the total integration of the controlled airports.

It is intended to solve a sensitive problem for the air-ground communications such as the need for synchronizing the different kinds of communication: microwaves and satellite communications, taking into account that each one of these systems introduces several types of delay in the communications. That's why it was made a computational tool based on MATLAB which works with several parameters such as the satellite position, the stations and delays due to equipment of both, microwave and satellite networks.

* Work needed for graduation

** Faculty of Physical-Mechanical Engineering. Electronic Engineering. Homero Ortega Boada

INTRODUCCIÓN

La Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil (UAEAC) es la entidad encargada de garantizar el desarrollo de la Aviación civil en Colombia y de la administración del espacio aéreo en condiciones de seguridad y eficiencia. Gracias a su buena gestión, Colombia se encuentra a la vanguardia en seguridad aeroportuaria y, junto con Chile y Brasil, se sitúa entre las mejores industrias aeronáuticas de Suramérica.

Por esta razón, la UAEAC se ha planteado el reto de documentar todos sus sistemas de comunicaciones buscando tener todas las herramientas necesarias que le permitan controlar y mejorar la calidad de servicio de sus comunicaciones, pudiendo, además, pretender a certificaciones internacionales de calidad.

La red de transporte de datos es uno de los elementos estratégicos de cualquier empresa de telecomunicaciones, pues juega el papel de capa física para todos los demás sistemas de comunicaciones. Normalmente, esta red de transporte está basada en la jerarquía digital sincrónica (SDH). En el caso de la Aeronáutica Civil, se tiene una red de transporte de datos propia que combina una red de microondas y una red satelital formando un extenso anillo lógico de información a lo largo y ancho del país.

Uno de los problemas abordados en este trabajo es el estudio de la cobertura de la red de comunicaciones aire-tierra conocido como sistema de VHF de alcance extendido, sobre el cual se realizó un análisis detallado de cobertura para cada una de las frecuencias de operación tanto en niveles superiores como niveles inferiores de vuelo utilizando software de simulación como Pathloss 4.0 y Radio Mobile 7.0, permitiendo así realizar propuestas de adición de estaciones de VHF para garantizar la cobertura en las rutas del tráfico aéreo nacional e internacional.

Este trabajo de grado presenta una evaluación de la capacidad técnica de la red WAN de esta entidad frente a la prestación del servicio de comunicaciones aeronáuticas y no aeronáuticas, que consta de un análisis del ancho de banda utilizado/Ancho de Banda disponible de cada uno de los enlaces que conforman la red de transporte de datos.

En la búsqueda de la expansión y mejoramiento de los sistemas de comunicaciones aeronáuticos y no aeronáuticos, este trabajo propone procedimientos (recomendaciones) para incrementar la eficiencia de la red de comunicaciones para ser tenido en cuenta en la instauración de futuros servicios. Además, este documento incluye una evaluación del mercado para recomendar una solución técnica adecuada y acorde con los requerimientos operacionales donde sea necesario.

Es por todo esto, que este documento se convierte en una valiosa fuente de información que sirve de gran ayuda como referencia funcional y estructural de los servicios de comunicaciones de la Aeronáutica Civil presentando un panorama claro del estado de la red de comunicaciones de la entidad y constituyéndose en la base de futuros estudios para el mejoramiento del sistema de comunicaciones en general.

La realización de este trabajo de grado se basa en el análisis de los sistemas de comunicaciones para presentar propuestas para el mejoramiento y no pretende llevar a cabo la implementación de dichas propuestas, ya que las decisiones pertinentes para realizar cualquier tipo de cambio son facultad de la UAEAC.

1. RED INTEGRADA DE MICROONDAS

La red de transporte de datos de la UAEAC consta de un elaborado circuito de enlaces que se vale ya sea de la red de microondas o la red satelital. La información proveniente de los diferentes servicios de comunicaciones aeronáuticos y no aeronáuticos circulan por esta red utilizando la red satelital donde físicamente no es posible instalar un enlace de microondas debido a la lejanía del sitio o a las condiciones geográficas adversas, o, sencillamente, como medio de transporte de respaldo a una comunicación a través de la red de microondas. En este sistema de transporte, juega un papel muy importante la red de multiplexores Promina, ya que es la encargada de encaminar todos los servicios de comunicaciones por "un mismo canal" utilizando la red de microondas de la Aeronáutica Civil.

En este capítulo, se toma la red de microondas con objeto de estudio como parte del problema general planteado. Para lograr esto, es necesario realizar un estudio del Anexo C donde se encuentran los fundamentos que involucran una red de esta magnitud y se describen los componentes de una estación de microondas de la UAEAC para luego pasar a documentar la red de microondas de la UAEAC, analizar su estado, proponer recomendaciones relacionadas con las mejoras en términos de la calidad del servicio o necesidades de expansión.

La UAEAC tiene la necesidad de realizar una revisión de los diferentes radio-enlaces de la red de microondas, pues éstos no estaban suficientemente documentados lo cual dificultaba el control de la calidad del servicio, además era necesario crear unas herramientas o metodologías que faciliten la planeación de nuevos enlaces a lo largo de la geografía de Colombia.

Las dificultades que implica el desplazamiento hasta cada una de las radio bases y medir parámetros tan importantes para la calidad de los enlaces, condujo a la necesidad de involucrar medios de planeación de radio enlaces basados en la simulación con herramientas de software como Pathloss 4.0 en combinación con sistemas de información geográfica. Esto último condujo a un aporte adicional de una metodología que ha demostrado ser útil también para las futuras ampliaciones de la red.

1.1 SISTEMA DE TRANSPORTE DE MICROONDAS DE LA UAEAC

El sistema de transporte de microondas en la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil es uno de los medios de conexión para garantizar el intercambio de información oral, datos y vídeo en las diferentes fases del vuelo, en las coordinaciones operativas y técnicas propias de la navegación aérea. También es usada para el transporte de datos y voz de los diferentes servicios aeronáuticos y no aeronáuticos que provee la institución a nivel nacional como son las redes de radar, meteorología, ATS, AFTN, SIAC, PAF, telecontrol de radioayudas, telefonía, la integración de plantas telefónicas MD110, sistemas de energía, redundancia de la red satelital y comunicaciones para otras entidades del estado.

Esta red digital de microondas, de alta capacidad (hasta 34 Mbps), emplea la tecnología de modulación digital de una portadora de radio.

Como condicionamientos técnicos, la red digital de microondas posee configuración redundante (1+1) en radio y energía a nivel DC, conmutación automática en caso de falla, verificación remota de parámetros de operación, selección automática (manual o forzada), prueba remota de equipos y monitoreo de alarmas.

Las ventajas de la red microondas son la economía en la comunicación, gran variedad de equipos disponibles en el mercado para seguir el desarrollo a nivel de radio y multiplexación, calidad, confiabilidad de las comunicaciones y los retardos mínimos.

1.2 TOPOLOGÍA DE LA RED DE MICROONDAS DE LA UAEAC.

La red digital de microondas de la UAEAC cuenta con 52 enlaces (y 10 enlaces proyectados) ubicados en puntos estratégicos de la geografía colombiana como se muestra en la figura 1. Dependiendo de la cantidad de información que se requiera manejar entre dos estaciones, los enlaces pueden ser con capacidad de 1E1, 2E1, 4E1, 16E1 ó STM1. Para más información acerca de la capacidad de los enlaces favor examinar el anexo A.

El resumen de los enlaces que conforman la red de la UAEAC se puede consultar en la tabla 1 (* Enlaces en Proyecto; ND No disponible al momento de la documentación)

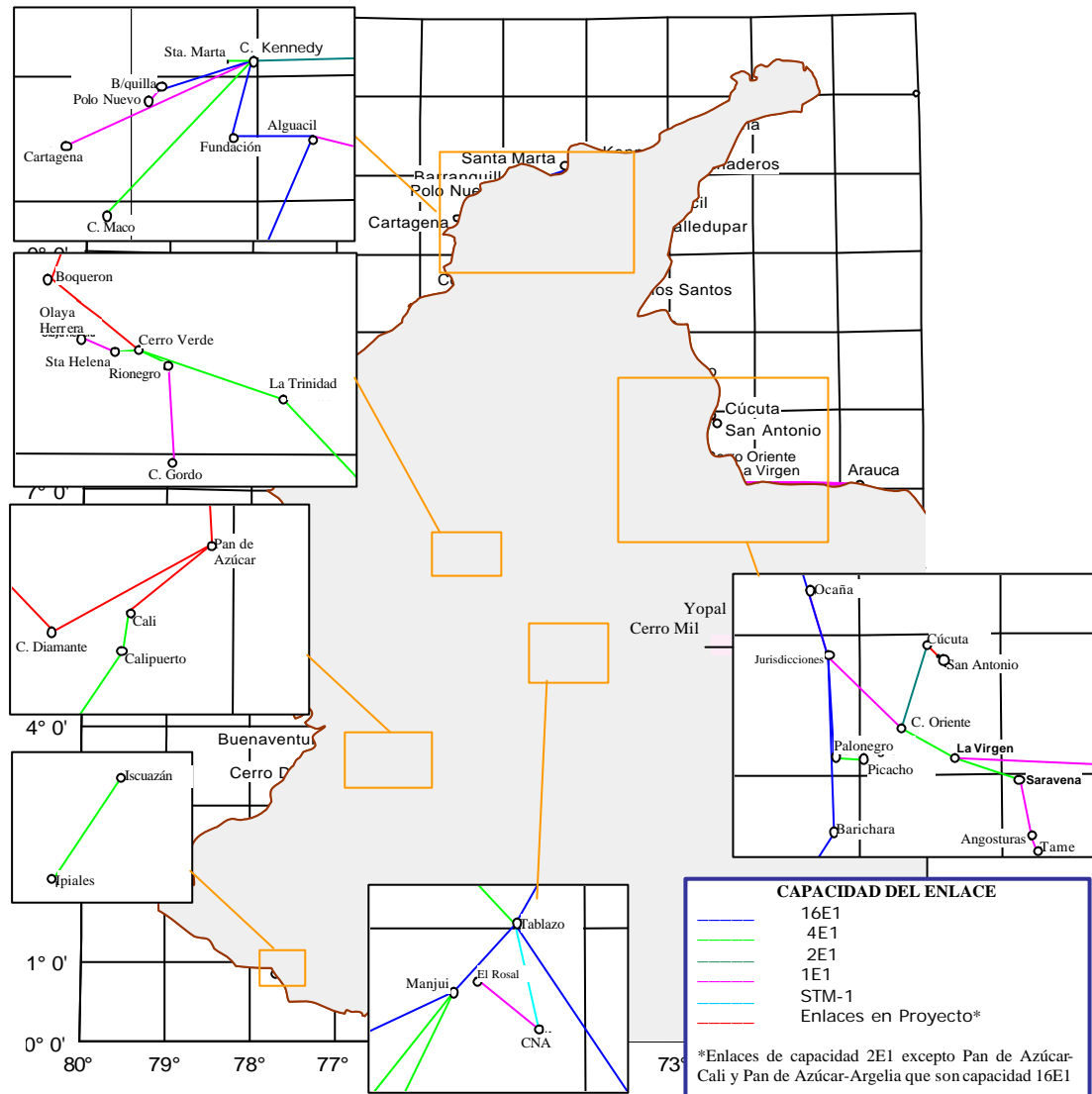
Tabla 1. Resumen de estaciones de la red de microondas de la UAEAC.

ENLACE	Capacidad	Longitud del enlace
Martinica - Campanario	16 E1	39.14 Km
C. Kennedy – C. Maco	4 E1	186.00 Km
Cali - Calipuerto	4 E1	16.45 Km
Calipuerto – Santa Ana	4 E1	93.00 Km
Santa Ana - Popayán	1 E1	39.89 Km
C. Kennedy – Santa Marta	4 E1	21.80 Km
C. Kennedy - Cartagena	1 E1	178.19 Km
Cerro Oriente - La Virgen	4 E1	48.51 Km
La Virgen - Saravena	4 E1	53.64 Km
Saravena - Angosturas	1 E1	47.13 Km
Angosturas - Tame	1 E1	9.90 Km
La Virgen - Arauca	1 E1	125.20
Cerro Verde – Sta. Helena	4 E1	4.96 Km
Sta. Helena - Olaya Herrera	1 E1	7.17 Km
C.N.A - EL ROSAL	1 E1	26.33 Km
CNA - El Tablazo	STM-1	35.68 Km
Rionegro – Cerro Verde	1 E1	21.07 Km
B/quilla - Polo Nuevo	1 E1	14.02 Km
Jurisdicciones - Ocaña	1 E1	54.29 Km

Manjui - El Tablazo	16 E1	30.75 Km
C.Campanario - Argelia	16 E1	64.22 Km
El Tablazo - Saboyá	16 E1	88.97 Km
Saboyá - Gavilán	16 E1	67.22 Km
Gavilán- Barichara	16 E1	58.32 Km
Barichara-Jurisdicciones	16 E1	138.86 Km
Palonegro - Jurisdicciones	16 E1	79.61 Km
Jurisdicciones - Pelagorro	16 E1	75.33 Km
Pelagorro - El Cabrito	16 E1	92.27 Km
El Cabrito - Todos los Santos	16 E1	50.32 Km
Todos los Santos – El Alguacil	16 E1	110.94 Km
El Alguacil - Fundación	16 E1	69.64 Km
Fundación - C. Kennedy	16 E1	68.79 Km
C. Kennedy - Barranquilla	16 E1	84.76 Km
El Tablazo - C. El Tigre	16 E1	93.74 Km
C. El Tigre - Villavicencio	16 E1	21.41 Km
El Alguacil - Valledupar	1 E1	34.78 Km
Campanario - Cartago	1 E1	53.83 Km
Martinica - Manjui	16 E1	102.56 Km
El Tablazo - La Trinidad	4 E1	164.42 Km
La Trinidad - Cerro Verde	4 E1	31.70 Km
Rionegro – Cerro Verde	4 E1	6.73 Km
Manjui - Girardot	4 E1	73.26 Km
Manjui - Cerro Perico	4 E1	109.52 Km
Cerro Perico – Cerro Neiva	2 E1	125.88 Km
Cerro Neiva - Neiva	2 E1	30.07 Km
Cerro Kennedy - Bañaderos	2 E1	136.06 Km
Bañaderos - Riohacha	2 E1	42.08 Km
Jurisdicciones – Cerro Oriente	1 E1	80.55 Km
Cerro Oriente - Cúcuta	2 E1	68.81 Km
Picacho - Bucaramanga	4 E1	24.22 Km
Belalcázar - Campanario	4 E1	60.33 Km
Ipiales - Iscuazán	4 E1	12.81 Km
Pan de Azúcar – Cerro Diamante *	2 E1	75.06 Km
Cerro diamante - Buenaventura*	2 E1	52.66 Km
El Tigre – Cerro Mil*	2 E1	157.64 Km
Cerro Mil - Yopal *	2 E1	30.11 Km
Cerro Verde – Boquerón*	2 E1	23.52 Km
Boquerón - Yarumal *	2 E1	77.44 Km
Yarumal - Caucasia*	2 E1	112.78 Km
Cúcuta - San Antonio*	2 E1	12.71 Km
Pan de Azúcar – Cali*	16 E1	44.47 Km
Argelia - Pan de Azúcar*	16 E1	93.31 Km

Adaptación de los autores

Figura 1. Topología de la red de microondas de la UAEAC.



Adaptación de los autores

La Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica civil tiene conexión de microondas entre las estaciones Argelia y Cali gracias al servicio prestado por la red de microondas de la empresa ETB, por esta razón se tienen en proyecto los enlaces Pan de Azúcar-Cali y Pan de Azúcar-Argelia.

1.3 CÁLCULO DE LOS ENLACES UTILIZANDO PATHLOSS 4.0

El análisis de los enlaces se realizó con el software Pathloss 4.0 del cual la UAEAC posee la licencia para su utilización. Este software permite obtener los perfiles de terreno usando una base de datos STRM (Shuttle Topographic Radar Mission) el cual ofrecen una resolución de aproximadamente 90 metros de la topografía nacional.

NOTA: Para más información acerca del uso del software Palos 4.0 para el cálculo de enlaces de microondas favor consultar el anexo B.

1.3.1 Regional Cundinamarca. La regional Cundinamarca consta de los enlaces Barichara -Gavilán, Gavilán-Saboyá, Saboya-El Tablazo, el Tablazo-El tigre, El Tablazo-CNA, CNA-El Rosal, el tablazo-Manjui, Manjui-Martinica, Martinica-Campanario, Manjui-Girardot, Manjui-Cerro Perico, Cerro Perico-Cerro Neiva y Cerro Neiva-Neiva. En la figura 2 se observa la distribución geográfica de esta regional.

Figura 2. Red de microondas regional Cundinamarca.

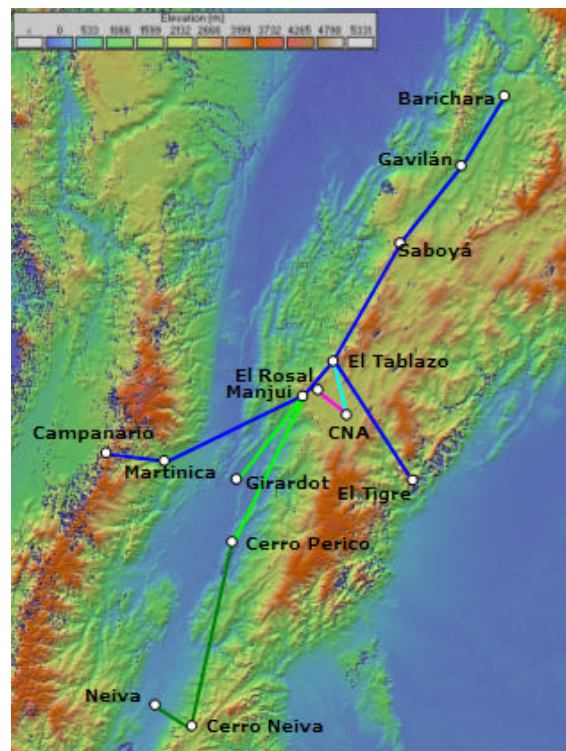
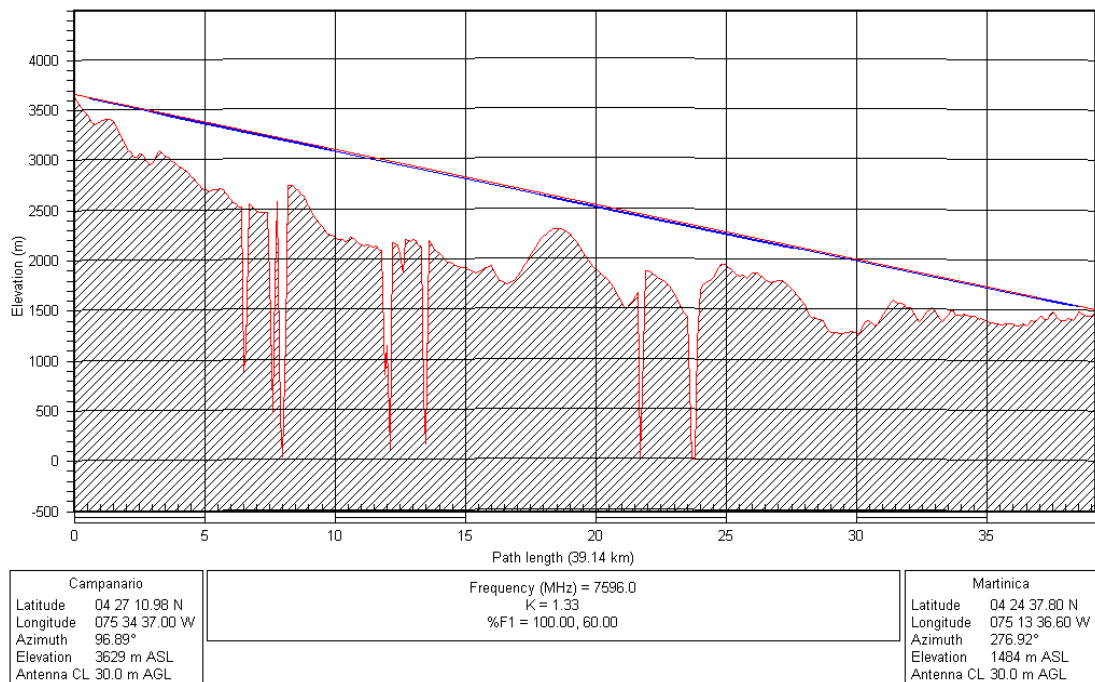


Imagen Radio Mobile 7.0

Como ejemplo ilustrativo del análisis de un perfil de un enlace de la red de microondas de la UAEAC, en la figura 3 se muestra el perfil del enlace Martinica-Campanario utilizando el software Pathloss 4.0 en donde se observa que entre las dos estaciones se traza una línea en color rojo, que representa la línea de vista entre las antenas y otra línea en color azul, que representa en este caso la primera zona de Fresnel. Es evidente que en este enlace no existe obstrucción entre las dos estaciones y el enlace es factible.

Para este documento no es posible mostrar la totalidad de los perfiles de los enlaces correspondientes a la red de microondas analizados con el software Pathloss debido a las políticas de confidencialidad que maneja la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil.

Figura 3. Enlace Campanario-Martinica.



Perfil realizado en Pathloss 4.0

El software de simulación Pathloss 4.0 realiza los perfiles de los enlaces de microondas partiendo de los conceptos introducidos al inicio de este capítulo, es decir, teniendo en cuenta los siguientes parámetros:

- Coordenadas geográficas de las estaciones: estas coordenadas especifican tanto la longitud como la latitud de cada una de las estaciones que forma el enlace.
- Elevación [m]: esta distancia corresponde a las alturas de las estaciones y depende de la base de datos que se emplee.

- Altura de las torres: para introducir la altura de las torres donde se ubican las antenas.
- Altura de la antena transmisora: para introducir la altura de las antenas sobre el nivel donde esta la estación.
- Potencia del transmisor.
- Frecuencia: se especifica en MHz.
- Tipo de polarización: horizontal o vertical.
- *Pérdidas de espacio libre (FSL)*

$$FSL = 32.44 + 20\log(F) + 20\log(D)$$

Donde F es la frecuencia en MHz y D es la distancia entre las estaciones en Kilómetros

- Nivel de recepción en la señal: es el nivel mínimo nivel de recepción con el que se podría utilizar un receptor.
- Cálculo de zonas de Fresnel: el software emplea algoritmos que tienen en cuenta el cálculo de las zonas de Fresnel, incluyendo el 60% de la primera zona con lo cual, si está totalmente despejada, asegura un enlace sin pérdidas por difracción.

Una vez ingresados estos parámetros, el software ejecuta algoritmos para el cálculo del perfil del terreno a partir de la información de la base de datos de terreno utilizada, y una vez generado este perfil, el software indica la línea de vista entre las estaciones transmisora y receptora de la misma forma que indica la primera zona de Fresnel y el 60% de ésta. Además, Pathloss 4.0 puede realizar análisis de multitrayectoria y análisis de difracción y reflexión de las ondas en los enlaces para poder determinar de una manera acertada el comportamiento de las ondas electromagnéticas en el enlace real y al mismo tiempo, ayuda a diseñar la mejor posición de las estaciones en la planeación de un nuevo enlace.

1.3.2 Regional Valle. Consta de los enlaces Cartago-Campanario, Belalcázar-Campanario, Campanario-Argelia, Argelia-Pan de Azúcar, Pan de Azúcar-Cali, Cali-Cali Puerto, Cali Puerto-Santa Ana, Santa Ana-Popayán, Pan de Azúcar-Cerro Diamante, Cerro Diamante-Buenaventura. En la figura 4 se observa la distribución geográfica de esta regional.

Figura 4. Red de microondas regional Valle



Imagen Radio Mobile 7.0

1.3.3 Regional Meta. Los enlaces que conforman la regional Meta son Villavicencio-El tigre, El tigre-Cerro Mil y Cerro Mil-Yopal. Su distribución geográfica se puede observar en la figura 5.

Figura 5. Red de microondas regional Meta

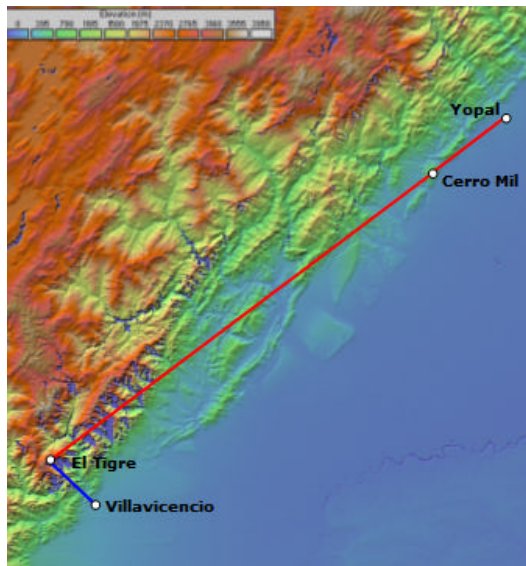


Imagen Radio Mobile 7.0

1.3.4 Regional Antioquia. La regional de Antioquia está conformada por los enlaces El tablazo-Trinidad, Trinidad-Cerro Verde, Cerro Verde-Rionegro, Rionegro-Cerro Gordo, Cerro Verde-Santa Helena, Santa Helena-Olaya Herrera, Cerro Verde-Boquerón, Boquerón-Yarumal y Yarumal-Caucasia. La distribución geográfica de esta regional se observa en la figura 6.

Figura 6. Red de microondas Regional Antioquia

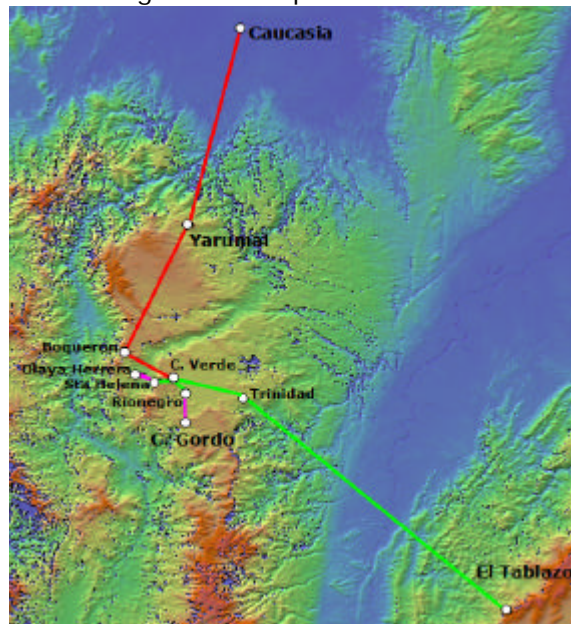


Imagen Radio Mobile 7.0

1.3.5 Regional Atlántico. Los enlaces que conforman esta regional son El Cabrito-Todos los Santos, Todos los Santos-El Alguacil, El Alguacil-Valledupar, El Alguacil-Fundación, Fundación-Cerro Kennedy, Cerro Kennedy-Bañaderos, Bañaderos-Riohacha, Cerro Kennedy-Santa, Marta, Cerro Kennedy-Barranquilla, Barranquilla Polo Nuevo, Cerro Kennedy-Cerro Maco y Cerro Kennedy-Cartagena. En la figura 7 se observa la distribución geográfica de la regional Atlántico

Figura 7. Red de microondas regional Atlántico



Imagen Radio Mobile 7.0

1.3.6 Regional Norte de Santander. Está conformada por los enlaces El Cabrito-Pelagorro, Pelagorro-Jurisdicciones, Jurisdicciones-Ocaña, Jurisdicciones-Palonegro, Jurisdicciones-Barichara, Jurisdicciones-Cerro Oriente, Cerro Oriente-Cúcuta, Cúcuta-San Antonio, Cerro Oriente-La Virgen, La virgen-Arauca, La Virgen-Saravena, Saravena-Angosturas y angosturas-Tame, los cuales se observan en la figura 8.

Figura 8. Red de microondas regional Atlántico



Imagen Radio Mobile 7.0

1.4 INTERFAZ DE ACCESO AL SISTEMA DE GESTIÓN DE LA RED

La red integrada digital de microondas de la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil cuenta con una interfaz de operación suministrada por Continental Microwave Ltd. la cual permite visualizar el estado de los componentes de la red a nivel nacional.

Como se muestra en la figura 9, el software (Network Status Manager) le permite al usuario observar el estado de todos los enlaces de la red; las estaciones que funcionan correctamente se muestran de color verde y aquellas que presentan algún problema se muestran de color rojo.

Así mismo, es posible monitorear el estado de cada una de las estaciones que conforman la red, en la figura 10 se muestra un ejemplo de la estación del CNA en donde se pueden observar todos los enlaces que están conectados a dicha estación y en cada uno de estos enlaces, permite observar el estado ya sea de la unidad de facilidad o el transceiver que esté ubicado en esta estación.

Figura 9. Interfaz del estado de la topología de la red de microondas

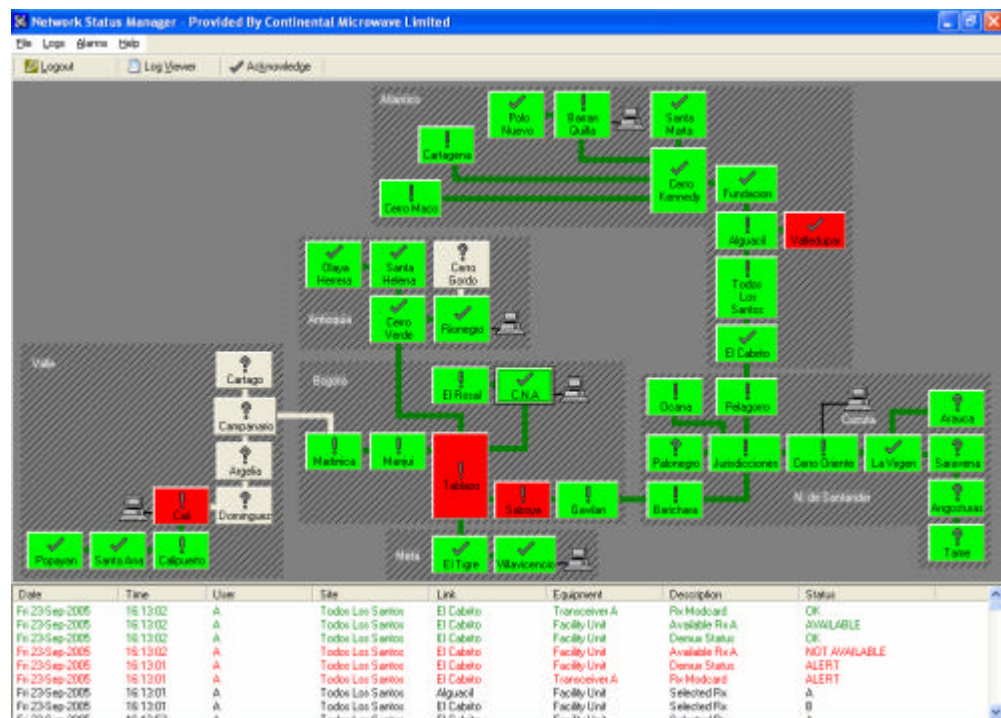


Imagen tomada del sistema de gestión de la red de Continental (UAEC)

Figura 10. Interfaz de monitoreo de las estaciones de microondas



Imagen tomada del sistema de gestión de la red de Continental (UAEAC)

Como ejemplo, en la figura 11 se puede visualizar el estado del transceiver principal del enlace CNA – el tablazo y la unidad de facilidad del enlace CNA – El rosal, ambos ubicados en la estación del CNA.

Figura 11. Interfaz monitoreo de los equipos de la red de microondas.



Imagen tomada del sistema de gestión de la red de Continental (UAEAC)

Se dispone también de otro sistema de monitoreo de la red para los equipos de Stratex Networks el cual se llama Provision y es el encargado de supervisar el funcionamiento de la red integrada de microondas. Este software es de fácil integración dentro de sistemas de administración de red (NMS) ya existentes y funciona sobre los sistemas operativos Windows XP, Windows 2000 y Solaris. Provision es una herramienta de administración para monitorear elementos en la red, a su vez, tiene una interfaz fácil de usar (ver figura 12) y herramientas que le permiten al usuario visualizar eventos de los dispositivos de la red para que se puedan identificar el área del problema y luego determinar cómo solucionar éste problema. El inicio de la sesión del software se realiza mediante el ingreso de un nombre de usuario y una contraseña ya que por ser un software licenciado para la UAEAC, se requieren ciertos parámetros de seguridad.

Figura 12. Interfaz de usuario Provision para la red de microondas.

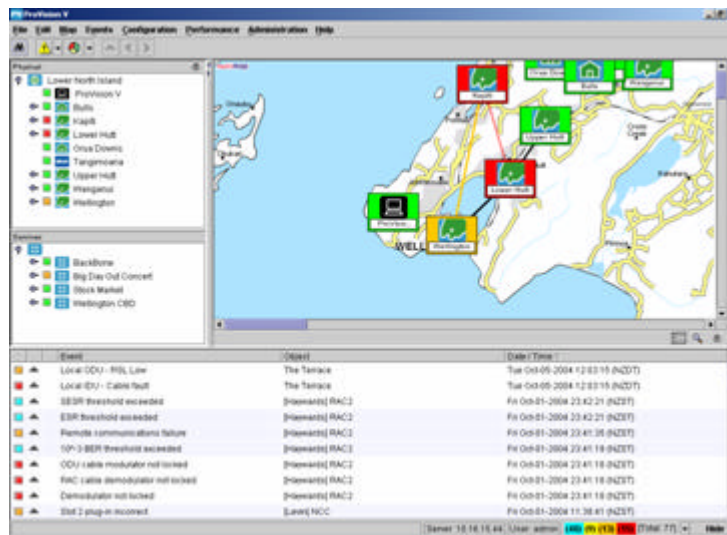


Imagen tomada del sistema de gestión de la red de Continental (UAEAC)

1.5 MANUALES DE OPERACIÓN DE LA RED DE MICROONDAS DE LA UAEAC

La Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil no posee todavía un inventario de manuales de operación de los equipos de la red pero se espera que se suministren prontamente por los proveedores de dichos equipos.

Sin embargo, sí se cuenta con los manuales de instalación y operación para los sistemas operativos de gestión de la red los cuales se disponen en medio magnético (CDs) y se describen a continuación:

- ✓ Provision – Guía de Instalación y Administración
- ✓ Provision – Guía de Usuario
- ✓ Provision – Guía rápida de inicio

2. SISTEMA DE COMUNICACIONES SATELITALES

Para una mejor visión y proyección del sistema de comunicaciones satelital y garantizar una mejor prestación de los servicios, para la UAEAC es importante contar con una documentación que facilite el análisis de la red VSAT de la entidad, con lo cual la red de comunicaciones VSAT se convierte en caso de estudio y en objeto para futuras inversiones y ampliaciones en la capacidad para las comunicaciones satelitales. En esta etapa del proyecto el estudio se centra en el análisis de la red satelital de la Aeronáutica Civil, la cual es una red de vital importancia para la entidad pues es la encargada del transporte de datos a regiones de difícil acceso por diferentes motivos y también empleada en algunas ocasiones como respaldo "back up" de la red de microondas.

Para realizar la introducción al estudio de la red satelital de la entidad se requiere primero de la fundamentación teórica acerca de los conceptos de las comunicaciones satelitales, la configuración del enlace satelital y la red satelital VSAT (Very Small Aperture Terminal), por esta razón se recomienda la lectura del Anexo D, donde además encontrará la descripción de los componentes de una estación VSAT y la descripción del funcionamiento de un enlace VSAT.

Una vez se adquieren las bases necesarias para el entendimiento del sistema se aborda el estudio de la red VSAT de la Aeronáutica Civil para tratar temas relacionados con el ancho de banda asignado o contratado por la entidad y hacia el final de este capítulo se analiza la topología de la red VSAT de la entidad, tasas de transferencia y tipo de modulación de los diferentes servicios que transporta esta red y se describe la interfaz de acceso a la WAN para la gestión de la red VSAT.

2.1 LA RED VSAT DE LA UAEAC

2.1.1 El Sistema TES QUANTUM. El sistema de comunicaciones de la Unidad Administrativa Especial de la Aeronáutica Civil, trabaja en Banda C usando el satélite geostacionario IS-805, cuenta con 40 estaciones remotas para establecer el intercambio de información de diferentes servicios de tipo aeronáutico, que facilitan la labor del controlador aéreo, en su mayoría son sitios distantes geográficamente y que adicionalmente presentan difícil solución de enlace por medios convencionales. Este sistema se conoce como TES (Telephony Earth Station) Quantum™ de Hughes Network systems, el cual consiste en una red satelital de telefonía digital y de comunicación de datos sincrónica y asincrónica, que provee conectividad en topología tipo híbrido entre sus estaciones terrenas VSAT, cualquier estación se puede comunicar con las demás sin la necesidad de la intervención del centro de gestión, en una comunicación punto-multipunto.

El sistema provee acceso múltiple de asignación por demanda de circuitos (DAMA) y acceso múltiple de asignación permanente para realizar las llamadas, mediante el uso de un único canal de portadora (SCPC) como camino de comunicación entre estaciones

terrenas, las cuales cada una de ellas, cuentan con equipos de RF, llamados RFT y que se encuentran interconectados a los equipos de frecuencia intermedia (IF) y a los equipos banda base que son los que genera las aplicaciones aeronáuticas que se desean transmitir. El sistema emplea distintos esquemas de modulación como QPSK (Quadrature phase-shift keying) o BPSK (Binary phase-shift keying), dependiendo de la información del usuario y la codificación utilizada.

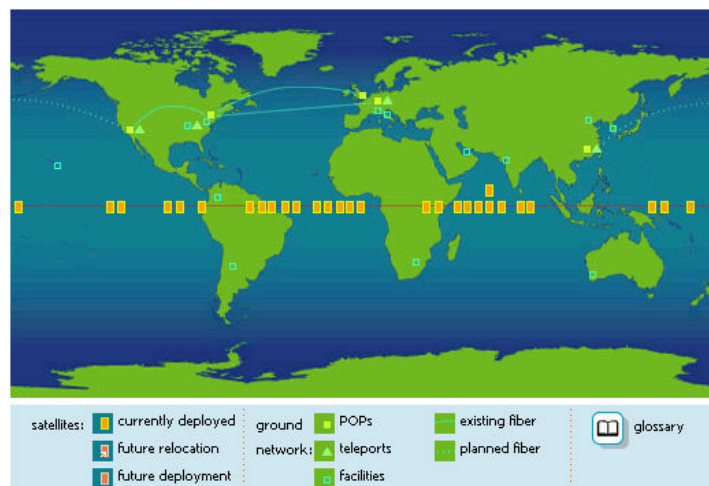
El principal componente de la red satelital es el NCS, ya que realiza la gestión de la red y las funciones DAMA para acceder al satélite. El NCS está conformado por una central de procesamiento y las bases de datos, que en conjunto con la consola del operador facilitan la realización de estas funciones.

El software del NCS corre en un equipo DEC (Digital Equipment corporation) con procesador VAX (Virtual Ardes Extension) usando el sistema operativo de memoria virtual VMS (Virtual Memory System), la plataforma es una verdadera estación de trabajo multi-tarea, proveyendo de esta manera un alto desempeño.

Adicionalmente a los procesadores VAX que son los que almacenan el software del NCS, se requiere de equipo adicional con el fin de acceder al segmento satelital y facilitar las comunicaciones con las estaciones remotas. Se incluyen los equipos de radiofrecuencia y los de frecuencia intermedia que contiene los canales de control. El software NCS soporta distintas configuraciones, variando de una simple estación de trabajo VAX, a poseer 4 estaciones de trabajo, en configuración redundante geográficamente, se configuran 2 de manera local.

2.1.2 Satélite empleado en la Red VSAT. La Red de satélites de INTELSAT se observa en la figura 13. De acuerdo a la ubicación geográfica de la organización que requiera del servicio satelital se asigna un ancho de banda en el transponder del satélite más conveniente.

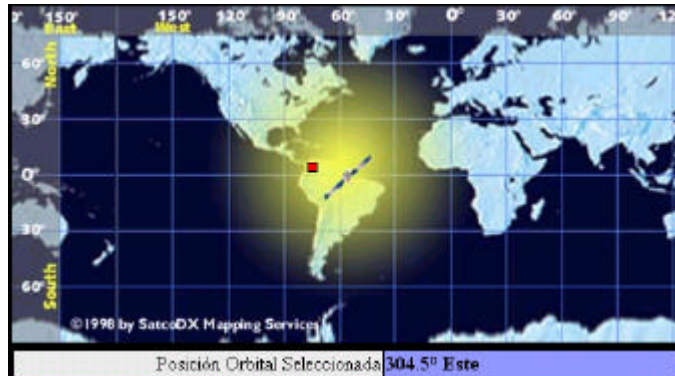
Figura 13. Red de Satélites de INTELSAT.



www.intelsat.com

El satélite empleado por la Red VSAT de la Aerocivil es el INTELSAT 805 (304.5E - 55.5W), donde INTELSAT 805 es la denominación comercial, INTELSAT8 304.5E es la denominación ante la UIT y 55.5W es la longitud orbital. La cobertura de este satélite se observa en la figura 14.

Figura 14. Cobertura del satélite INTELSAT 805



www.intelsat.com

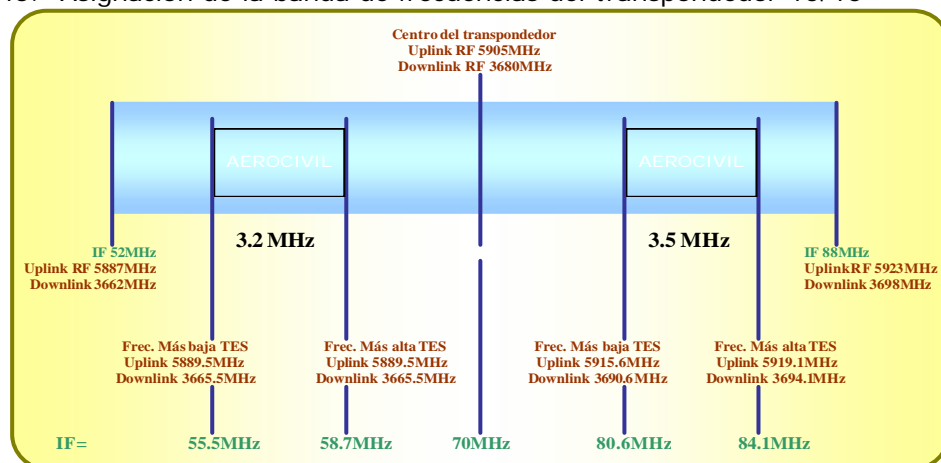
De la figura anterior se observa que el satélite tiene cobertura en parte de América, África y Europa. Este satélite usa la banda de frecuencias C.

2.1.3 Ancho de banda del Transponder asignado. El Transponder es el 10/10 el cual tiene un ancho de banda de 36 MHz y se describe en la figura 15.

Rango de frecuencias RF Uplink: 5887 – 5923 [MHz].

Rango de frecuencias RF Downlink: 3662 – 3698 [MHz].

Figura 15. Asignación de la banda de frecuencias del transpondedor 10/10



Documentos internos UAEAC

La Aerocivil tiene asignada dos secciones del transponder:

- La primera de 3.2 MHz.
Rango de frecuencias RF Uplink: 5890.5 – 5893.7 [MHz].
Rango de frecuencias RF Downlink: 3665.5 – 3668.7 [MHz].
Rango de frecuencias IF: 55.5 – 58.7 [MHz].
- La primera de 3.5 MHz.
Rango de frecuencias RF Uplink: 5915.6 – 5919.1 [MHz].
Rango de frecuencias RF Downlink: 3690.6 – 3694.1 [MHz].
Rango de frecuencias IF: 80.6 – 84.1 [MHz].

2.2 TOPOLOGÍA DE LA RED SATELITAL DE LA UAEAC

La topología de red de la Unidad UAEAC es híbrida, lo que permite que un grupo de terminales VSAT se comuniquen en topología malla, mientras que otros lo hacen en estrella. Esta topología se escogió debido a que existen algunas terminales que tienen mayor demanda de tráfico entre sí que otras. Las terminales con mayor demanda de tráfico pueden configurarse en malla a fin de reducir el gasto del equipo adicional en la estación central y de los recursos satelitales para el doble salto. Mientras que el resto de la red puede comunicarse con estas terminales mayores o entre sí por medio de una topología en estrella.

En el ámbito de las aplicaciones aeronáuticas, fue necesario diseñar una red híbrida, ya que las comunicaciones de voz no pueden tolerar los retardos inherentes en una topología estrella, debido al doble salto satelital (uno entre la estación VSAT origen y la VSAT central, y el otro entre la estación VSAT central y la VSAT destino). La red también soporta el tráfico de datos sincrónicos y asincrónicos. Puede ser equipada con pocas unidades de canal (Cus) o puede soportar varias unidades de canal en la estación central, donde se comunica con la RTPC (Red telefónica pública conmutada).

Los protocolos de acceso a las redes satelitales combinan dos técnicas de acceso a la capacidad satelital con control de tráfico. Algunas de las terminales VSAT cursan servicios de poco tráfico, por lo que no es eficiente asignarles capacidad con carácter permanente. La eficiencia mejora empleando los protocolos de acceso a la red, estos protocolos asignan capacidad a una terminal dada con base en la demanda de tráfico. La red cuenta con dos estaciones terrenas centrales: Bogotá y Barranquilla, allí se encuentra el centro de gestión y control de la red que consta de 39 estaciones satelitales de las cuales 4 son internacionales: Cenamer, Kingston, Guayaquil y Panamá, y 1 adicional de pruebas para la ciudad de Bogotá. Las ciudades de Rionegro, Cali, Cúcuta y Villavicencio poseen antenas de 3.7 m de diámetro siendo éstas cabeceras de zona para el manejo del tránsito aéreo en Colombia y las demás estaciones remotas poseen antenas de 2.4 m.

2.2.1 Esquema de la Red VSAT. La Red VSAT esta conformada por las estaciones que se observan en la figura 16.

Figura 16. Mapa de la topología de la red VSAT de la UAEAC



Adaptación de los autores

2.2.2 Acceso a la capacidad satelital. La Red VSAT de la Aerocivil utiliza las técnicas de acceso al medio de asignación por demanda (DAMA) y asignación permanente (PAMA) con la tecnología de un canal por portadora (SCPC).

- Funcionalidad por Demanda.** Dentro de la red de la Aeronáutica Civil, el acceso múltiple con asignación a petición (DAMA) es un protocolo que permite que cada canal utilice un par de portadoras en modalidad de portadora monocanal (SCPC) para establecer un enlace. La capacidad de esta red para telefonía fija se incrementa de manera notable usando el método de asignación por demanda DAMA (Demand Assigned Multiple Access), nuevo servicio digital de INTELSAT que le permite a los

usuarios compartir un mismo ancho de banda y que involucra la asignación de canales con el fin de reducir la intermodulación. DAMA les permite a nuevos usuarios en zonas apartadas geográficamente conectarse globalmente mediante el uso de pequeñas estaciones terrenas.

La red SCPC/DAMA está compuesta de tres bloques:

- ✓ Gestión y control de la red (NCS).
- ✓ Terminal de tráfico en la estación central.
- ✓ Terminal de tráfico en la VSAT.

La red satelital se encuentra bajo el control de un punto central, donde se realiza toda la gestión de la red y que se conoce como NCS (Network Control System) el cual es el centro de control de toda la red. El NCS es el elemento en la topología que implementa la asignación por demanda de la red, de este modo, una entidad puede manejar todos los aspectos de la red y recolectar la información de la contabilidad de las llamadas necesaria con el propósito de facturación. Dos centros de control y gestión de la red son configurados de manera redundante geográficamente (dos sitios geográficos distintos) aseguran un alto nivel en la disponibilidad de la red.

De esta manera, la capacidad de la red satelital se incrementa bastante a través de la asignación por demanda; en lugar de asignar canales de frecuencia o intervalos de tiempo a la demanda actual, se solicita el ancho de banda requerido al centro de gestión (NCS) y solo se usa mientras dure la llamada. Esta es la mejor forma de hacerlo, usando FDMA en forma de SCPC, asignando pares de canales al requerimiento de una llamada con el fin de establecer una comunicación bidireccional.

Cuando un canal de voz solicita un circuito, la VSAT toma una línea e informa a la estación central su identidad y los dígitos marcados. El controlador de la red DAMA (NCS) conoce el origen y determina el destino por los dígitos marcados. Si los circuitos de destino están ocupados, el NCS ordena al origen a que ponga tono de ocupado. Si el destino no está ocupado, el NCS le suministra a las unidades de canal de origen y destino las frecuencias de enlace ascendente y descendente de funcionamiento. Una vez que las unidades de canal sintonizan las frecuencias asignadas, el circuito está listo. Los dígitos marcados se transmiten por circuito satelital a la unidad de canal destino y si es necesario se hace uso de la red pública telefónica conmutada para completar la llamada. Una vez terminada la llamada, se informa al NCS, se desactivan las portadoras DAMA y las unidades de canal (CU) vuelven a un estado ocioso para esperar una nueva llamada.

- *Funcionalidad de la Asignación Permanente.* Dentro de la red de la Aeronáutica Civil, el acceso múltiple con asignación permanente (PAMA) es un protocolo que permite que cada canal utilice un par de portadoras en modalidad de portadora monocanal (SCPC) para establecer un enlace de comunicación bidireccional. No todos los servicios de voz ATS emplean el acceso DAMA debido a que hay estaciones con gran tránsito aéreo. Para estas estaciones como Panamá y Cenamer se utiliza el acceso PAMA para garantizar la disponibilidad de canal. Los canales de datos usan el acceso PAMA para todas sus tasas de transferencia como 4.8, 9.6, 19.2, 32, 56 y 64 Kbps.

La estación central que realiza toda la gestión de la red o NCS (Network Control System) es el elemento en la topología que implementa la asignación permanente de la red. En este caso la estación central asigna canales de frecuencia y ancho de banda de forma permanente.

Cuando un enlace que funciona en la modalidad de acceso permanente se cae, el NCS restablece el enlace asignando los canales de frecuencia y ancho de banda de manera permanente, pero no necesariamente se le asignan los mismos canales de frecuencia (portadoras) con los que funcionaba ya que el NCS busca entre los canales disponibles. El NCS se asegura de que el enlace se restablezca e informa a las unidades de canal las frecuencias que se deben utilizar.

- *Acceso al medio según los servicios.* En la Red VSAT de la Aeronáutica Civil se tiene asignado un ancho de banda para usar con la tecnología DAMA. En este ancho de banda se cursan servicios de telefonía. Se encuentran extensiones telefónicas de la planta MD-110, servicios ATS de la planta Harris Nacionales y los ATS internacionales de Kingston y Guayaquil los cuales no poseen tanto tráfico aéreo.

El mayor ancho de banda asignado para la Aerocivil se emplea con tecnología PAMA debido a la alta importancia de algunos servicios. En este ancho de banda se cursan los servicios de ATS para Panamá y Cenamer debido al alto tránsito aéreo. Se cursan los servicios de VHF, radar y los demás servicios de datos.

- *Información Aeronáutica que se transmite por la Red.* La información que se transmite en la red, incluye la conexión de los principales aeropuertos del país y estaciones aeronáuticas remotas. Debido a que la red VSAT de la Aeronáutica civil posee una latencia satelital inherente, se utilizan protocolos optimizados para este entorno; logrando de esta forma una entrega adecuada de los datos transmitidos y un retardo mínimo, mediante el uso de un protocolo satelital eficiente. Se tienen los siguientes servicios aeronáuticos en el sistema:

- ✓ Red de comunicaciones aeronáuticas VHF, sistema para operar equipos de radio ubicados en estaciones remotas, desde un centro de control de tránsito aéreo.
- ✓ Telecontrol de la red de VHF (MARC), que permite al responsable de mantenimiento verificar el estado operativo de los equipos de radio frecuencia de VHF.
- ✓ Red de comunicaciones fijas aeronáuticas AFTN, que permite a diferentes dependencias de aeropuertos del país intercambiar mensajes de formato aeronáutico a través de la central conmutada AFTN (Aeronautical Fixed Telecommunication Network).
- ✓ Información de datos de radar, que indica la posición de control en tiempo real y diferentes datos referentes a las aeronaves. El sistema entrega datos precisos sobre la identificación, altura, dirección y velocidad.
- ✓ Sistema de información de la Aeronáutica Civil, que es la red corporativa de información por la cual se adelantan procesos de carácter administrativo, además

de permitir integrar labores de contabilidad, controles estadísticos de operaciones aéreas y manejo de correo electrónico.

✓ Conmutación de voz técnico-administrativas, a través de 6 troncales localizadas en el centro de gestión en la ciudad de Bogotá y que se encuentran conectadas a una planta telefónica MD-110 de Ericsson.

El principal beneficio de esta red satelital es que supera el fenómeno de aislamiento geográfico y de marginamiento administrativo e involucra la necesidad de implementar nuevas facilidades de intercomunicación para las regiones más apartadas, incrementando de paso el flujo de información aeronáutica y por ello los niveles de seguridad en las operaciones aéreas del país.

2.2.3 Tasas de transferencia y tipo de modulación de la información que se transmite por la red. La Red VSAT de la Aeronáutica Civil transmite la voz a 8 Kbps y los datos en velocidades de 4.8, 9.6, 19.2, 32, 56 y 64 Kbps. El ancho asignado para los canales de voz y los de datos a 4.8 Kbps es de 15 kHz. El ancho asignado para los canales de datos a 9.6 y 19.2 Kbps es de 27.5 kHz. Para los canales de datos a 32 Kbps es de 30 kHz. Para los canales de datos a 56 Kbps es de 55 kHz y para los canales de datos a 64 Kbps es de 62.5 kHz. Estos anchos de banda se asignan tanto a la portadora de transmisión como a la de recepción.

En la tabla 2 se observa la información acerca del tipo de modulación, factor de corrección de error FEC, espaciamento de portadora.

Tabla 2. Resumen servicios de datos de la red satelital

SERVICIO	ESPACIAMIENTO ENTRE PORTADORAS [kHz]	MODULACIÓN	FEC	RATA DE BITS [Kbps]	TIPO
Voz VCELP	15	QPSK	1/2	8	Voz
Datos – 4.8	15	BPSK	1/2	4.8	Asíncrono
Datos – 9.6	27.5	BPSK	1/2	9.6	Síncrono
Datos – 19.2	27.5	QPSK	1/2	19.2	Síncrono
Datos – 32	30	QPSK	3/4	32	Síncrono
Datos – 56	55	QPSK	3/4	56	Síncrono
Datos – 64	62.5	QPSK	3/4	64	Síncrono

Adaptación de los autores

2.2.4 Interfaz de Acceso a la WAN La Red VSAT de la Aerocivil emplea el software TES (Telephony Earth Station) Quantum™ de Hughes Network systems para monitorear y configurar cada uno de los enlaces de la Red.

En la pantalla inicial este programa muestra un Istado de las estaciones de la red y a cada estación se la asocia un color que indica el estado de la estación, si el color es verde indica que la estación no tiene problemas con los enlaces. Si el color es amarillo

indica que en la estación el enlace funciona pero con inconvenientes y si el color es rojo indica que el enlace no funciona.

Si se desea obtener información del enlace se da click en una de las estaciones del enlace y seguidamente se da click el enlace que se requiere conocer. El software brinda la información que se observa en la Tabla 3.

Tabla 3. Datos proporcionados por el software TES Quantum.

IF [kHz]	RF Uplink [kHz]	RF Downlink [kHz]	Connection Name	Source	Destination	Type
58102.5	5893102.5	3668102.5	BOG-LET	DCU1000E	DCU18001	SYNC
58132.5	5893132.5	3668132.5				

Adaptación de los autores

Como se observa en la Tabla 3, se indica la información de las portadoras usadas en IF Y RF. Hay dos portadoras por enlace debido a que la comunicación es bidireccional. También se indica la posición de la unidad de canal de datos DCU tanto en la fuente como en el destino.

2.3 MANUALES DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA VSAT

La Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil cuenta con los manuales de operación, mantenimiento y funcionamiento de los equipos externos e internos de la estación VSAT y se encuentran en cada una de las estaciones que conforman la Red y están disponibles para el uso del personal técnico.

3. RED DE MULTIPLEXORES PROMINA

Para incrementar la eficiencia en los sistemas de comunicación de la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil, se dispone de una red de multiplexación de datos y voz la cual "encamina" la información proveniente de las diferentes redes de comunicaciones como la red de VHF de Alcance Extendido, redes conmutadas como AFTN y ATS a través de troncales de información para conectar múltiples nodos.

Como se mencionó en la introducción, la red de transporte es uno de los elementos más estratégicos para cualquier empresa, en el caso de la Aeronáutica Civil ésta cuenta con una red de transporte de microondas propia que se extiende por gran parte del territorio nacional y se basa en la plataforma de multiplexores Promina para su funcionamiento. Como parte del problema general planteado, en el capítulo 1 fue objeto de estudio la red de microondas y como consecuencia del mismo problema es objeto de estudio en este capítulo la red de multiplexores Promina.

La variedad de servicios aeronáuticos y administrativos que maneja la Aeronáutica Civil, tanto de voz como de datos, implica una serie de interfaces análogas y digitales para adaptar los diversos equipos. La red de multiplexores Promina resulta de gran valor para la Aerocivil porque proporciona las diferentes interfaces para la integración de los diferentes servicios.

En el Anexo E se encuentran algunas generalidades del sistema Promina y los diferentes modelos de equipos Promina usados en la entidad. Este capítulo inicia con una descripción de la red de multiplexores y los distintos tipos de tarjetas que se pueden encontrar.

Hacia la mitad del capítulo se analiza la topología de la red Promina de la Aeronáutica Civil diferenciando cada una de las regionales en las que el territorio nacional es fraccionado. Finalmente este capítulo se detallan la clase de servicios conectados a la red Promina y se describe la interfaz para el acceso a la WAN y gestión de la red Promina.

La plataforma Promina empleada en la UAEAC tiene las siguientes características:

- ✓ Totalmente integrada a la plataforma de operación HP Open View¹, SNMP.
- ✓ Reportes del estado de todos los componentes de la Red PROMINA, indicando eventos y alarmas locales y remotas.
- ✓ Alarmas en tiempo real, con descripción del problema y Procedimientos sugeridos para soluciones inmediatas.
- ✓ Interfaz totalmente gráfica, que permite configurar los servicios con un solo click.
- ✓ Presentación gráfica de toda la red, incluyendo rutas y enlaces.
- ✓ Niveles de acceso totalmente configurables, con registros históricos de acceso de usuarios y tareas ejecutadas.
- ✓ Acceso remoto y local por medio de un Navegador estándar para Internet.

¹ HP open view ofrece, entre otras prestaciones, la distribución automática de software a través de un servidor de red, la instalación automática de software y apoyo para una serie de sistemas operativos populares, como Windows NT, Novell, IBM, OS2 y Banyan Vines.

3.1 DESCRIPCIÓN DE MÓDULOS Y TARJETAS DEL SISTEMA PROMINA DE LA UAEAC.

La variedad de servicios aeronáuticos y administrativos que maneja la UAEAC, tanto de voz como de datos, implica una serie de interfaces análogas y digitales para adaptar los equipos de presentación (servidores, teléfonos, radar, etc.). La red de multiplexores Promina permite interconectar estos dispositivos proporcionando las diferentes interfaces que maneja determinada aplicación. Este equipo es modular, lo cual quiere decir que tiene slots o ranuras en donde se colocan las tarjetas dependiendo de la necesidad.

Existen tres tipos de módulos que pueden colocarse dentro de estos "slots": Los módulos de procesamiento, los módulos de aplicación y los módulos de servicio. Los primeros como su nombre indica son los encargados de realizar las tareas de administración del equipo, como lo son el correr y/o almacenar el sistema operativo, la base de datos, el reconocimiento de otros módulos, generación de alarmas, etc. El segundo tipo de módulos, son las tarjetas que sirven para implementar directamente una aplicación. Los módulos de aplicación que usa la UAEAC pueden clasificarse de la siguiente forma:

- ✓ Tarjetas troncales.
- ✓ Tarjetas de voz análoga.
- ✓ Tarjetas de voz digitales.
- ✓ Tarjetas de datos de baja velocidad (<64Kbps).
- ✓ Tarjetas de datos de alta velocidad (>64kbps).
- ✓ Tarjetas enrutadoras.
- ✓ Tarjetas ISDN.

El tercer tipo de módulos se refiere a las tarjetas que prestan servicios a los otros dos tipos de módulos (Ej. compresión de canales, eco- cancelación, almacenamiento, etc.)

3.2 OPERACIÓN DE LA RED PROMINA DE LA UAEAC.

Básicamente, la red está compuesta por la unión de nodos o equipos que se dimensionan dependiendo del número de aplicaciones que cursa. Estos equipos se comunican por medio de unos módulos denominados troncales. Cada tarjeta troncal puede adaptar su interfaz dependiendo del medio por el cual se comunica con el equipo remoto. La UAEAC usa dos tipos de enlaces, microondas y satelitales, el primero son enlaces PDH¹ cuya trama básica es un E1 (2048 Kbps distribuido en 30 canales de 64 Kbps), el segundo tipo son enlaces punto a punto de velocidades múltiples de 64 Kbps.

Cuando dos tarjetas troncales se comunican establecen entre los nodos un canal de gestión denominado SCLP (Signal Channel Link Protocol), este canal permite la comunicación entre los dos equipos y el transporte de tareas administrativas. Cuando

¹ PDH (PLESIOCHRONOUS DIGITAL HIERARCHY). Ver Anexo A.

el SCLP se establece un nodo puede enviarle información de dónde, a qué velocidad, hacia dónde y demás requerimientos para cursar un servicio. Este canal de gestión y coordinación entre los equipos (nodos) permite que puedan tomar el ancho de banda disponible en el medio (2M o Nx64) y lo usen de forma dinámica y transparente para el usuario, permitiendo conectar canales desde 1200 bps.

Los nodos se interconectan entre sí constituyendo la red final. Un nodo puede conectar con otro por medio de una o varias troncales y a su vez puede conectarse con más de un nodo. La red de la UAEAC tiene en la actualidad 52 nodos alrededor del país y permite conectar dinámicamente un canal de voz o datos, desde Barranquilla hasta Cali con solo asignar el origen y el destino.

Dependiendo de la aplicación los nodos tienen diversas tarjetas, un módulo se compone de una tarjeta frontal que maneja la parte lógica y una interfaz trasera que determina la interfaz, es decir que una misma tarjeta frontal puede manejar diferentes interfaces dependiendo de la necesidad del usuario final. Por ejemplo el módulo de voz análogo PVA (o PVAC que si permite compresión) puede instalársele tres tipos diferentes de interfaces traseras: E&M, FXS y FXO, la primera como el nombre lo indica se usa para aplicaciones E&M (en el caso de la UAEAC VHF, ATIS, etc.) y los siguientes sirven para instalar extensiones análogas; un resumen de las tarjetas frontales con sus respectivas tarjetas traseras, servicios y velocidades de observa en la tabla 4.

Tabla 4. Resumen de los tipos de tarjetas y servicios soportados por Promina

TARJETA FRONTAL	TARJETA TRASERA	SERVICIO	VELOCIDAD
PVA/C	FXS	ATS, Extensiones lado abonado	4 – 64 Kbps
PVA/C	FXO	ATS, Extensiones lado planta	4 – 64 Kbps
PVA/C	E&M	ATIS, VHF, MODEM	4 – 64 Kbps
QASD	DCE -232	Radar, AFTN , Datos Marc	1.2 – 64 Kbps
HSD - 2	DCE - V35	Enrutadores externos, aplicaciones de datos	64 Kbps – 8 Mbps
TMCP	DAMI	Conexión planta telefónicas (Harris, MD -110)	2,048 Mbps (E1)
PX – 3 LWX	ETH PLUS	Enrutador – PAF, Sigma, Internet, etc. (cliente-servidor)	32 Kbps – 2 Mbps
PX – 3 ISDN	QBRI	Conexiones ISDN	> 64 Kbps

Intranet Aerocivil

Una extensión telefónica que requiere llevarse desde Bogotá hasta Cerro Maco (Atlántico) es desagregada desde la planta telefónica de Bogotá, entregada al Promina del CNA por medio de una tarjeta digital, trasportada por los diversos nodos de la red y entregada en Cerro Maco en una interfaz análoga FXS.

A continuación se realizará un breve ejemplo donde se describe el funcionamiento del sistema Promina, pero antes de esto, es importante resaltar algunas características como tasas de transferencia y número de puertos de las tarjetas usadas para los servicios de la Aeronáutica Civil.

Los servicios de voz se comprimen a una tasa de transferencia de 8 Kbps y los servicios de datos se trabajan en tasas que varían desde 1.2 Kbps a 256 Kbps. Las tarjetas de voz PVA y PVAC, y la de datos QASD tienen 4 puertos (canales), es decir, pueden manejar hasta 4 servicios.

La tarjeta de voz TMCP tiene 60 canales o puertos de voz y la de datos HSD-2 tiene 2 puertos (canales), es decir, puede manejar hasta 2 puertos de 8 Mbps (c/u).

En el sistema Promina, los servicios, ya sean voz o datos, se les programa una prioridad que va de 1 a 14, siendo la 14 la prioridad más alta. La tarjeta procesadora del nodo Promina tiene en cuenta esta prioridad para el envío de información.

Ejemplo:

Se desea enviar la siguiente información de Ibagué (Nodo 9 ubicado en la regional¹ Cundinamarca) a Santa Marta (Nodo 45 ubicado en la regional Atlántico):

- ✓ 5 servicios de voz para aplicaciones de VHF con prioridad alta.
- ✓ 1 servicio de datos de 32 Kbps para aplicaciones SIGMA con prioridad media.
- ✓ 1 servicio de datos de 128 Kbps para aplicaciones PAF con prioridad baja.

La aplicación de VHF requiere de dos tarjetas de voz PVA/C con dos tarjetas traseras E&M, ubicadas en el Promina del nodo 9. En la primera se ocupan los cuatro puertos y en la segunda se usa un solo puerto. Estos puertos se programan con una prioridad 14.

La aplicación SIGMA requiere un puerto de la tarjeta de datos (PX-3 LWX) con tarjeta trasera ETH PLUS, el cual se programa a una tasa de transferencia de 32 Kbps y una prioridad 13.

La aplicación PAF requiere el uso de un puerto de la tarjeta de datos (PX-3 LWX) ubicada en el Promina del nodo 9, este puerto se debe configurar para una tasa de transferencia de 128 Kbps y una prioridad 12.

En cada equipo Promina, el módulo de procesamiento (generalmente ocupando el primer slot del shelf) reúne los datos provenientes de cada una de las interfaces de servicios conectados al nodo como datos o voz y los empaqueta en los canales de 64 Kbps de acuerdo a la prioridad asignada para ser luego enviados a través de las troncales para la transmisión teniendo en cuenta la prioridad asignada.

Como los datos VHF tienen la prioridad más alta, entonces, se envían por el primer canal del E1. Cada servicio de voz requiere un ancho de banda de 8 Kbps, se necesita un ancho de banda de 40 Kbps para los 5 servicios de voz. Como cada canal del E1 tiene un ancho de banda de 64 Kbps, del primer canal sobra un ancho de banda de 24 Kbps.

Los datos Sigma son los siguientes en enviarse por su prioridad. Estos datos ocupan el ancho de banda sobrante del primer canal (24 Kbps) y los 8 Kbps restantes se envían por el segundo canal. Los datos PAF de prioridad baja se envían al final y ocupan el

¹ Ver la sección 3.4, donde se muestran los esquemas de las regionales.

ancho de banda restante del segundo canal (56 Kbps), todos los 64 Kbps del tercer canal y 8 Kbps del cuarto canal del E1 para completar los 128 Kbps.

Los multiplexores Promina son dinámicos, es decir, en la configuración de un puerto de una tarjeta para un servicio no se le programa una ruta específica a seguir, a cada puerto origen se le configura el destino (el destino incluye el nodo destino, la tarjeta del Promina destino y el puerto específico de la tarjeta destino) y el sistema Promina de acuerdo a la infraestructura de la red elige los enlaces adecuados para llegar al destino (Santa Marta o nodo 45 en este caso).

En el nodo destino, el Módulo de Procesamiento del equipo Promina se encarga de seleccionar los datos de la Troncal y distribuirlos a los diferentes puertos de las tarjetas de voz y datos.

3.2.1 Tarjetas interfaz para acceder a la Red de Transporte. La Red de multiplexores Promina de la Aeronáutica Civil forma las troncales (unión entre dos nodos Promina) por medio de enlaces de microonda o por enlaces satelitales. Como se muestra en la tabla 5, de acuerdo al tipo de enlace se usan determinadas tarjetas frontales y traseras.

Para aproximadamente el 95% de la microondas se usan en el multiplexor la tarjeta troncal TRK-2 con la interfaz CEPT, el 5% restante de la microondas usa la tarjeta troncal TRK-3 con la tarjeta interfaz E1.

Para enlaces satelitales se usa en el equipo multiplexor la tarjeta troncal TRK-3 con la tarjeta interfaz STI-V35.

Tabla 5. Cuadro descriptivo de las tarjetas troncales Promina

Sistema de Transporte	Tarjeta Troncal	Tarjeta Interfaz	Capacidad de la Troncal
Microonda	TRK-2	CEPT	Máx. 2,048 Mbps (E1)
Microonda	TRK-3	E1	Máx. 2,048 Mbps (E1)
Satelital	TRK-3	STI-V35	64 Kbps – 2 Mbps

Adaptación de los autores

3.3 TOPOLOGÍA DE LA RED PROMINA DE LA UAEAC

La red de multiplexores de la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil está conformada por 52 Nodos, distribuidos en seis regionales como se aprecia en la figura 17 y los cuales se especifican a continuación:

Figura 17. Regionales de la red Promina de la UAEAC.

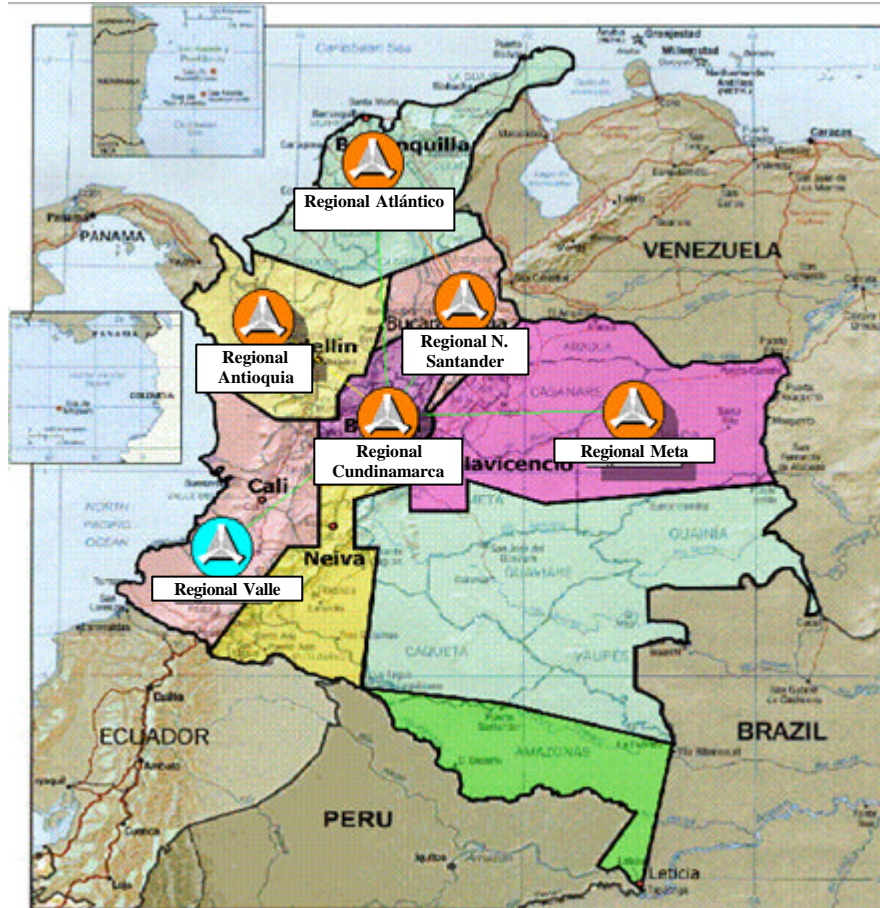


Imagen tomada del sistema de gestión Promina

3.3.1 Regional Cundinamarca. La regional de Cundinamarca está conformada por 11 nodos (ver tabla 6); El nodo del CNA es el principal de toda la red y el que más datos maneja. PBA y PBA2 son nodos de pruebas que se utilizan para realizar pruebas en el hardware de los equipos cuando éstos se encuentran averiados y hacerles los respectivos ajustes para ponerlos en funcionamiento nuevamente. El ID de esta regional es 2. En la figura 18 se muestra el esquema de red de esta regional.

Tabla 6. Nodos de la Regional Cundinamarca.

Descripción del lugar	Alias de locación	No. De nodo	Tipo Promina
C.N.A (El Dorado)	C.N.A (El Dorado)	1	800
Cerro Manjui	MJI	7	400
Cerro el Rosal	RSL	8	400
Guaymaral	GYM	4	400
Cerro el Tablazo	TBZ	5	400
Ibagué	IBG	9	200
Sala Técnica – CNA2	CNA2	2	800
Girardot	GDT	3	200
Telepuerto	CNATP	41	200
Tablazo2	TBZ2	6	400
nodo prueba	PBA	10	400
Nodo prueba 2	PBA2	11	400

Adaptación de los autores

Figura 18. Red Promina UAEAC – Regional Cundinamarca.

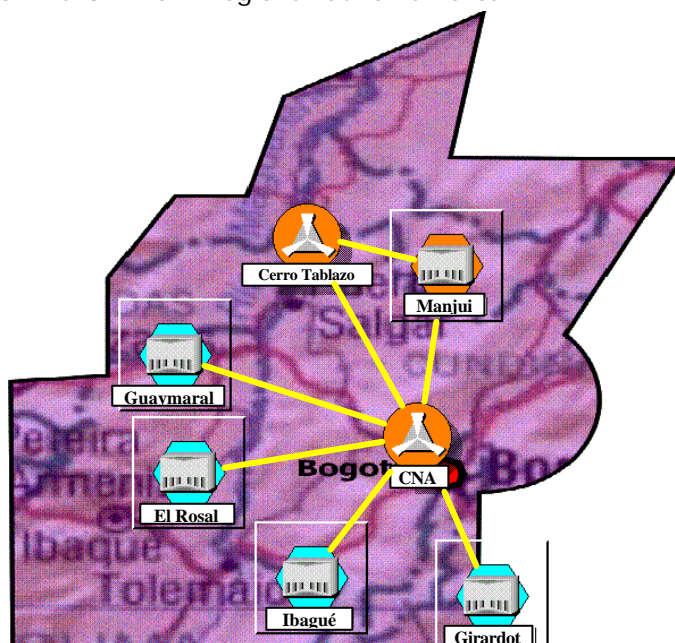


Imagen tomada del sistema de gestión Promina

3.3.2 Regional Costa Atlántica. La regional de la Costa Atlántica está constituida por nueve nodos los cuales se listan en la tabla 7. Esta regional se comunica con la regional de Cundinamarca a través de los nodos BAQ–CNA y BAQ–CNA2; y con la regional de Norte de Santander a través de los nodos CKY – JUR. El ID de esta regional es 3. En la figura 19 se muestra el esquema de la red de esta regional.

Tabla 7. Nodos de la Regional Costa Atlántica.

Descripción del lugar	Alias de locación	No. De nodo	Tipo Promina
Cerro Kennedy	CKY	42	400
Cerro Maco	MCO	43	400
Santa Marta	SMR	45	400
Cartagena	CTG	44	400
Tubará	Tubara	47	400
Barranquilla Airport	BAQ	40	800
Valledupar	VDP	46	200
Cerro Alguacil	ALG	49	400
Polo Nuevo	PLO	48	100M2

Adaptación de los autores

Figura 19. Red Promina UAEAC – Regional Costa Atlántica.

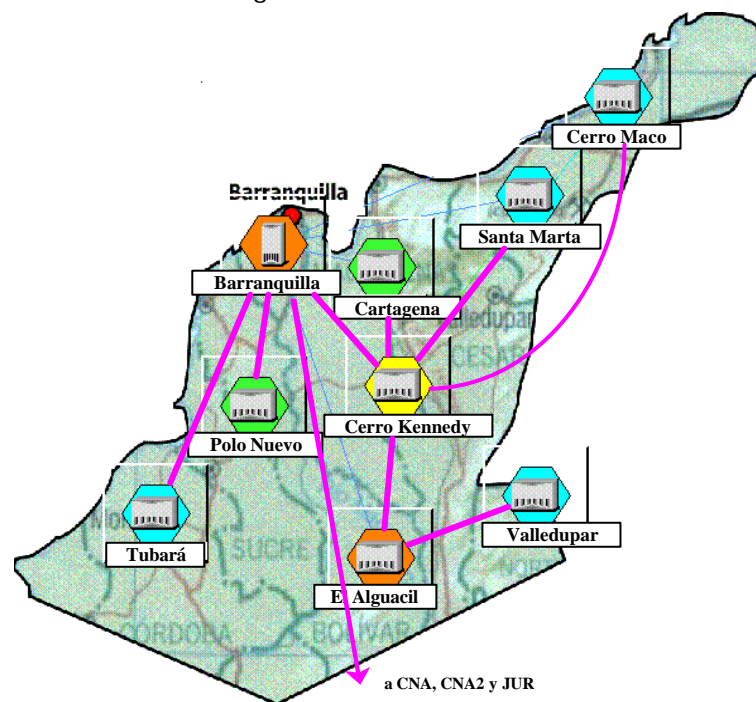


Imagen tomada del sistema de gestión Promina

3.3.3 Regional Antioquia. Los siete nodos que conforman la regional de Antioquia se especifican en la tabla 8. Esta regional se comunica con la regional de Cundinamarca a través de los nodos CVD–CNA, RNG–CNA2 y APD–CNATP. El ID de esta regional es 4. En la figura 20 se muestra el esquema de la red en la regional Antioquia con las respectivas Troncales.

Tabla 8. Nodos de la Regional Antioquia.

Descripción del lugar	Alias de locación	No. De nodo	Tipo Promina
Rio Negro	RNG	20	800
Cerro Verde	CVD	21	400
Olaya Herrera	OLY	22	400
Cerro Gordo	CGD	24	100M2
Cerro Santa Helena	STH	23	400
Apartado	APD	25	200
Apartado torre	APT-T	26	200

Adaptación de los autores

Figura 20. Red Promina UAEAC – Regional Antioquia.

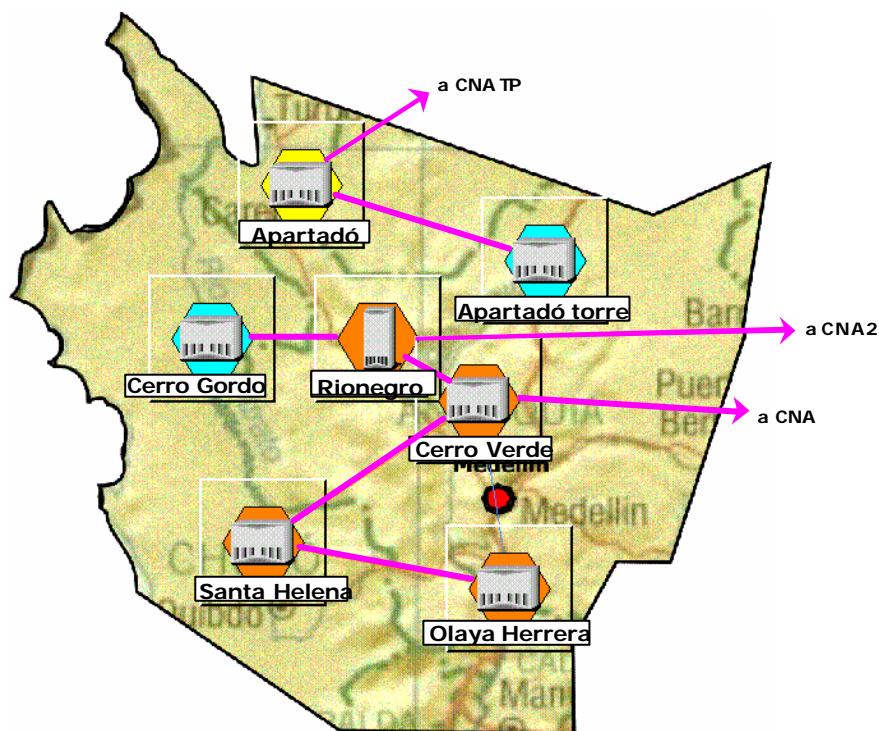


Imagen tomada del sistema de gestión Promina

3.3.4 Regional Valle. La regional del Valle la conforman nueve nodos los cuales se especifican en la tabla 9; Esta regional se conecta con la regional de Cundinamarca por medio de los nodos CLO-CNA, CMP-CNA, PEI-CNA, CMD-CNA y CMP-CNA2. El ID de esta regional es 5. En la figura 21 se muestra el esquema de la red en la regional del Valle.

Tabla 9. Nodos de la Regional Valle.

Descripción del lugar	Alias de locación	No. De nodo	Tipo Promina
Cartago	CTO	70	400
Cali	CLO	60	800
Cerro Santa Ana	ANA	66	400
Pereira	PEI	63	400
Armenia	AXM	64	400
Popayán	PPY	65	400
Cerro Campanario	CMP	69	400
Cali airport	CPT	62	400
Cerro Madroño	CMD	71	400

Adaptación de los autores

Figura 21. Red Promina UAEAC – Regional Valle.

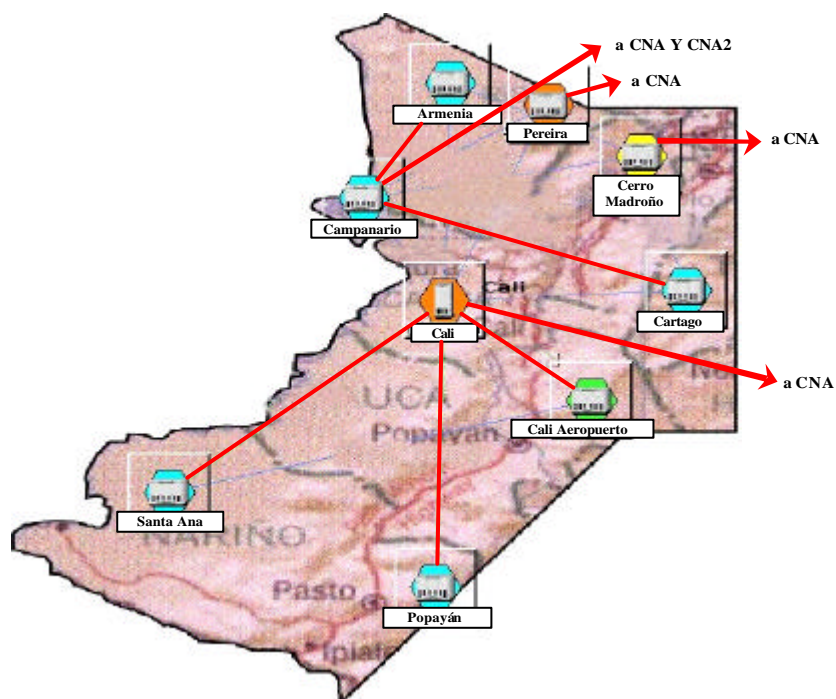


Imagen tomada del sistema de gestión Promina

3.3.5 Regional Norte de Santander. Esta regional está constituida por catorce nodos especificados en la tabla 10; La regional Norte de Santander se conecta con la regional del Atlántico por medio de los nodos CNA–JUR y con la regional Cundinamarca por medio de los nodos JUR–CNA y JUR–CNA2. El ID de esta regional es 6. En la figura 22 se muestra el esquema de la red en la regional del Valle.

Tabla 10. Nodos de la Regional Norte de Santander.

Descripción del lugar	Alias de locación	No. De nodo	Tipo Promina
Cucuta Airport	CUC	80	800
Cucuta Tower	CUC-TWR	81	200
Bucaramanga Airport	BGA-TWR	82	800
Bucaramanga Tower	BGA-TWR	83	400
Cerro Jurisdicciones	JUR	84	800
Arauca	AUC	85	400
Barrancabermeja	EJA	90	400
Ocaña	OCN	89	400
Saravena	SVA	88	400
Tame	TME	87	400
Arauca Tower	AUC-T	86	200
picacho	PCH	93	400
Cerro la Virgen	VRG	92	400
Cerro Oriente	ORT	91	100M2

Adaptación de los autores

Figura 22. Red Promina UAEAC – Regional Norte de Santander.

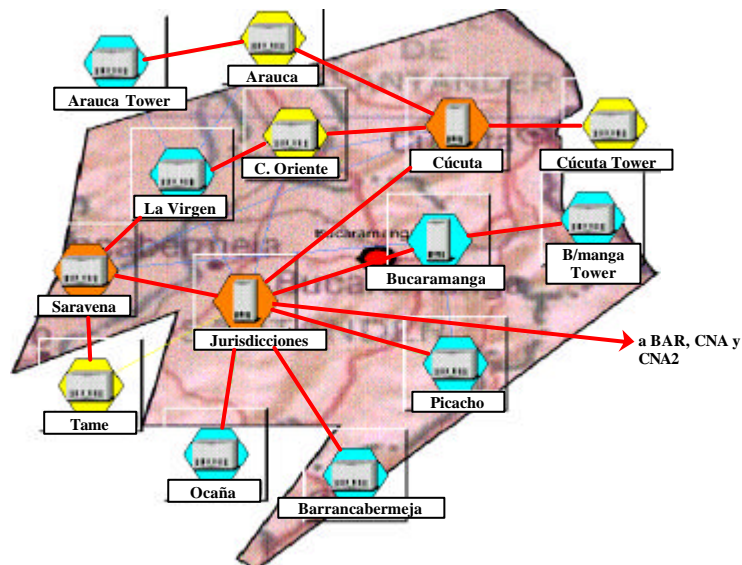


Imagen tomada del sistema de gestión Promina

3.3.6 Regional Meta. La regional del Meta está conformada por dos nodos los cuales se especifican en la tabla 11; Esta regional se conecta con la regional de Cundinamarca por medio de los nodos VVC-CNA2. El ID de esta regional es 7. En la figura 23 se muestra el esquema de la red en la regional del Valle.

Tabla 11. Nodos de la Regional Meta.

Descripción del lugar	Alias de locación	No. De nodo	Tipo Promina
Villavicencio airport	VVC	100	800
Cerro el Tigre	CTG	102	400

Adaptación de los autores

Figura 23. Red Promina UAEAC – Regional Meta.

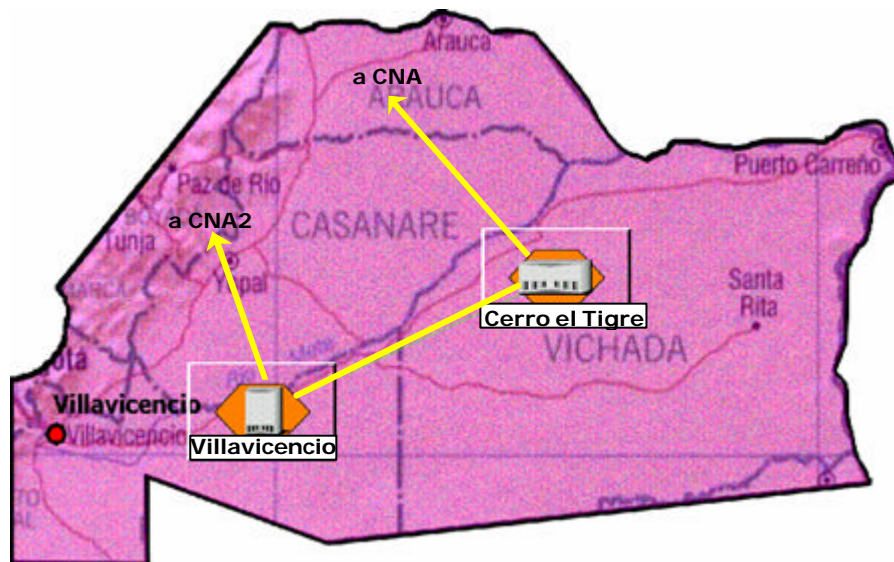


Imagen tomada del sistema de gestión Promina

3.4 SERVICIOS DE LA RED DE MULTIPLEXORES PARA LA UAEAC

En la tabla 12 se muestra la tasa de transmisión para cada uno de los servicios de la UAEAC y el tipo de interfaz usada. De la tabla se nota que todos los servicios de voz se transmiten a 8 Kbps y en los servicios de datos la tasa de transmisión varía de 1.2 Kbps a 256 Kbps. Estos datos de tasas de transmisión se emplean en la programación de las tarjetas de voz y datos del equipo Promina.

Tabla 12. Resumen de las interfaces y tasas de transmisión de los servicios distribuidos por la red Promina

SERVICIO	INTERFAZ	TASA DE TX
PBX (voz)	FXO-FXS,4wE&M,E1	8 k
ATS (voz)	FXO-FXS,4wE&M,E1	8 k
HOT LINE (voz)	FXS-FXS	8 k
AFTN (datos)	RS 232	1.2 k y 9.6 k
PAF/PISTA (datos)	10Base T	256 k,64 k,128 k
ISDN (datos)	BRI	144 k
RADAR (datos)	RS 232 (DB 25)	19.2 k
VHF-ER (voz y datos)	4wE&M, RS 232	8 k y 4.8 k
SIGMA (datos)	10Base T	32 k

Documentos internos UAEAC

A continuación se describirán brevemente cada uno de los servicios:

PBX: Central de conmutación de llamadas telefónicas de voz para coordinación técnica y administrativa entre los diferentes aeropuertos y estaciones aeronáuticas a nivel nacional. Usan los equipos marca Ericsson modelo MD-110.

ATS: Es el sistema de conmutación para la prestación de los servicios de tránsito aéreo a nivel nacional e internacional entre los diferentes aeropuertos y centros de control. La red de comunicaciones ATS es definida como un sistema conmutado que asegura coordinación por medio de voz entre los centros de control de tráfico aéreo conectados como suscriptores a una central de conmutación en Bogotá. Usa el equipo Central de conmutación marca Harris modelo 20-20.

HOT LINE: línea telefónica directa.

AFTN: se define como un Sistema completo de circuitos fijos aeronáuticos dispuestos como parte del servicio fijo aeronáutico, para el intercambio de mensajes y/o datos numéricos entre estaciones fijas aeronáuticas.

PAF: es el sistema de apoyo a las labores de Planeación, Administración y Financieras de la Entidad, dándole la herramienta de Información Gerencial a la alta Dirección para la toma oportuna de decisiones, basándose en la información en tiempo real suministrada por el sistema.

PISTA: es el Proyecto de Información para los Servicios de Tránsito Aéreo, el cual apoya la función fundamental de la operación aérea en las torres de control y centros de control del país. Adicionalmente, en este sistema se recopila la información de servicios de tránsito aéreo para efectos estadísticos y facturación en el área financiera.

Lleva el registro y control de las llegadas y salidas de vuelos en las torres y centros de Control de los aeropuertos del país en tiempo real, contando con 140 usuarios. Esta aplicación tiene el control de los planes de vuelos e itinerarios, manejando la asignación de horarios y slots de vuelos.

ISDN: Red digital de servicios integrados (transmisión de datos).

RADAR: Red de transmisión de datos entre (video sintetizado) cabezas radar y centros de control, para integración de la información de los diferentes sectores controlados en los centros y visualización en la red local.

Cada una de las estaciones remotas (cabeza de radar) constituye un punto nodal, mientras que las estaciones o centros de control constituyen los puntos de concentración de la información o nodos principales.

VHF-ER: La red de comunicaciones de VHF-ER, es la encargada de suministrar las comunicaciones de voz aire-tierra-aire del servicio móvil aeronáutico para el control de tránsito aéreo de las aeronaves que cruzan el espacio aéreo en Colombia.

SIGMA: sistema que maneja la gestión del mantenimiento aeronáutico.

3.5 MANUALES DE OPERACIÓN DE LOS EQUIPOS DE LA RED DE MULTIPLEXORES

La Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil posee manuales de operación en cada uno de los nodos de la red a nivel nacional. Estos manuales de operación se encuentran en medio magnético (un CD proveído por la firma Network Equipment Technologies) y también impresos en manuales de usuario.

Básicamente, los manuales o guías de referencia rápidas contienen información concerniente al hardware del sistema, requerimientos del sistema, módulos de los equipos Promina (módulos de voz, de datos y troncales), interfaz del operador y mensajes de alarmas, entre otros.

Además, se dispone de las mismas ayudas en la Intranet de la institución a disposición de cualquier persona con derecho a ésta red. La dirección en la Intranet es: <http://promina/aerocivil> y se encuentra información concerniente a alarmas y eventos, equipos Promina, configuración del nodo, interfaz de operador, módulos procesadores, módulos troncales, módulos de voz, instalación de equipos y administración del nodo, entre otros.

3.6 INTERFAZ DE ACCESO A LA RED DE MULTIPLEXORES

La interfaz de operador se usa para configurar cada nodo en la red (por ejemplo, configurar prioridades, enlaces y atributos de enrutamiento del puerto). Toda la información de la configuración del nodo se guarda en una base de datos. Después de ser configurado, el nodo realiza varias operaciones automáticamente, incluyendo

enrutamiento dinámico, enrutamiento alterno automático y selección de ancho de banda dinámico

La interfaz de operador también se usa para revisar la configuración de la base de datos, hacer pruebas diagnósticas, obtener estadísticas, monitorear condiciones alarma, ver el estado de la red, visualizar cada Shelf de toda la red, instalar y desinstalar nodos y realizar otras operaciones de red.

Para esta interfaz, se utiliza un computador SUN Microsystems con sistema operativo UNIX en el cual se monta la interfaz gráfica de usuario utilizando una base de datos en ORACLE en donde se ingresa con una sesión de Telnet introduciendo un nombre de usuario y una contraseña.

Una vez en el sistema, el usuario tiene la posibilidad de operar el software en dos modos: modo experto y modo normal; El modo Experto significa que los comandos se digitan directamente en la línea de comandos sin mostrar ningún menú y permite consultar tipos de tarjetas específicos, especificar IDs de los dispositivos en la línea de comandos, obtener información más eficientemente usando opciones de comandos; el modo normal significa que todas las acciones se dan por medio de selección de menús

La interfaz de operador también provee alarmas detalladas e información de eventos que incluyen cambios de estado de recursos de la red, violaciones de seguridad, cambios de conectividad, tasas de error de bits de las troncales, fallas de puerto etc.

Las alarmas están asignadas en cuatro niveles que indican su severidad y se muestran en pantalla de la siguiente manera:

- ✓ Color azul: Alarma informativa → indica un problema que se debería investigar (como por ejemplo una alta tasa de error de bits en una troncal)
- ✓ Color amarillo: Alarma menor → requiere acción de mantenimiento (por ejemplo, una alarma amarilla de una troncal)
- ✓ Color naranja: Alarma mayor → requiere acción urgente (por ejemplo, la caída de una troncal)
- ✓ Color rojo: Alarma crítica → requiere acción inmediata (por ejemplo, cuando una tarea de la troncal no está activa)

*Si no se presenta ningún tipo de alarma, el nodo se visualiza con color verde.

4 SISTEMA DE COMUNICACIONES VHF DE ALCANCE EXTENDIDO

El sistema de VHF de alcance extendido es un sistema VHF de comunicación aire-tierra de doble vía empleando transmisores VHF de alta potencia. EL rango normal de VHF de 150 a 200 millas náuticas¹ es extendido alrededor de 350 millas náuticas.

El sistema VHF-ER de la Aeronáutica Civil es utilizado para suministrar las comunicaciones de voz aire-tierra-aire dentro del Servicio Móvil Aeronáutico (AMS), para propósitos del control del tráfico aéreo en el espacio bajo control del país, tanto en niveles superiores a 20.000 pies de altura para sectores de UTA (Upper Terminal Area), como en niveles inferiores para las CTAs (Control Terminal Area) conforme lo requieran el servicio ATS, de acuerdo a los requerimientos operacionales establecidos en los diferentes espacios aéreos.

El sistema VHF-ER, para una facilidad aeronáutica específica (servicios de ruta, Oficina de Control de Aproximación (Approach Control Office – APP), Servicio de Información de Vuelo (Flight Information Service – FIS), y emergencia), hace uso de un grupo de estaciones remotas instaladas en sitios elevados diferentes, las cuales operando simultáneamente permiten en su conjunto la cobertura del total permitida frente al volumen de área requerido. Dichas estaciones remotas pueden estar ubicadas en el área de incidencia de la Regional responsable de la facilidad o incluso ser la combinación de estaciones dentro y fuera de dicha Regional.

El sistema cuenta con la tecnología de portadora desplazada, la cual garantiza la operación simultánea de múltiples estaciones desde un mismo centro de control, transmitiendo la misma frecuencia con la mayor separación de OFF-SET entre estaciones adyacentes, para reducir las interferencias que se puedan presentar por los productos de intermodulación, teniendo en cuenta las recomendaciones del anexo 10 de la OACI para este fin².

Con la combinación de las coberturas independientes ofrecidas por las diferentes estaciones remotas, cualquier aeronave en comunicación, dentro del sector del espacio aéreo establecido a la posición de control ATC, será recibida al menos por una estación y su mensaje. En sentido de recepción, todas las señales útiles provenientes de la detección de una comunicación de una aeronave son transmitidas a un sistema de selección de la mejor señal (EMS Elección de Mejor Señal - "Voting") que asegura que en la posición de control se contará con la señal más nítida de la comunicación. En cada estación remota se cuenta con equipos transmisores y receptores en configuración (1+1) con selección automática o manual del equipo que se encuentre en mejores condiciones técnicas para la operación, igualmente la misma función está

¹ 1 Milla Náutica equivale a 1852 metros.

² Múltiples transmisores operados simultáneamente desde un mismo centro con la misma frecuencia nominal deberán emplear la modalidad de portadora desplazada con relación a la frecuencia nominal F_0 . Es decir, si un centro de control tiene frecuencia nominal F_0 y controla, por ejemplo, tres estaciones remotas, una estación tendrá que transmitir a una frecuencia F_0 , la otra a $F_0+8\text{kHz}$ y la última a $F_0-8\text{kHz}$. Esto con el fin de reducir las interferencias que se puedan generar por los productos de intermodulación.

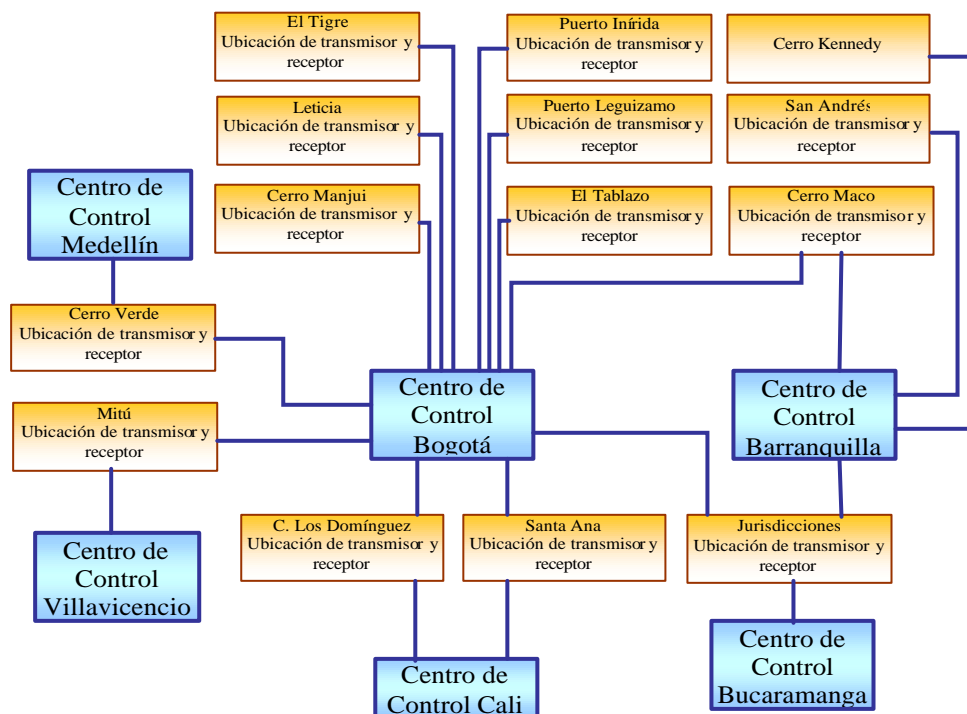
disponible para los canales de comunicación entre la estación remota y el centro de control. El sistema cuenta con una aplicación de software bajo ambiente Windows, que realiza las funciones de Telemonitoreo y Telecontrol de los equipos de las estaciones remotas desde el centro de control en donde son presentadas en pantalla por un PC., la cual, además de realizar las funciones de conmutación automática o manual de equipos y líneas de transmisión, presenta el estado real de los equipos en pantalla con operación de las funciones del panel frontal, igualmente la medición y presentación de los parámetros principales de operación de los equipos en pantalla y estadísticas de fallas.

*Para más información del sistema VHF consultar el anexo F

4.1 DISTRIBUCIÓN DE ESTACIONES Y CENTROS DE CONTROL EN COLOMBIA

En la figura 24 se puede observar la distribución de los diferentes centros de control y las estaciones remotas las cuales son controladas por dichos centros de control. De esta manera se aprecia que algunas estaciones pueden ser controladas desde más de un centro de control, como en el caso de Jurisdicciones, Cerro Maco, Santa Ana, Cerro los Domínguez, Cerro Verde y Mitú. Cada estación remota contiene varios transmisores monocanales PAE 5350 VHF y receptores monocanales 5100 VHF montados en bastidor. Las estaciones remotas se unen con los centros de control respectivos por un enlace de comunicación terrestre suministrado por el usuario o por satélite

Figura 24. Distribución de los centros de control y estaciones del sistema VHF -ER



Adaptación de los autores

4.2 ESTRUCTURA DEL ESPACIO AÉREO COLOMBIANO

El espacio aéreo en Colombia está dividido según el nivel de vuelo para las aeronaves, esto es, para alturas de vuelo superiores a 20000 pies (6094 m) se denomina espacio aéreo superior y para alturas de vuelo inferiores a 20000 pies se denomina espacio aéreo inferior.

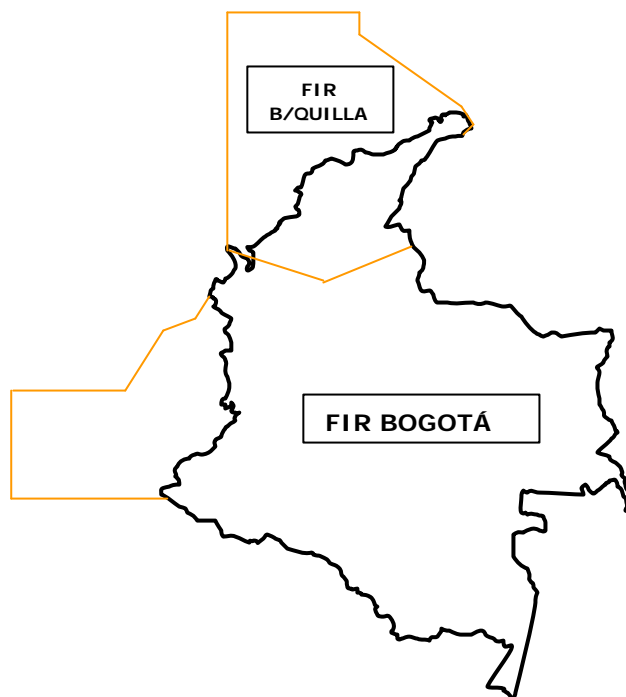
En cada una de las dos denominaciones, existen diferentes frecuencias para la comunicación aire-tierra, es decir, para niveles superiores, se operan determinadas frecuencias para cubrir la totalidad del espacio aéreo en Colombia y para niveles inferiores se operan otras frecuencias para tratar de cubrir el mismo espacio aéreo para otras alturas de vuelo

4.2.1 Espacio aéreo superior. El espacio aéreo superior cubre todo el territorio nacional desde 20 000 pies hacia arriba. En todo este espacio aéreo se presta el servicio de control de tránsito aéreo, en regiones que se denominan FIR (Flight Information Region). Colombia se encuentra dividida en dos FIR a saber:

- ✓ FIR BARRANQUILLA: Con centro en Barranquilla.
- ✓ FIR BOGOTÁ: Con centro en Bogotá.

En la figura 25 se muestra el mapa de la distribución de la FIR de Barranquilla y Bogotá en el país.

Figura 25. Mapa de la delimitación de la FIR de Bogotá y la FIR de Barranquilla



Adaptación de los autores

- *Frecuencias y estaciones de la FIR Bogotá.* En la tabla 13 se especifican cada una de las estaciones que operan a las diferentes frecuencias de la FIR Bogotá a niveles superiores para el sistema de VHF de alcance extendido, así como la cantidad de equipos instalados en dichas estaciones. En total para la FIR Bogotá, operan 92 equipos de los cuales 46 son para la recepción y 46 para la transmisión

Tabla 13. Frecuencias y estaciones de la FIR Bogotá niveles superiores

FIR BOGOTÁ			
Frecuencia 123.7 MHz	Frecuencia 125.1 MHz	Frecuencia 128.6 MHz	Frecuencia 128.8 MHz
El Tablazo Cerro Maco Cerro Verde Manjui Apartadó	El Tablazo Dominguez Santa Ana Puerto Leguizamo Manjui	Jurisdicciones Puerto Inírida El Tigre Carimagua Arauca El Tablazo	Aracacara Puerto Leguizamo Puerto Inírida El Tigre Leticia Mitú El Tablazo
Total Equipos: 20	Total Equipos: 20	Total Equipos: 24	Total Equipos: 28

Adaptación de los autores

- *Frecuencias y estaciones de la FIR Barranquilla:* En la tabla 14 se especifican cada una de las estaciones que operan a las diferentes frecuencias de la FIR Barranquilla a niveles superiores para el sistema de VHF de alcance extendido, así como la cantidad de equipos instalados en dichas estaciones. En total para la FIR Barranquilla, operan 24 equipos de los cuales 12 son para la recepción y 12 para la transmisión

Tabla 14. Frecuencias y estaciones de la FIR Bogotá niveles superiores

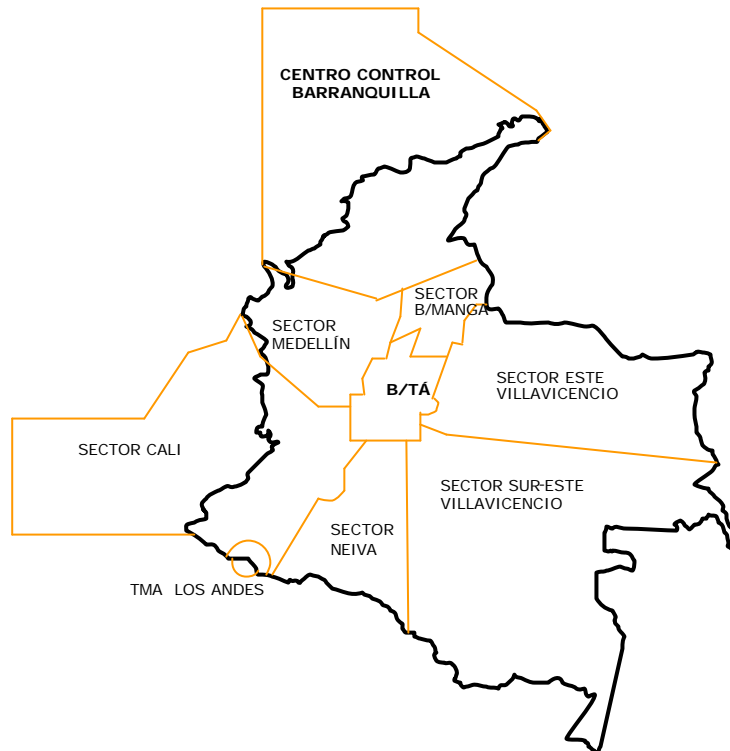
FIR BARRANQUILLA	
Frecuencia 124.2 MHz	Frecuencia 128.4 MHz
Jurisdicciones Cerro Maco	San Andrés Cerro Maco Cerro Kennedy
Total Equipos: 8	Total Equipos: 12

Adaptación de los autores

4.2.2 Espacio aéreo inferior. El espacio aéreo inferior está conformado por los sectores de las FIR de Barranquilla y Bogotá, éstos son el centro de control Barranquilla, el centro de Control Bogotá, FIR Bogotá sector Este Villavicencio, FIR Bogotá sector Sur-Este Villavicencio, FIR Bogotá sector Neiva, FIR Bogotá sector Medellín y FIR Bogotá sector Bucaramanga.

En la figura 26 se muestra la distribución geográfica del espacio aéreo colombiano para niveles inferiores.

Figura 26. Distribución del espacio aéreo colombiano para niveles inferiores



Adaptación de los autores

- *FIR Bogotá sector Villavicencio.* En la tabla 15 se especifican cada una de las estaciones que operan a las diferentes frecuencias de la FIR Bogotá sector Villavicencio en niveles inferiores, así como la cantidad de equipos instalados. En total operan 60 equipos de los cuales 30 son para la recepción y 30 para la transmisión

Tabla 15. Frecuencias y estaciones FIR Bogotá sec. Villavicencio para niveles inferiores

FIR BOGOTÁ SECTOR VILLAVICENCIO			
Frecuencia 119.3 MHz	Frecuencia 121.5 MHz	Frecuencia 127.0 MHz	Frecuencia 127.3 MHz
El Tigre El Yopal	Arauca Carimagua El Tigre	Arauca Carimagua El Tigre	La Pedrera San José Puerto Inírída Mitú Aracuara Puerto Leguizamo El Tigre
Total Equipos: 8	Total Equipos: 12	Total Equipos: 12	Total Equipos: 28

Adaptación de los autores

- *FIR Bogotá sector Cali.* En la tabla 16 se especifican cada una de las estaciones que operan a las diferentes frecuencias de la FIR Bogotá sector Cali en niveles inferiores para el sistema de VHF de alcance extendido, así como la cantidad de equipos instalados en dichas estaciones. En total operan 32 equipos de los cuales 16 son para la recepción y 16 para la transmisión

Tabla 16. Frecuencias y estaciones de la FIR Bogotá sector Cali para niveles inferiores

FIR BOGOTÁ SECTOR CALI		
Frecuencia 119.1 MHz	Frecuencia 121.5 MHz	Frecuencia 126.7 MHz
Santa Ana Los Domínguez	Santa Ana Los Domínguez Tumaco	Santa Ana Los Domínguez Tumaco
Total Equipos: 8	Total Equipos: 12	Total Equipos: 12

Adaptación de los autores

- *FIR Bogotá sector Medellín.* En la tabla 17 se especifican cada una de las estaciones que operan a las diferentes frecuencias de la FIR Bogotá sector Medellín en niveles inferiores para el sistema de VHF de alcance extendido, así como la cantidad de equipos instalados en dichas estaciones. En total operan 20 equipos de los cuales 10 son para la recepción y 10 para la transmisión

Tabla 17. Frecuencias y estaciones de la FIR Bogotá sector Medellín para niveles inferiores

FIR BOGOTÁ SECTOR MEDELLÍN		
Frecuencia 121.1 MHz	Frecuencia 121.5 MHz	Frecuencia 127.2 MHz
Cerro Verde	Cerro Verde Apartadó	Cerro Verde Apartadó
Total Equipos: 4	Total Equipos: 8	Total Equipos: 8

Adaptación de los autores

- *Centro de control Barranquilla:* En la tabla 18 se especifican cada una de las estaciones que operan a las diferentes frecuencias del Centro de control Barranquilla en niveles inferiores para el sistema de VHF de alcance extendido, así como la cantidad de equipos instalados en dichas estaciones. En total operan 40 equipos de los cuales 20 son para la recepción y 20 para la transmisión

Tabla 18. Frecuencias y estaciones del centro de Control Barranquilla para niveles inferiores

CENTRO DE CONTROL BARRANQUILLA		
Frecuencia 119.1 MHz	Frecuencia 121.5 MHz	Frecuencia 127.5 MHz
Cerro Kennedy	Cerro Kennedy Riohacha Valledupar Montería	Cerro Kennedy Riohacha Valledupar Montería Cerro Maco
Total Equipos: 4	Total Equipos: 16	Total Equipos: 20

Adaptación de los autores

- *FIR Bogotá sector Bucaramanga*. En la tabla 19 se especifican cada una de las estaciones que operan a las diferentes frecuencias de la FIR Bogotá sector Bucaramanga en niveles inferiores para el sistema de VHF de alcance extendido, así como la cantidad de equipos instalados en dichas estaciones. En total operan 12 equipos de los cuales 6 son para la recepción y 6 para la transmisión

Tabla 19. Frecuencias y estaciones de la FIR Bogotá sector Bucaramanga para niveles inferiores

FIR BOGOTÁ SECTOR BUCARAMANGA		
Frecuencia 119.0 MHz	Frecuencia 121.5 MHz	Frecuencia 126.7 MHz
Jurisdicciones	Jurisdicciones	Jurisdicciones
Total Equipos: 4	Total Equipos: 4	Total Equipos: 4

Adaptación de los autores

- *Centro de control Bogotá*. En la tabla 20 se especifican cada una de las estaciones que operan a las diferentes frecuencias del Centro de Control Bogotá en niveles inferiores para el sistema de VHF de alcance extendido, así como la cantidad de equipos instalados en dichas estaciones. En total operan 60 equipos de los cuales 30 son para la recepción y 30 para la transmisión

Tabla 20. Frecuencias y estaciones del centro de Control Bogotá para niveles inferiores

CENTRO DE CONTROL BOGOTÁ		
Frecuencia 119.5 MHz	Frecuencia 119.7 MHz	Frecuencia 121.3 MHz
El Tablazo Manjui	El Tablazo Manjui	El Tablazo Manjui
Frecuencia 121.5 MHz	Frecuencia 126.9 MHz	Frecuencia 127.5 MHz
El Tablazo Manjui	El Tablazo Manjui	Neiva Cerro Neiva Florencia Puerto Asís Puerto Leguizamo
Total Equipos: 8	Total Equipos: 8	Total Equipos: 20

Adaptación de los autores

- *TMA Los Andes*. La única estación que opera en la TMA Los Andes es la ubicada en el cerro Iscuazán, que opera a una frecuencia 120.1MHz y posee 4 equipos, de los cuales 2 son utilizados para la transmisión y 2 para la recepción.

4.3 MAPAS DE COBERTURAS DE VHF-ER

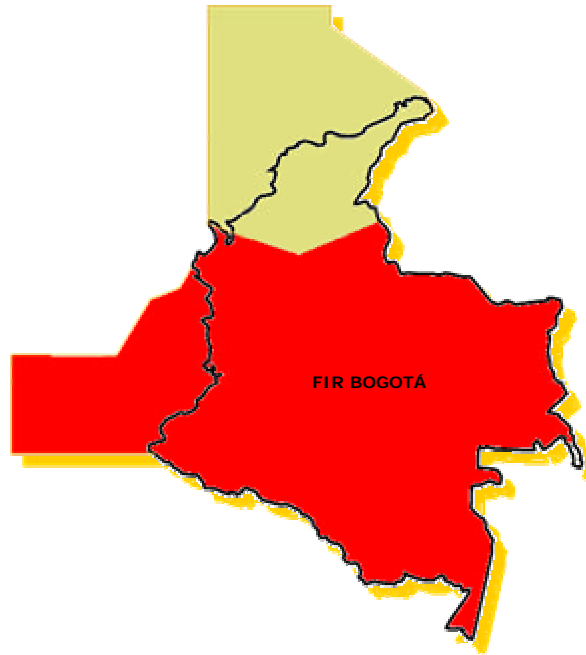
Los mapas correspondientes a las coberturas de VHF de alcance extendido tanto para niveles superiores como para niveles inferiores se realizaron usando el software Pathloss 4.0, el cual permite calcular coberturas teniendo en cuenta la topología de la zona y los diferentes parámetros de los equipos utilizados (potencia de las antenas, ganancia de las antenas, patrones de radiación etc.) y condiciones atmosféricas, estos mapas se muestran de acuerdo a la siguiente clasificación:

NOTA: Para más detalles acerca del uso del software Pathloss 4.0 para el cálculo de coberturas de VHF de alcance extendido favor remitirse al Apéndice C.

4.3.1 Frecuencias para Niveles Superiores.

- *FIR Bogotá*. La FIR Bogotá cubre el sector centro y sur del país como se observa en la figura 27

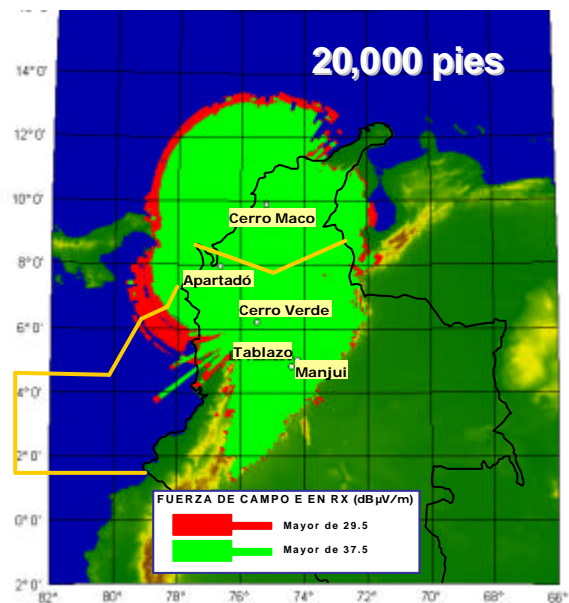
Figura 27. Mapa del área de la FIR Bogotá



Adaptación de los autores

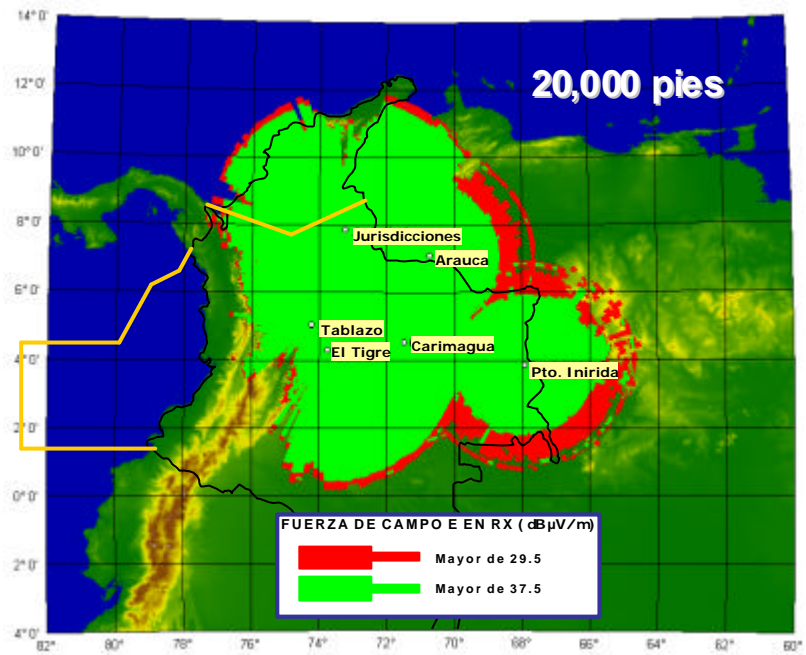
Los mapas de cobertura de las frecuencias pertenecientes a la FIR Bogotá se muestran a continuación:

Figura 28. Cobertura VHF-ER Frecuencia 123.7 MHz



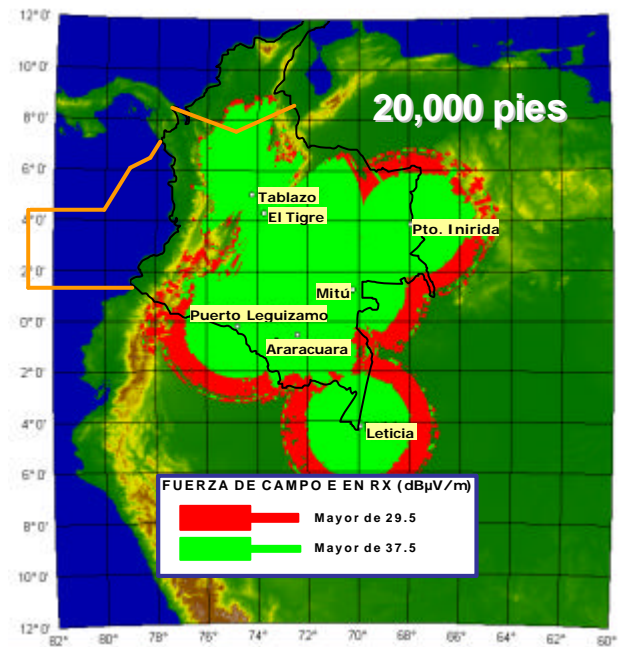
Mapa generado por Pathloss 4.0

Figura 29. Cobertura VHF-ER Frecuencia 128.6 MHz



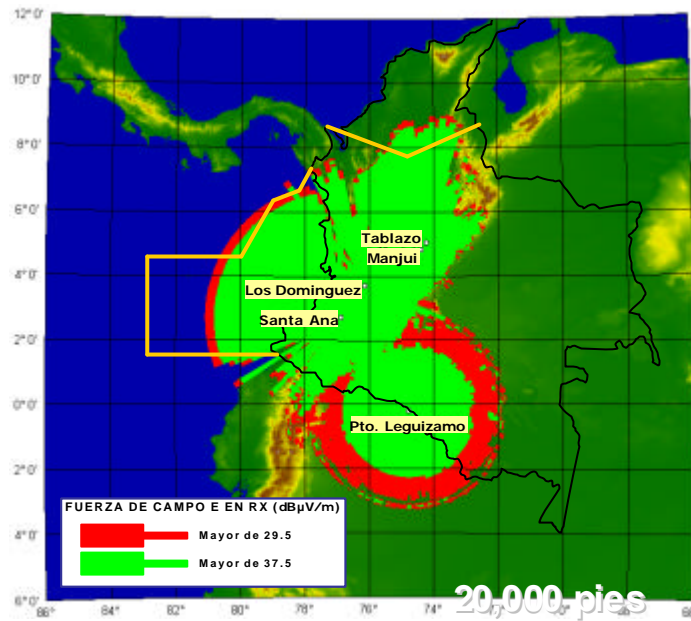
Mapa generado por Pathloss 4.0

Figura 30. Cobertura VHF-ER Frecuencia 128.8 MHz



Mapa generado por Pathloss 4.0

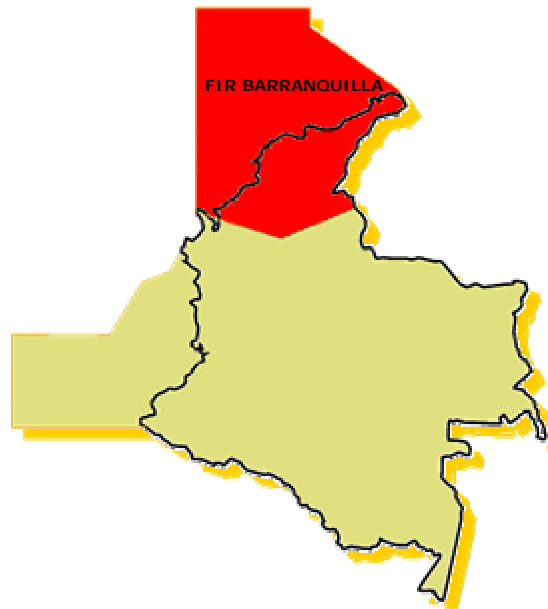
Figura 31. Cobertura VHF-ER Frecuencia 125.1 MHz



Mapa generado por Pathloss 4.0

- *FIR Barranquilla*. La FIR Barranquilla cubre el sector norte del país como se observa en la siguiente figura:

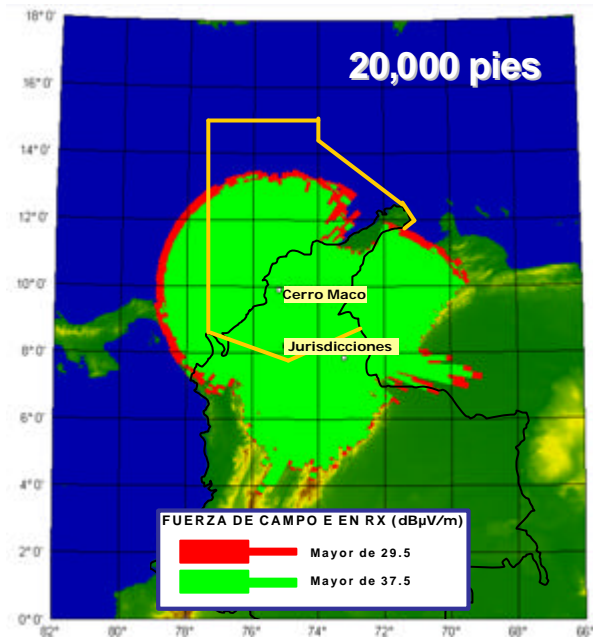
Figura 32. Mapa del área de la FIR Barranquilla



Adaptación de los autores

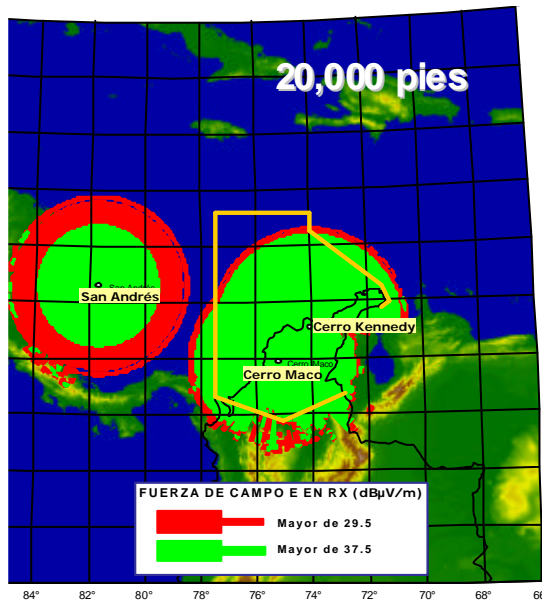
Los mapas de cobertura de las frecuencias pertenecientes a la FIR Barranquilla se muestran a continuación

Figura 33. Cobertura VHF-ER Frecuencia 124.2 MHz



Mapa generado por Pathloss 4.0

Figura 34. Cobertura VHF-ER Frecuencia 128.4

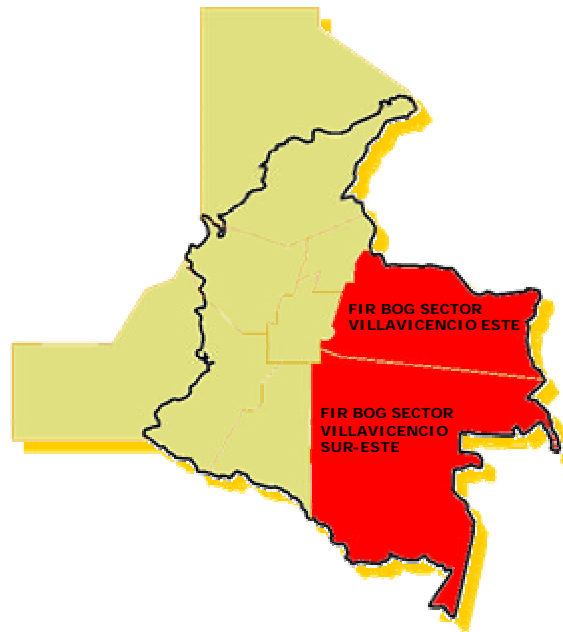


Mapa generado por Pathloss 4.0

4.3.2 Frecuencias para Niveles Inferiores.

- *Sala de radar Villavicencio (TMA)*. En la figura 35 se muestra el área del Sector Villavicencio de la FIR Bogotá

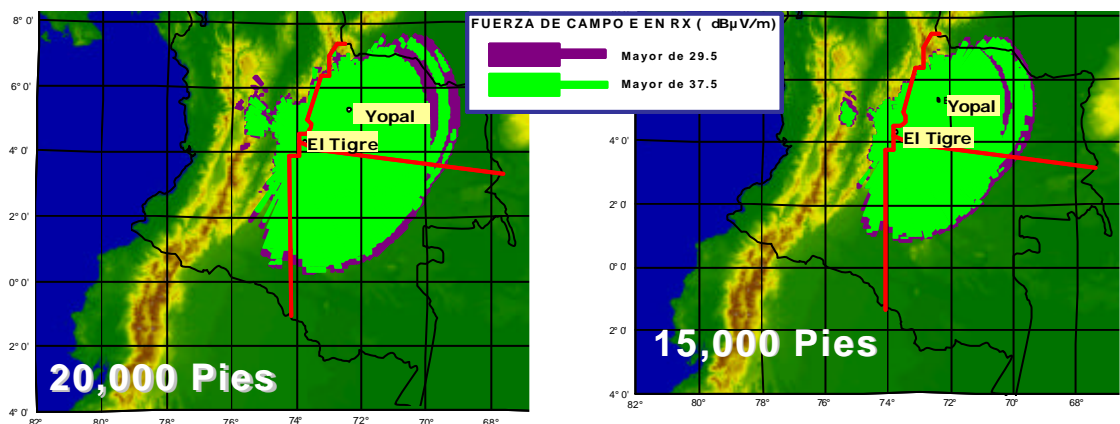
Figura 35. Mapa del área de la FIR Bogotá Sector Villavicencio

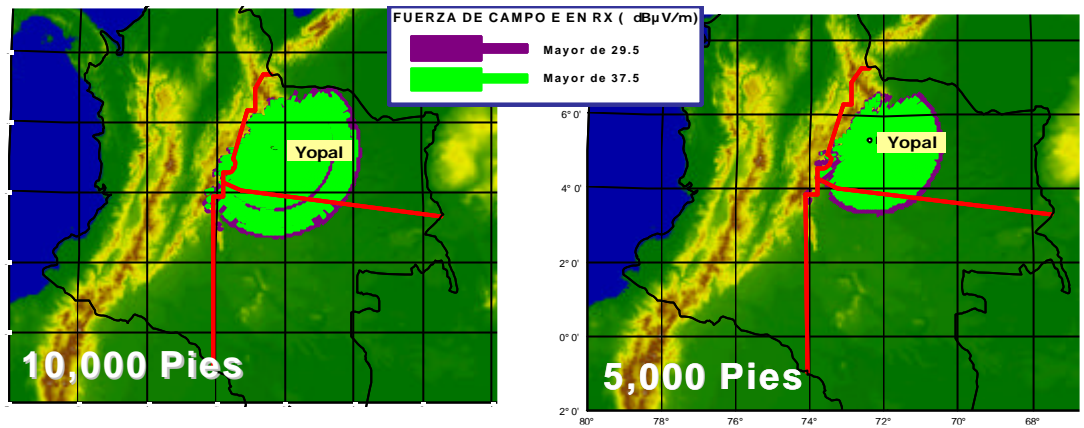


Adaptación de los autores

Los mapas de cobertura de las frecuencias del sector Villavicencio son:

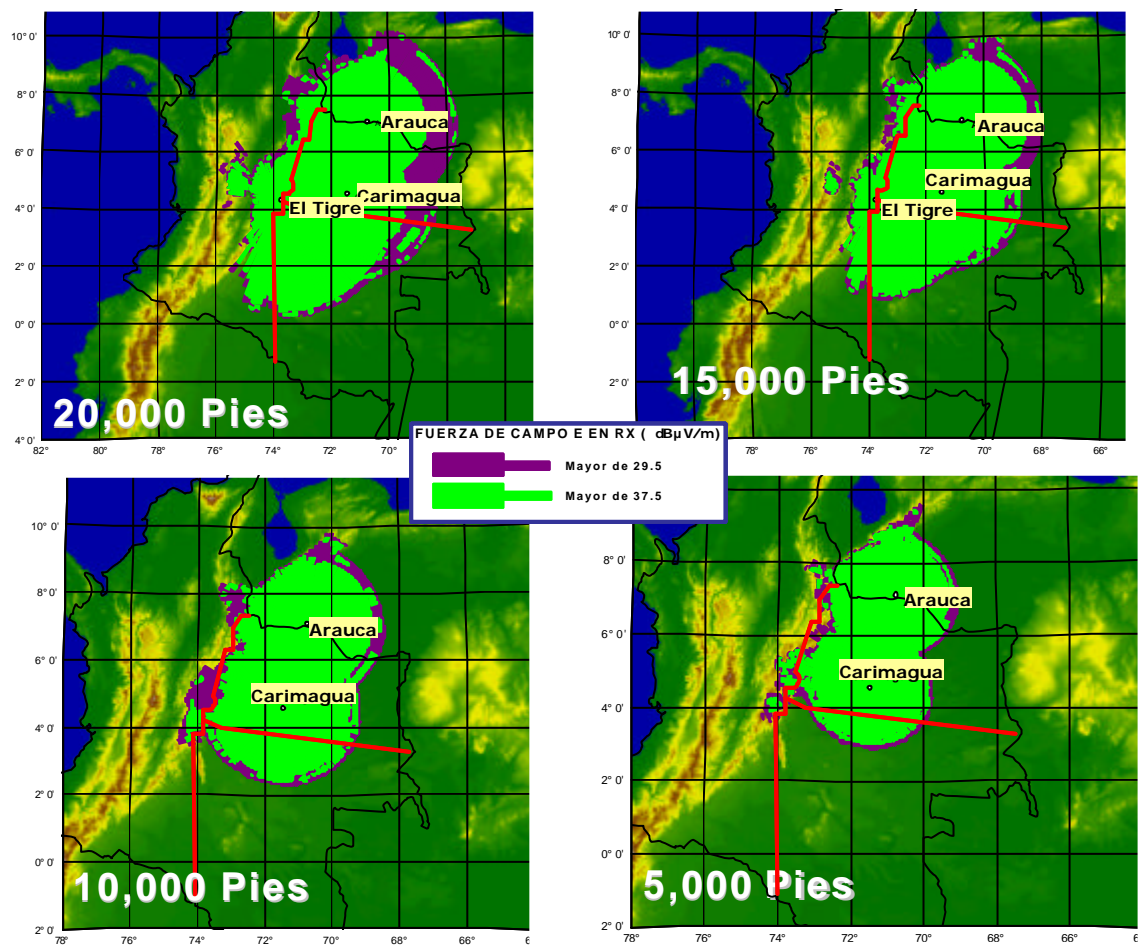
Figura 36. Cobertura VHF-ER frecuencia 119.3 MHZ





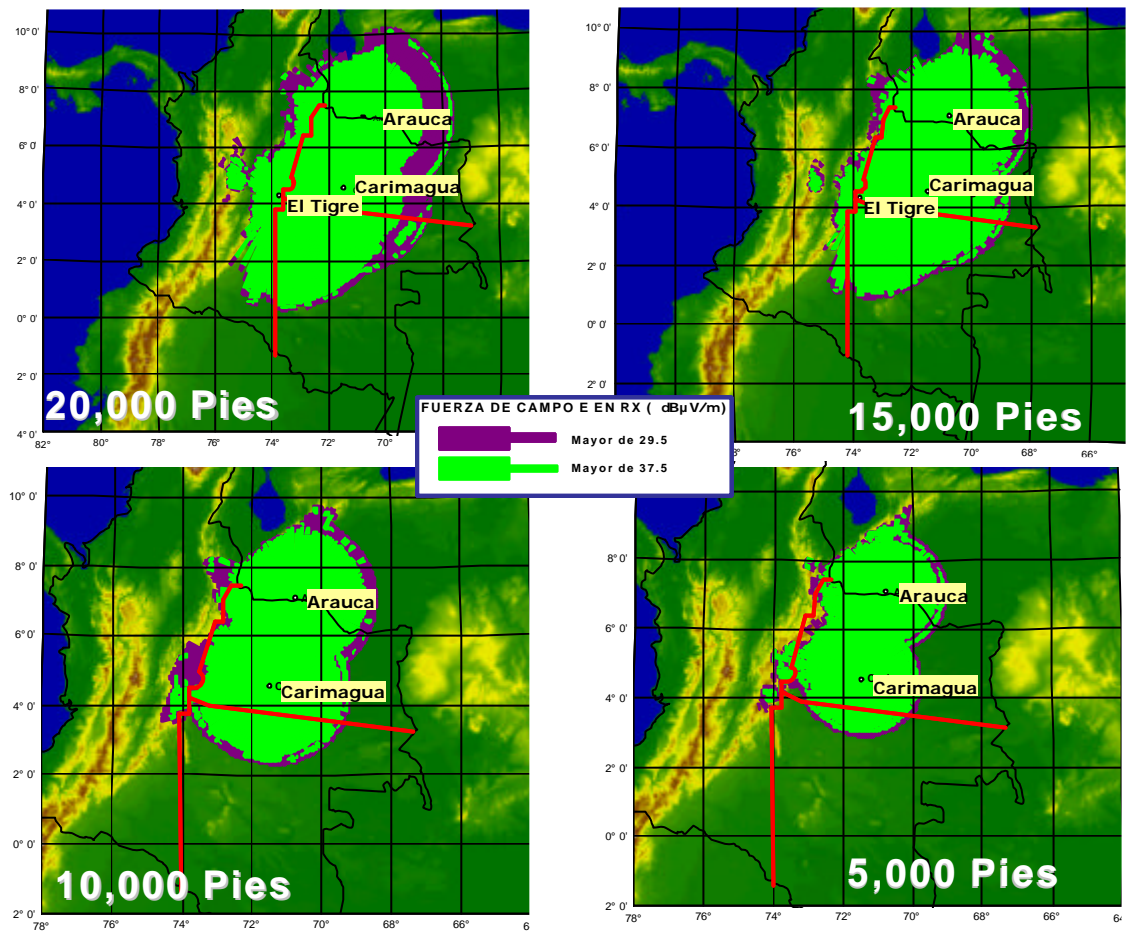
Mapas generados por Pathloss 4.0

Figura 37. Cobertura VHF-ER Frecuencia 121.5 MHz



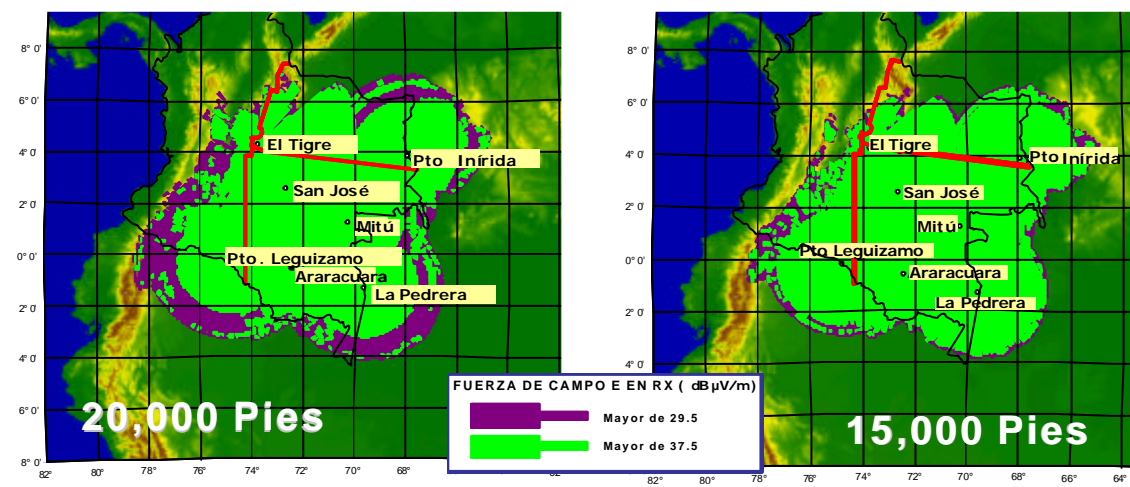
Mapas generados por Pathloss 4.0

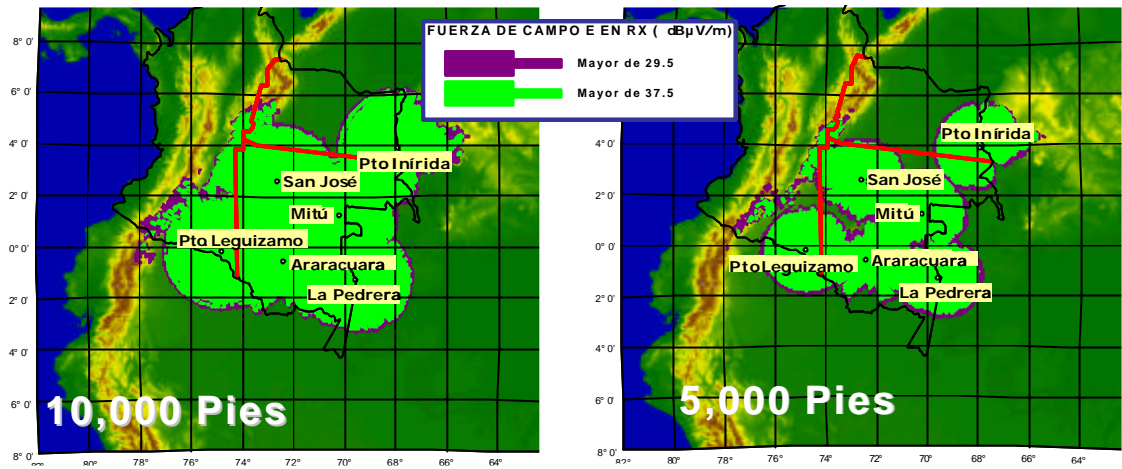
Figura 38. Cobertura VHF-ER Frecuencia 127.0 MHz



Mapas generados por Pathloss 4.0

Figura 39. Cobertura VHF-ER Frecuencia 127.3





Mapas generados por Pathloss 4.0

- *Sala de radar Cali (TMA)*. En la figura 40 se muestra el área del Sector Cali de la FIR de Bogotá que incluye el espacio aéreo marítimo en el océano Pacífico.

Los mapas de cobertura de las frecuencias del sector Cali de la FIR de Bogotá se presentan a continuación:

Figura 40. Mapa del área de la FIR de Bogotá Sector Cali



Adaptación de los autores

Figura 41. Cobertura VHF-ER Frecuencia 119.1 MHz

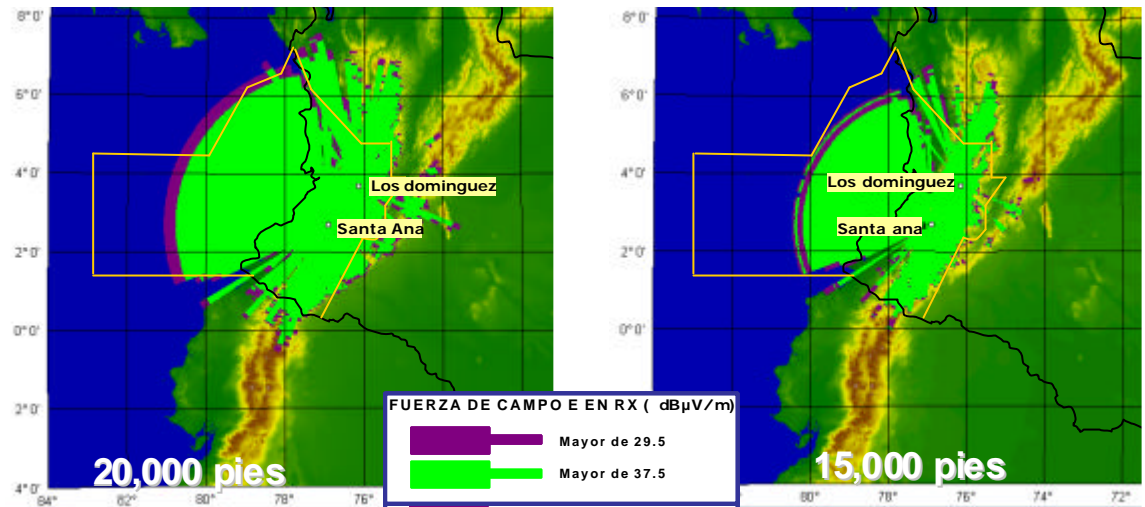


Figura 42. Cobertura VHF-ER Frecuencia 121.5 MHz

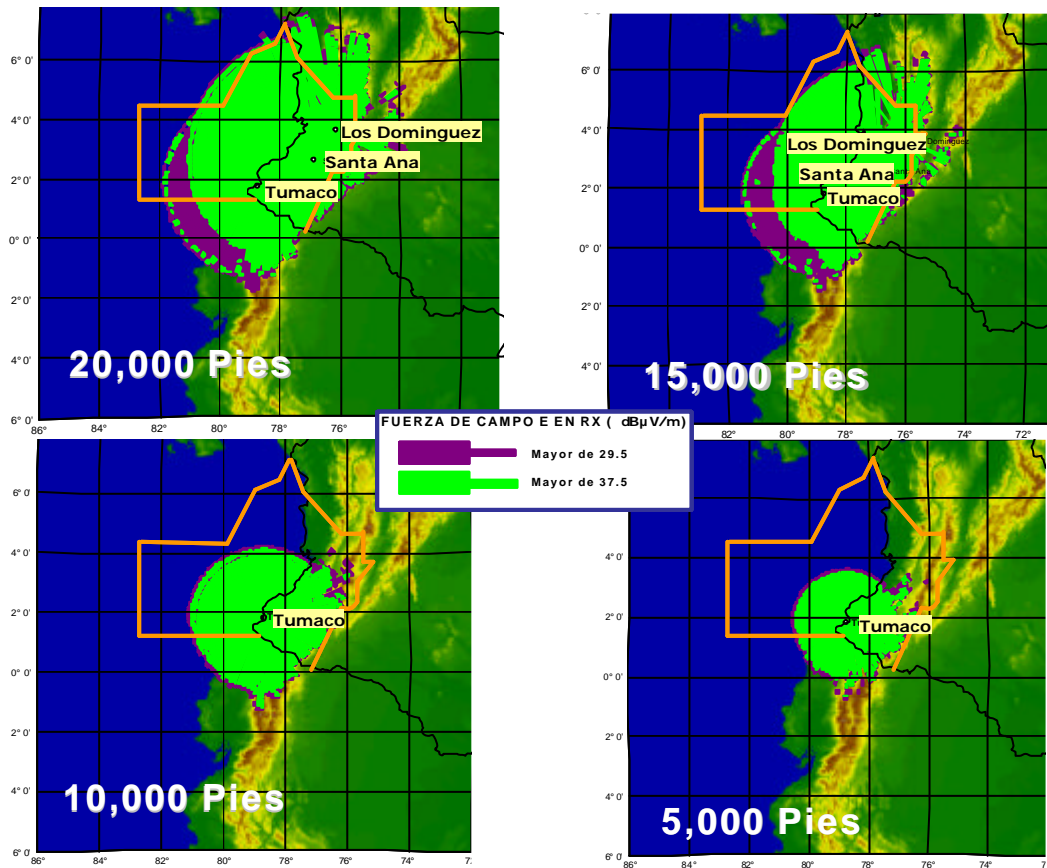
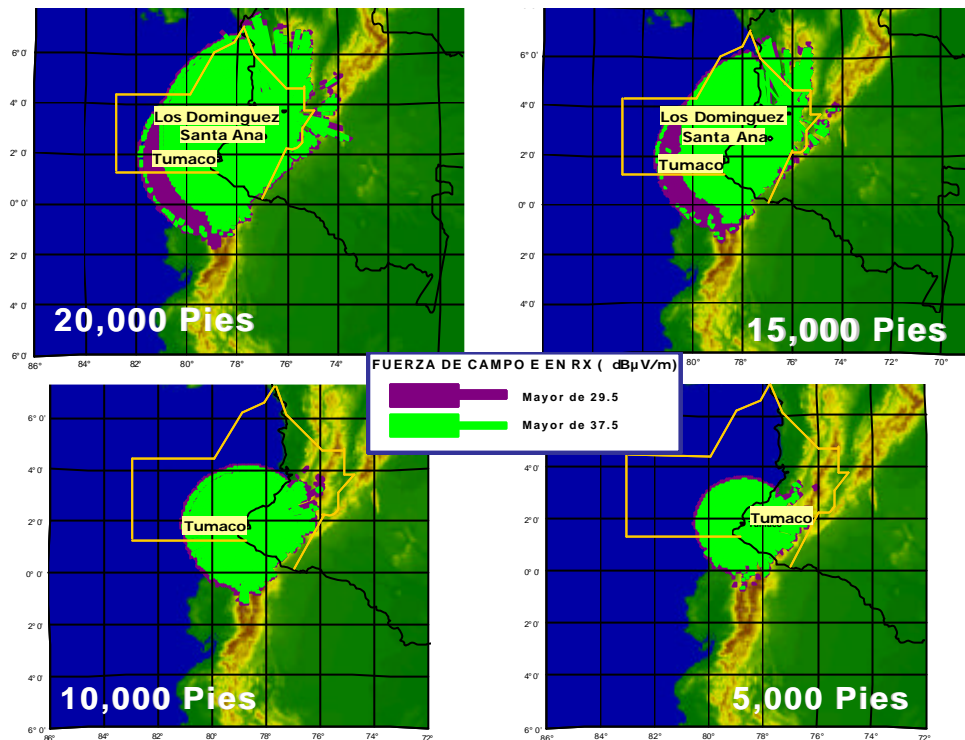


Figura 43. Cobertura VHF-ER Frecuencia 126.7 MHz



Mapas generados por Pathloss 4.0

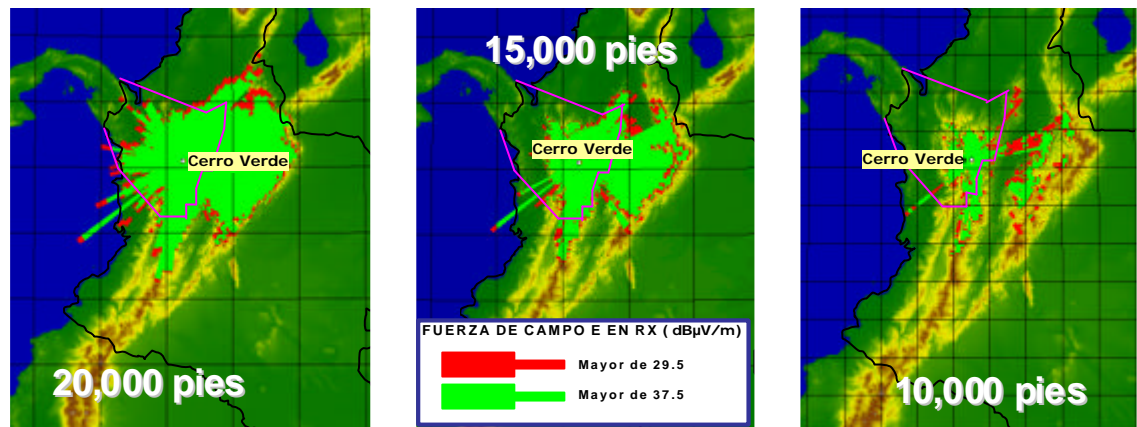
- *Sala de radar Medellín (TMA)*. En la figura 44 se muestra el área del Sector Medellín de la FIR de Bogotá.

Figura 44. Mapa del área de la FIR de Bogotá sector Medellín



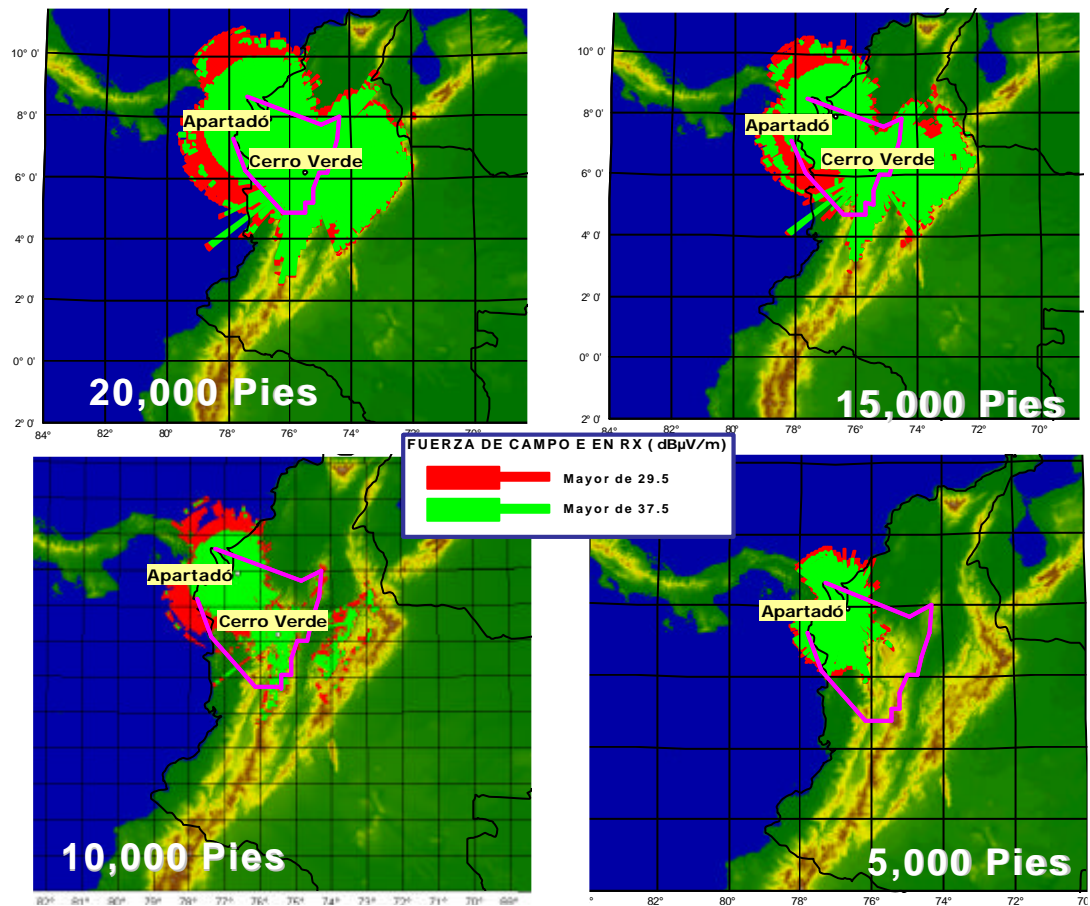
Adaptación de los autores

Figura 45. Cobertura VHF-ER Frecuencia 121.1 MHz



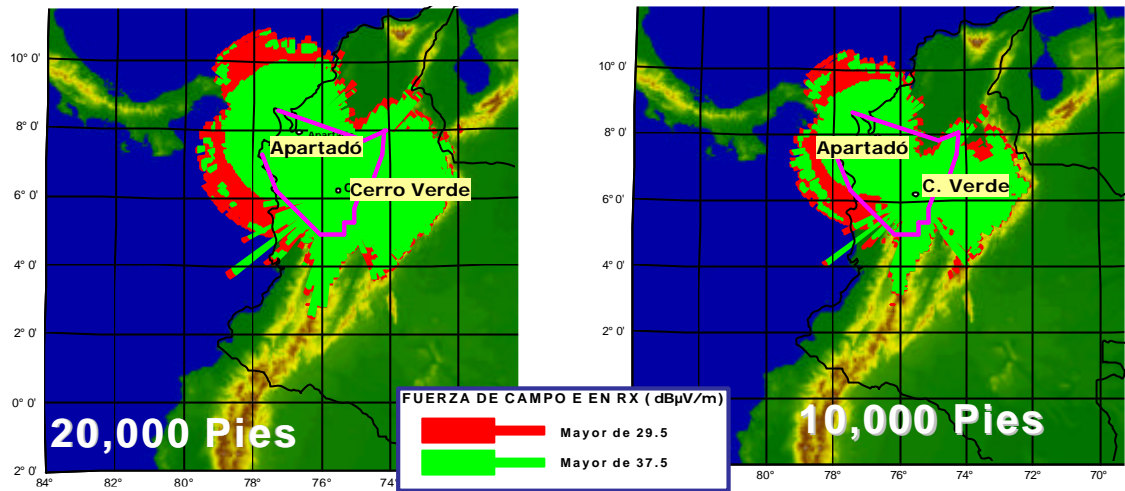
Mapas generados por Pathloss 4.0

Figura 46. Cobertura VHF-ER Frecuencia 121.5 MHz



Mapas generados por Pathloss 4.0

Figura 47. Cobertura VHF-ER Frecuencia 127.2 MHz

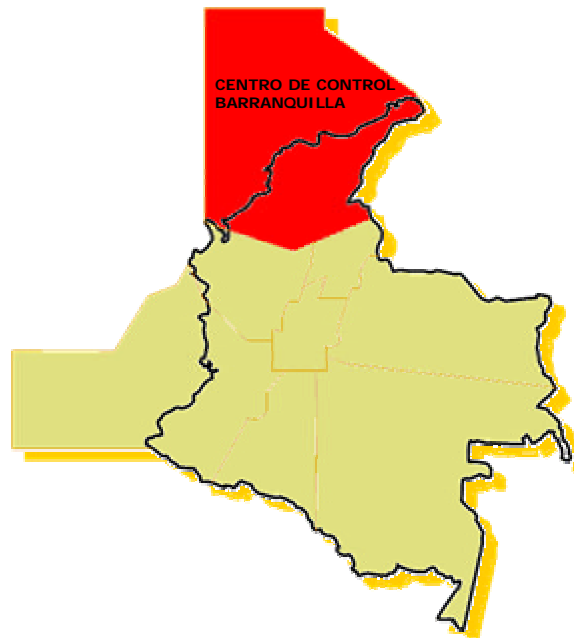


Mapas generados por Pathloss 4.0

- *Centro de control Barranquilla.* En la figura 48 se muestra el área Centro de Control de Barranquilla que incluye el espacio aéreo marítimo en el océano Atlántico.

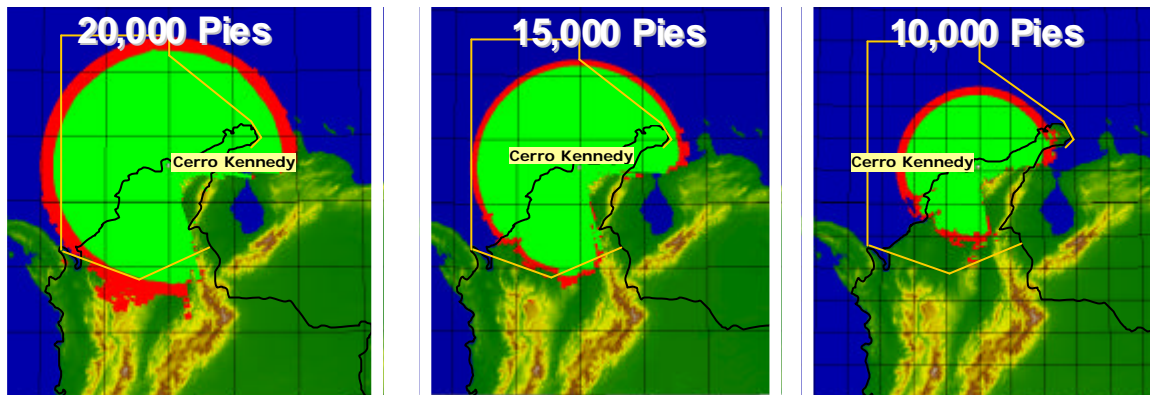
Los mapas de cobertura de las frecuencias del Centro de Control de Barranquilla se presentan a continuación:

Figura 48. Mapa del área del Centro de Control Barranquilla



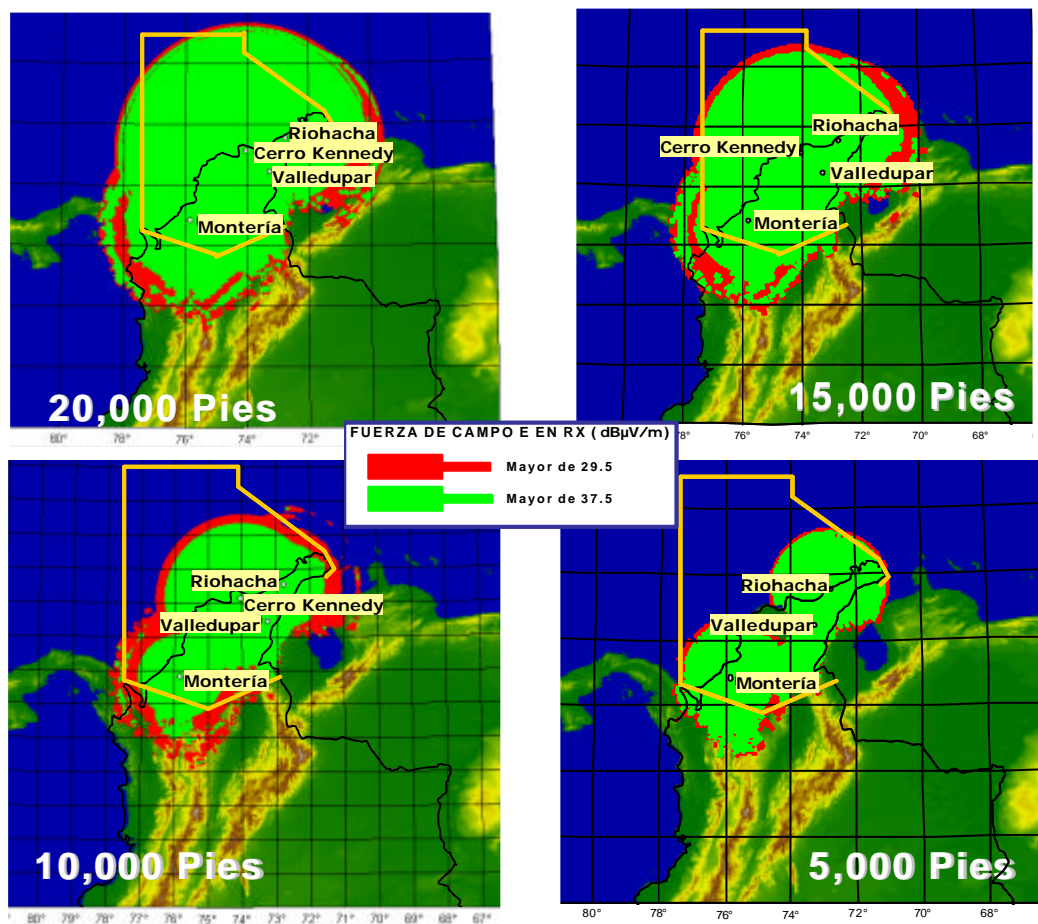
Adaptación de los autores

Figura 49. Cobertura VHF-ER Frecuencia 119.1 MHz



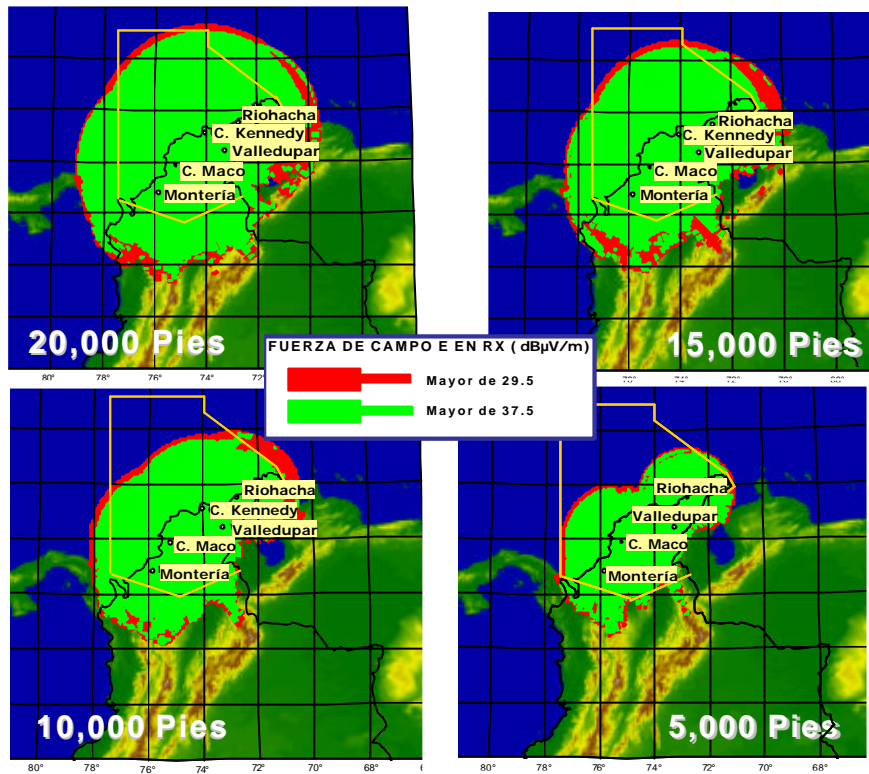
Mapas generados por Pathloss 4.0

Figura 50. Cobertura VHF-ER Frecuencia 121.5 MHz



Mapas generados por Pathloss 4.0

Figura 51. Cobertura VHF-ER Frecuencia 127.5 MHz



Mapas generados por Pathloss 4.0

- *Centro de control Bogotá.* En la figura 52 se muestra el área del Centro de Control de Bogotá y el Sector Neiva de la FIR de Bogotá

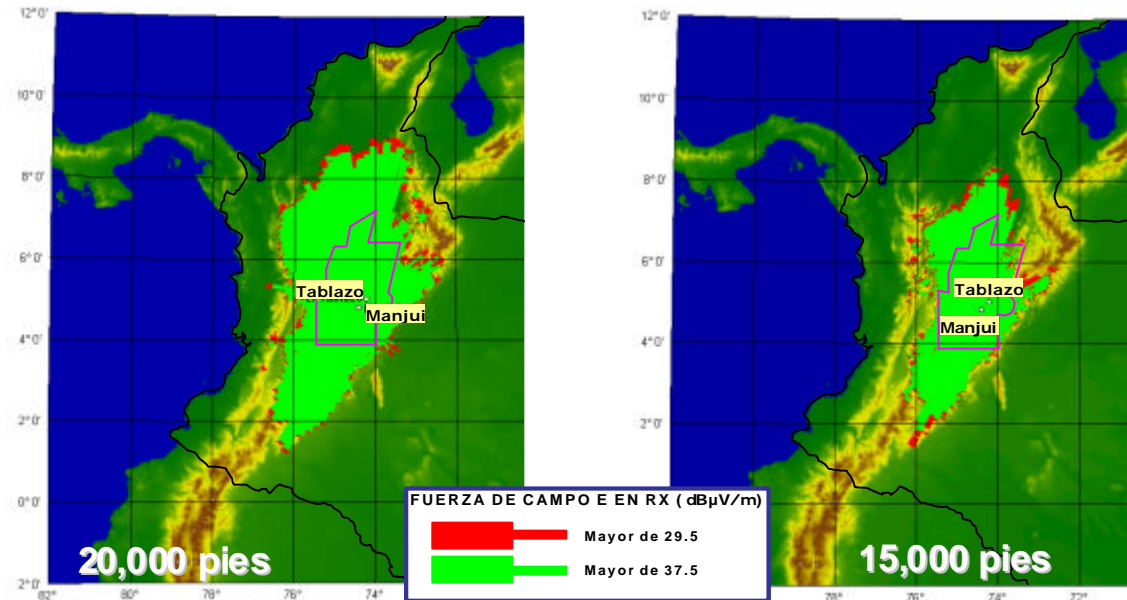
Figura 52. Mapa del área del Centro de control Bogotá y Sector Neiva



Adaptación de los autores

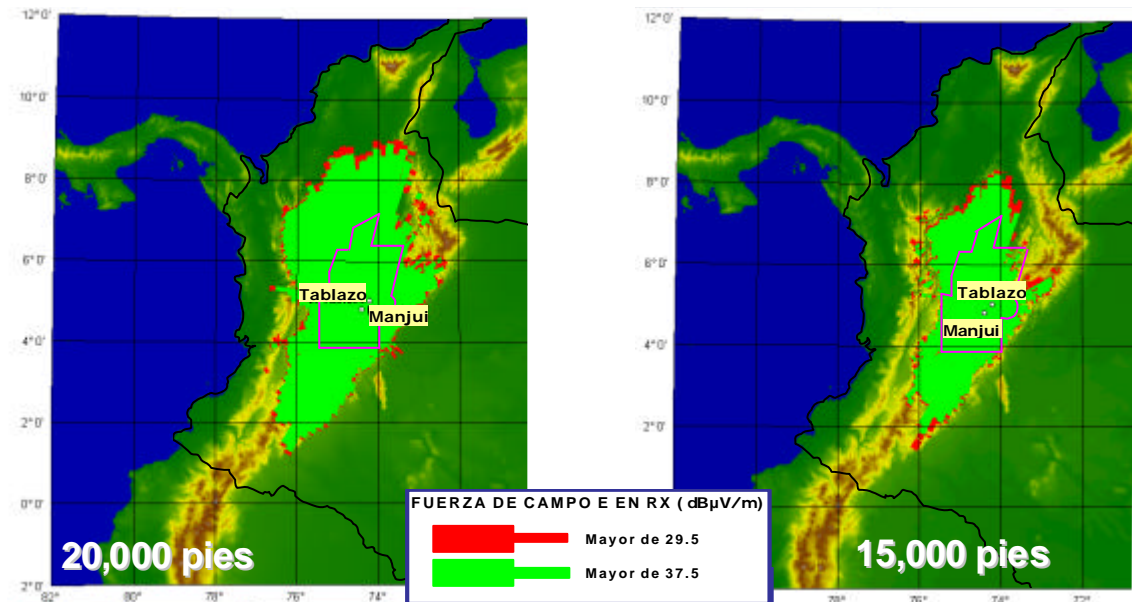
Los mapas de cobertura de las frecuencias del sector Cali de la FIR de Bogotá se presentan a continuación:

Figura 53. Cobertura VHF-ER Frecuencia 119.5 MHz



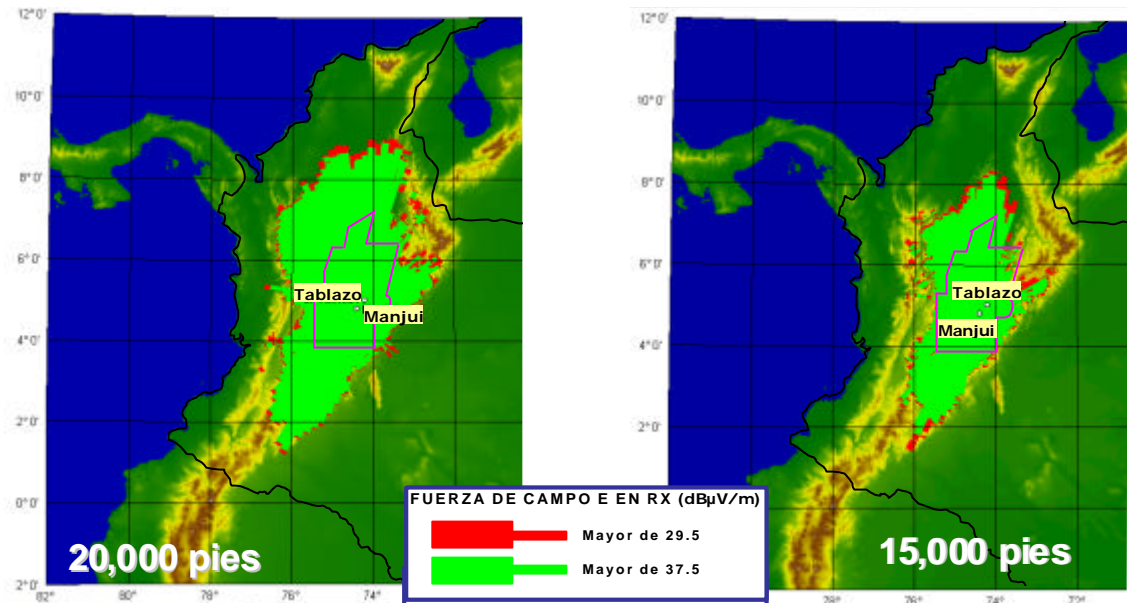
Mapas generados por Pathloss 4.0

Figura 54. Cobertura VHF-ER Frecuencia 119.7 MHz



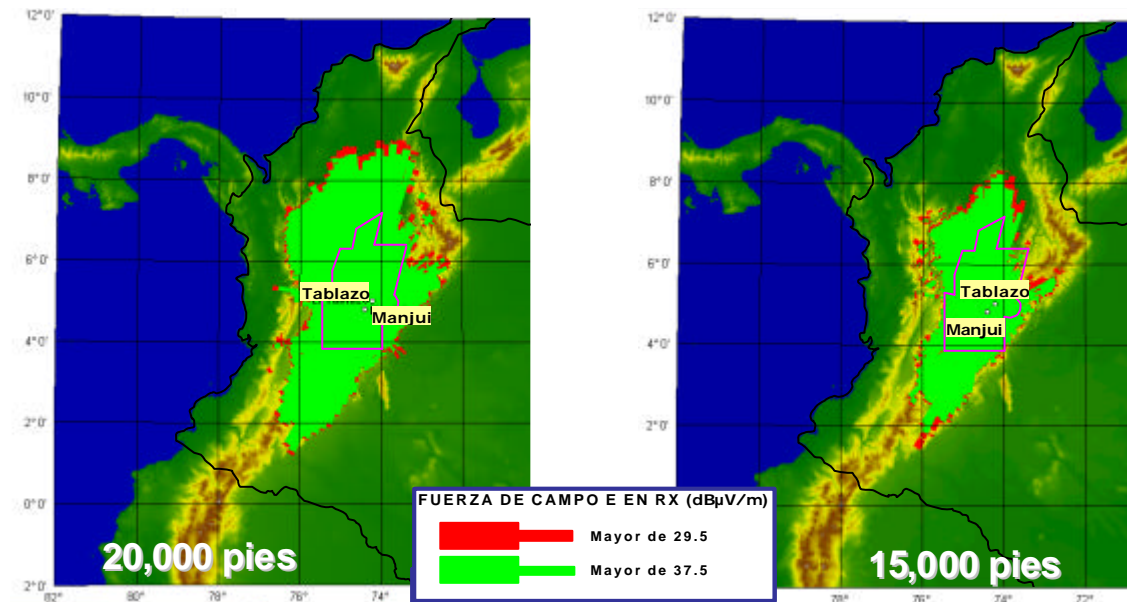
Mapas generados por Pathloss 4.0

Figura 55. Cobertura VHF-ER Frecuencia 121.3 MHz



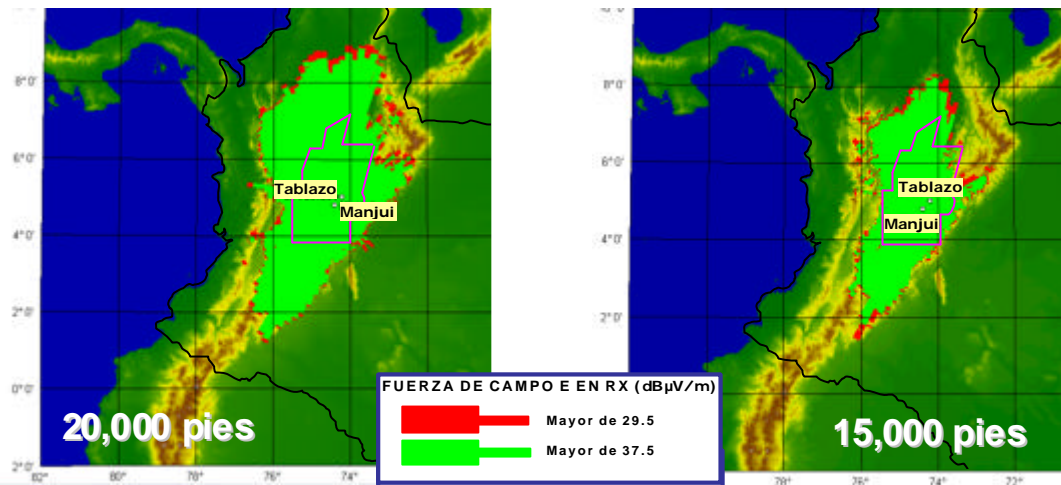
Mapas generados por Pathloss 4.0

Figura 56. Cobertura VHF-ER Frecuencia 121.5 MHz



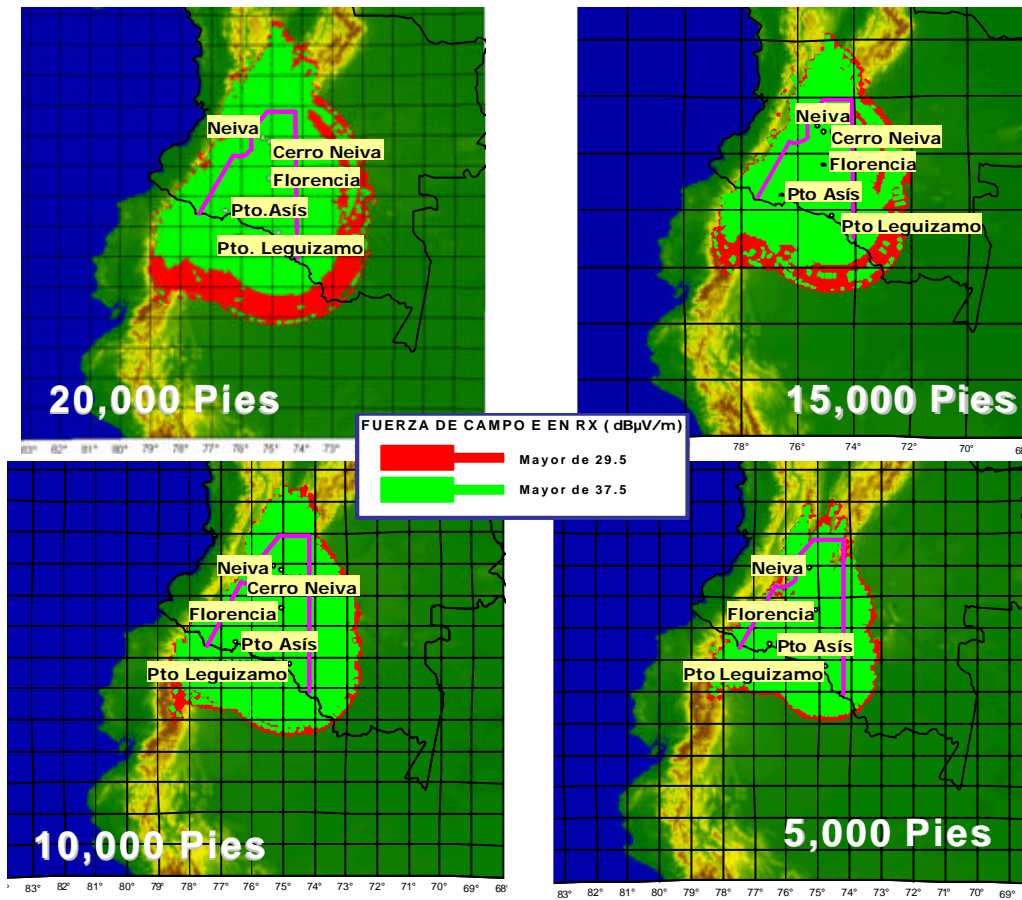
Mapas generados por Pathloss 4.0

Figura 57. Cobertura VHF-ER Frecuencia 126.9 MHz



Mapas generados por Pathloss 4.0

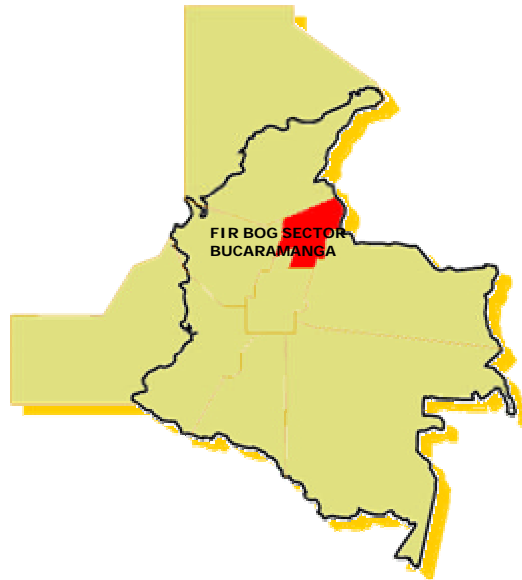
Figura 58. Cobertura VHF-ER Frecuencia 127.5 MHz



Mapas generados por Pathloss 4.0

- *Oficina de aproximación Bucaramanga.* En la figura 59 se muestra el área del Sector Bucaramanga de la FIR Bogotá

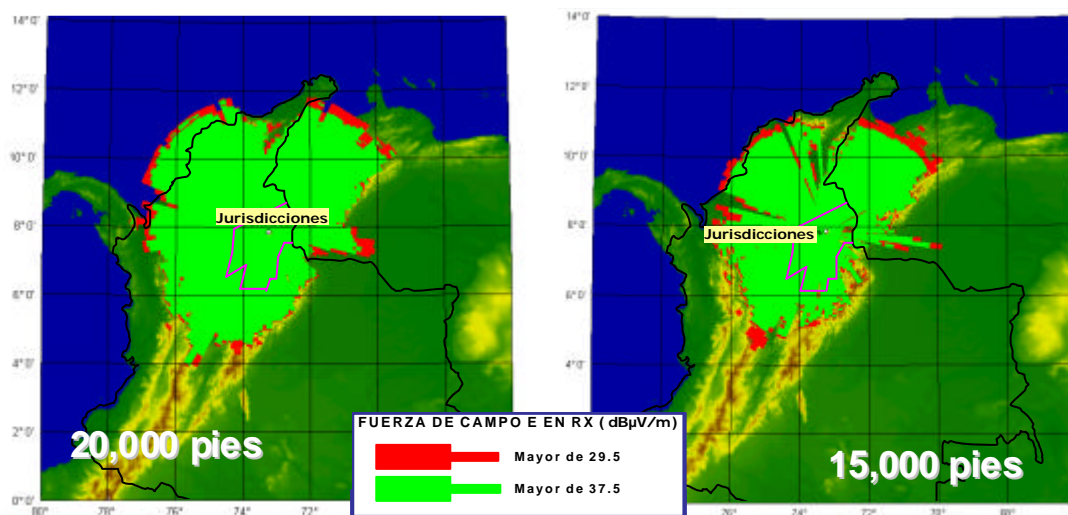
Figura 59. Mapa del área de la FIR de Bogotá sector Bucaramanga



Adaptación de los autores

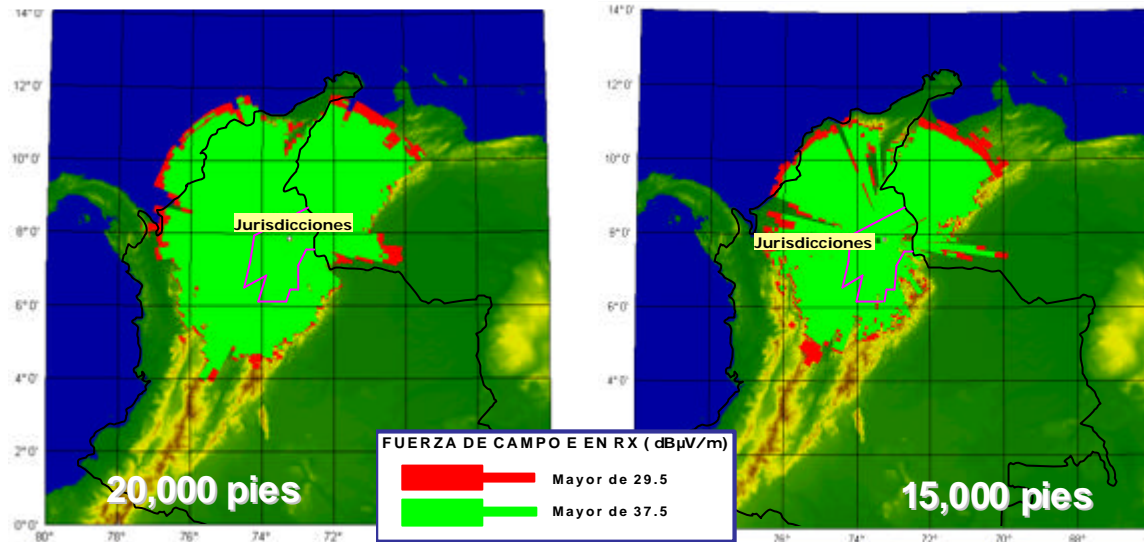
Los mapas de cobertura de las frecuencias del sector Bucaramanga de la FIR de Bogotá se presentan a continuación:

Figura 60. Cobertura VHF-ER Frecuencia 119.0 MHz



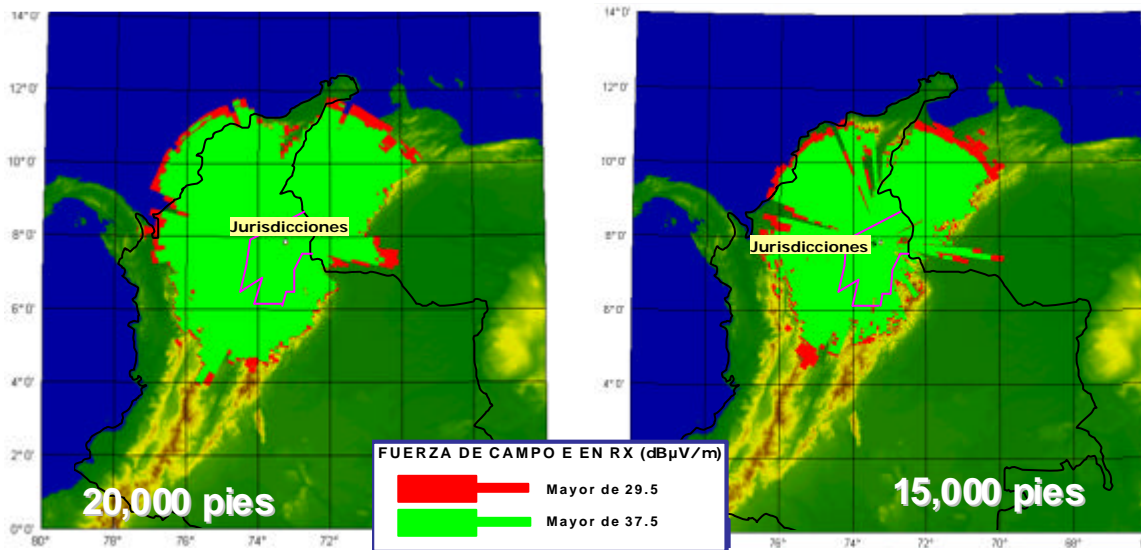
Mapas generados por Pathloss 4.0

Figura 61. Cobertura VHF-ER Frecuencia 121.5 MHz



Mapas generados por Pathloss 4.0

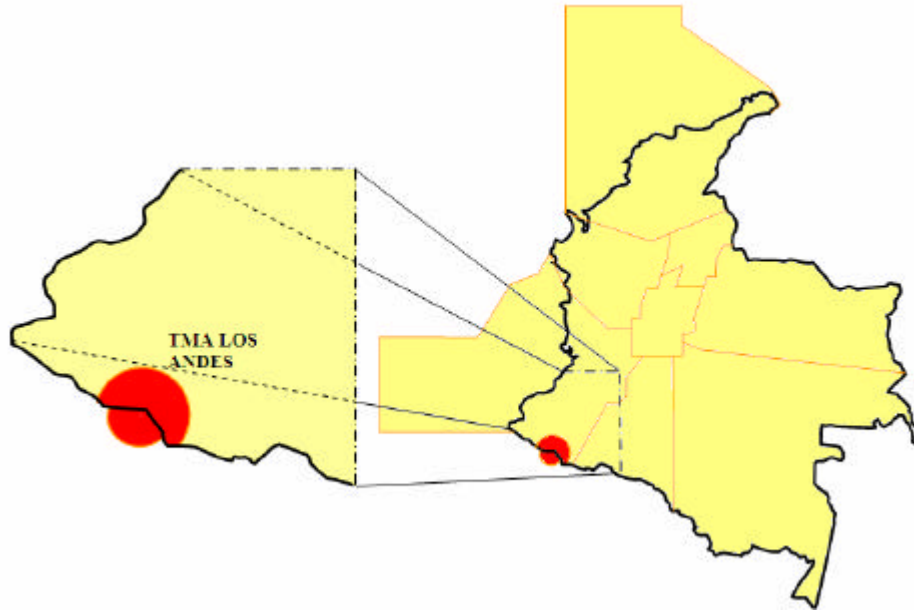
Figura 62. Cobertura VHF-ER Frecuencia 126.7 MHz



Mapas generados por Pathloss 4.0

- *TMA Los Andes*. En la figura 63 se muestra el área de la TMA de los Andes el cual opera a una frecuencia de 120.1MHz

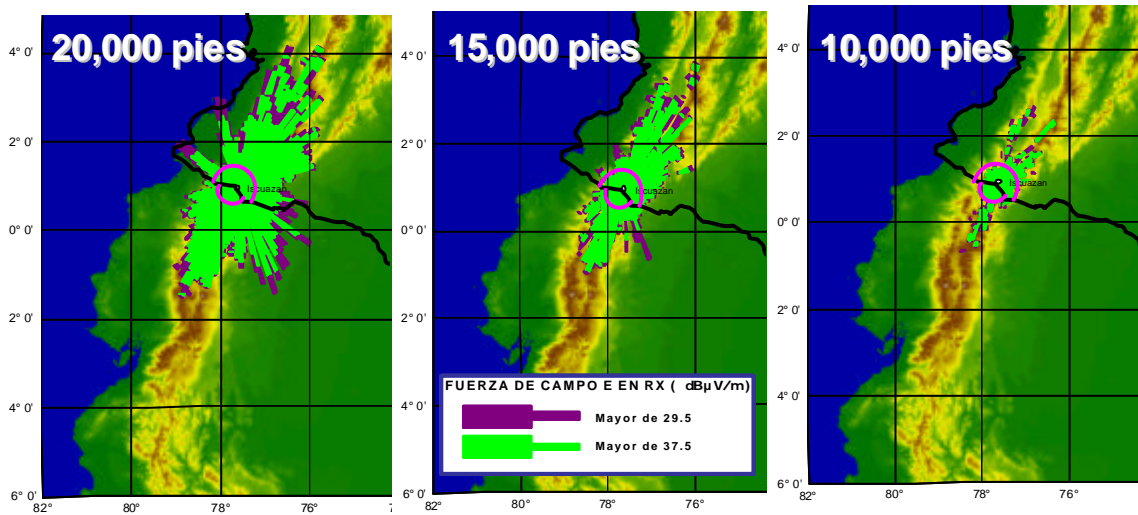
Figura 63. Mapa del área de la TMA Los Andes



Adaptación de los autores

Los mapas de cobertura de las frecuencias del TMA Los Andes de la FIR de Bogotá se presentan a continuación:

Figura 64. Cobertura VHF-ER Frecuencia 120.1MHz



Mapas generados por Pathloss 4.0

4.4 INTERFAZ DE ACCESO AL SISTEMA VHF -ER

Como ya se ha mencionado anteriormente, el equipo MARC en los centros de control incluye un PC que se utiliza para monitorizar el sistema y que controla algunas funciones del sistema siendo de esta manera la interfaz entre el usuario y el equipo de VHF.

El PC MARC presenta las pantallas que permiten el monitoreo y control del sistema. Se presenta una visualización jerárquica de tres niveles como se muestra en la figura 65; El nivel 1 o la pantalla principal indica las estaciones remotas asociadas al centro de control e indica el estado servible de cada estación; El nivel 2 o pantalla de ubicación indica todos los aparatos en la ubicación seleccionada por el usuario, en donde los receptores o transmisores se visualizan en pares A y B (uno principal y uno de reserva) y se verifican el estado de las líneas de transmisión entre las estaciones así como las alarmas de seguridad del sistema; Y el nivel tres o pantalla de equipo indica aparatos individuales seleccionados por el usuario (transmisor, receptor, líneas de transmisión, conmutación de ubicación, alarmas y estadísticas del número de alarmas que se han detectado por el sistema durante los doce meses anteriores).

El software MARC funciona dentro de Windows™ en el PC Viglen suministrado con el sistema por PAE. El PC se ha programado para configurar automáticamente el software MARC y visualizar la pantalla principal cuando el PC se enciende. Una vez encendido, la pantalla principal se visualizará con un recuadro superpuesto 'Initialising Communications to MARC Unit'; al desaparecer el recuadro, el sistema MARC está preparado.

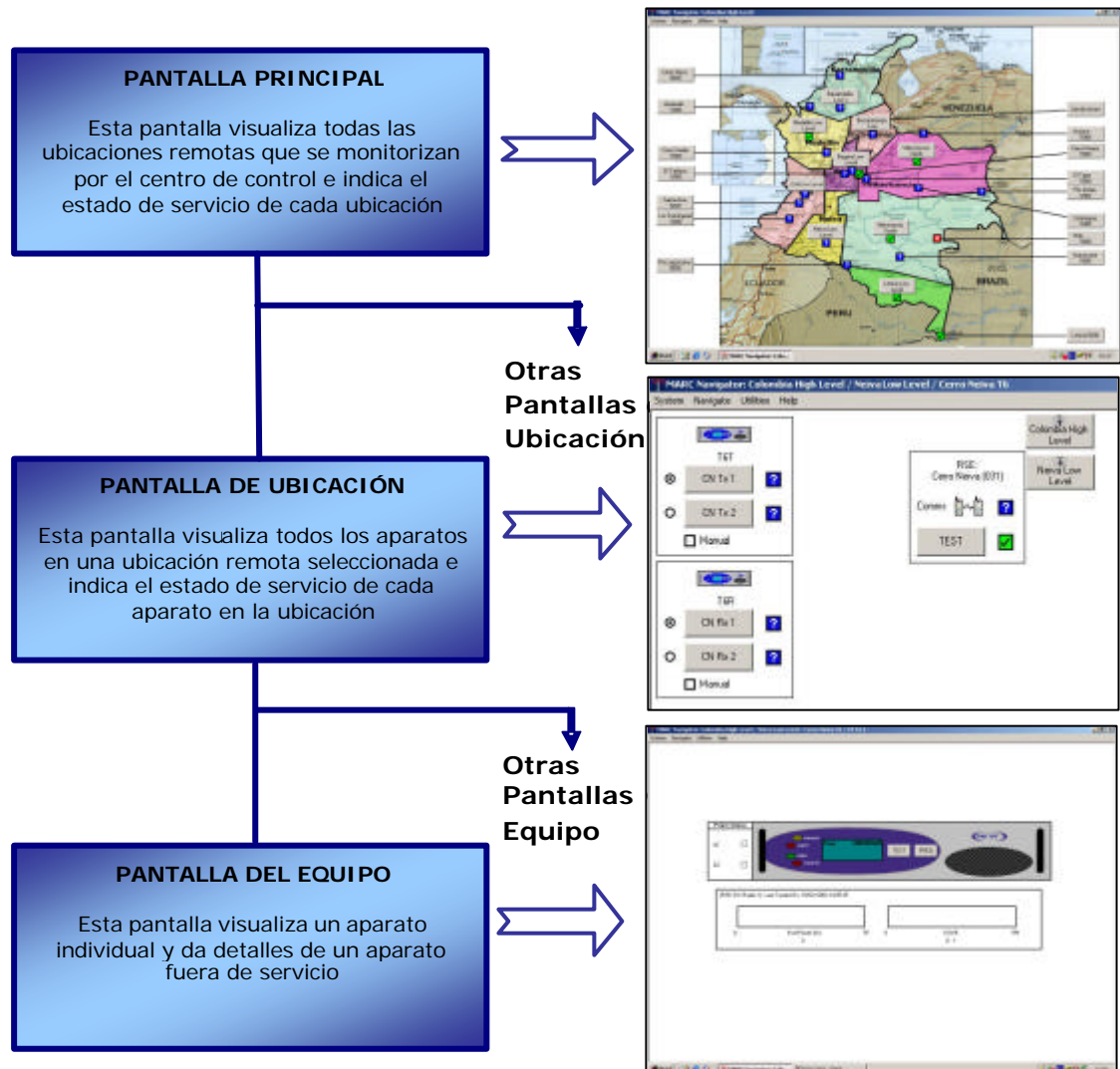
Normalmente, el sistema sigue funcionando con la pantalla principal visualizada en el centro de control. Esta pantalla indica aparatos inservibles en cualquiera de las estaciones remotas. Si esto ocurre, la pantalla de ubicación, y luego la pantalla de un aparato individual, pueden seleccionarse para dar información sobre el carácter exacto del problema.

En el sistema MARC, una ubicación, o un aparato, servible se indica con un icono *verde* con una señal ✓. Una ubicación, o aparato, inservible, se indica inicialmente por un icono *rojo* con una señal ✘.

Por ejemplo, si un receptor en el tablazo se pone inservible, el icono del tablazo en la pantalla principal estará rojo; el icono de equipo apropiado en la pantalla de ubicación RX del tablazo estará también rojo.

Para determinar el carácter de la avería, la pantalla de Equipo receptor apropiada puede seleccionarse. Después de la selección de la pantalla de Equipo y la reelección de la pantalla de ubicación o de la pantalla principal por el usuario, los iconos apropiados estarán amarillos con una señal (!).

Figura 65. Jerarquía de pantallas MARC



Adaptación de los autores

4.5 MANUALES DE OPERACIÓN PARA EL SISTEMA DE VHF-ER

La Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil posee para el sistema de VHF de alcance extendido equipos de la Compañía Park Air Systems. En cada una de las estaciones remotas se disponen de los siguientes manuales:

- ✓ Manual Técnico del MRE (Message Routing Equipment): en este manual se describe detalladamente las especificaciones, la instalación, el mantenimiento y la descripción de los módulos que componen el equipo.

- ✓ Manual del Usuario del Receptor T6R: en este manual se detallan las especificaciones del equipo; los controles, indicadores y conectores del panel frontal y posterior, y los procedimientos de instalación del equipo.
- ✓ Manual de Mantenimiento del Receptor T6R: en este manual se encuentra la información correspondiente al mantenimiento del receptor T6R.
- ✓ Manual del Usuario del Transmisor T6T: en este manual se detallan las especificaciones del equipo; los controles, indicadores y conectores del panel frontal y posterior, y los procedimientos de instalación del equipo.
- ✓ Manual de Mantenimiento del Transmisor T6T: en este manual se encuentra la información correspondiente al mantenimiento del transmisor T6R.
- ✓ Manual Técnico del RSE 2: en este manual se encuentran la descripción general y las especificaciones del equipo. Se detalla la instalación del RSE 2 como parte de un sistema MARC ó como una unidad de switcheo. Además se describe la operación y el diagnóstico de fallas.

Además, en la ciudad de Bogotá se encuentra disponible el manual del sistema MARC de Park Air Electronics Ltd. en donde se listan las frecuencias de los canales, los centros de control, y también se cuenta con información respecto a las configuraciones de las estaciones remotas, configuración del centro de control, los bastidores de las estaciones remotas e instalación de equipos en las estaciones remotas y en los centros de control, entre otros.

5. ATS (AIR TRAFFIC SERVICE – SERVICIO DE TRÁNSITO AÉREO)

El servicio de control del tránsito aéreo es un servicio de una enorme responsabilidad para la Aeronáutica Civil ya que por este se previenen colisiones entre aeronaves, se brinda información para la marcha segura y eficaz de los vuelos, etc. Debido a las importantes características como las que se acaban de nombrar, es para la Aerocivil una obligación la realización de un estudio de este sistema de comunicaciones que permita dimensionar el funcionamiento actual, estructurar los componentes de la red y analizar cómo está actualmente la topología de la red a nivel nacional y en Suramérica. Por esta razón el sistema de comunicaciones ATS se convierte en caso de estudio para este capítulo.

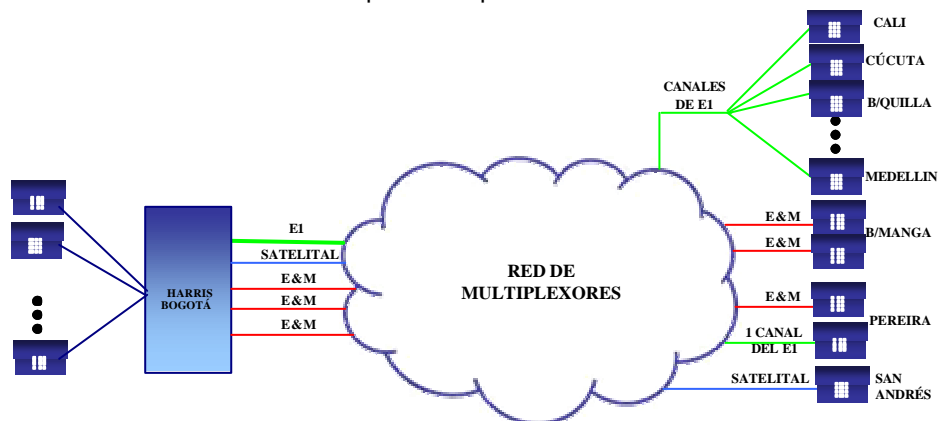
Para abordar el estudio de este capítulo se recomienda el estudio del Anexo G donde encontrará los objetivos del tránsito aéreo. También se encuentra la siguiente información pertinente que no estaba documentada en la Aerocivil como lo son los componentes del sistema ATS, las tarjetas usadas en los equipos, la estructura de los componentes de la red ATS.

En este capítulo encontrará la actualización de las topologías de la red ATS a nivel nacional y en Suramérica, también se describe la interfaz de acceso a la red WAN.

5.1 DISTRIBUCIÓN DE LOS ENLACES DEL EQUIPO HARRIS

La Red Harris es una conexión Planta-Abonado donde el equipo Harris es el encargado de la conmutación entre los abonados. Como se observa en la figura 66, la Red de multiplexores basada en enlaces satelitales y enlaces de microondas se encarga de la distribución de las extensiones. De la figura se observa que los canales de los enlaces digitales del Harris son enviados a diferentes lugares. Estos canales en su destino terminan de acuerdo a la necesidad del usuario y disponibilidad de tarjetas del equipo Multiplexor Promina en interfaz E&M a 6 hilos, análoga a 2 hilos y digital.

Figura 66. Uso de la red de multiplexores para el servicio de telefonía MD110.

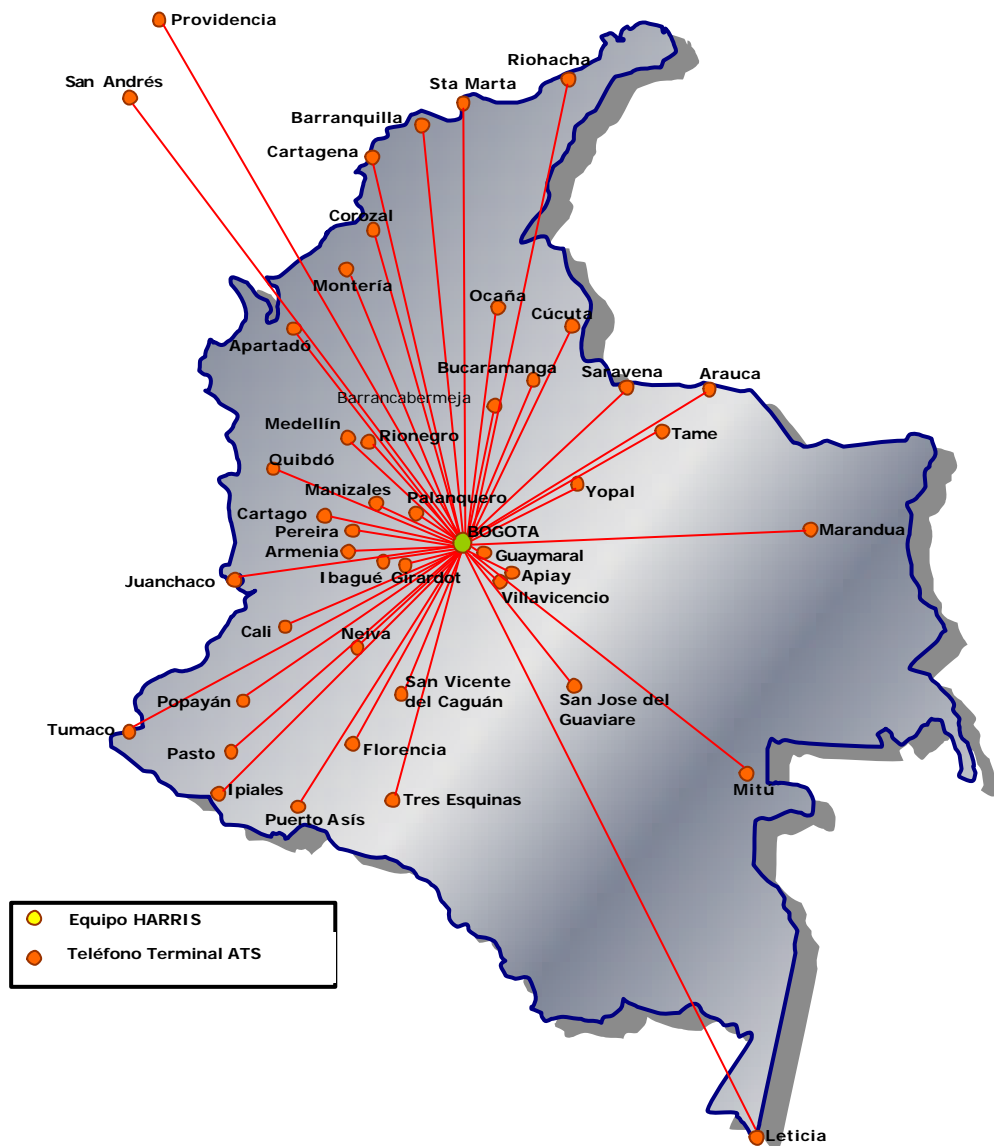


Adaptación de los autores

5.2 TOPOLOGÍA DE LA RED ATS EN COLOMBIA

El servicio ATS a nivel nacional se extiende por todo el país desde el nodo principal HARRIS ubicado en Bogotá. En la figura 67 se aprecia la topología de red HARRIS donde se muestran las terminales ATS que la conforman.

Figura 67. Mapa de la red Harris para el servicio ATS de la UAEAC



Adaptación de los autores

5.3 INTERFAZ DE ACCESO A LA RED

La gestión operativa se realiza desde Bogotá a través de una sesión HyperTerminal en un computador desde donde se ingresan los comandos de operación. La interfaz entre el computador y el equipo HARRIS se realiza mediante una conexión por puerto serial desde el computador a un dispositivo que soporta la transmisión de datos llamado DCA (Data Communications Adapter) el cual es suministrado por la firma HARRIS y es conectado a un circuito de unidad de línea digital (DLU) en el equipo HARRIS.

Las funciones principales del DCA son soportar las interfaces físicas y eléctricas para el equipo de datos del usuario, codificar datos e información de control de interfaces eléctricas, tales como RS-232 y V.35, a un formato de 64 kbps y decodificar datos de 64 kbps en formatos apropiados para interfaces RS-232 y V.35.

En caso de falla del DCA, se conecta un equipo portátil directamente a un puerto serial que se encuentra disponible en el equipo HARRIS y se inicia una sesión por HyperTerminal para programar el equipo.

Sin embargo, la función del DCA también puede ser llevada a cabo por medio de un teléfono ATS ubicado en la sala de control de ATS el cual provee la posibilidad de realizar la misma interfaz entre el PC de control y el equipo HARRIS.

5.4 RED DE COORDINACIÓN ORAL ATS EN SURAMÉRICA

Para la comunicación oral ATS en Suramérica es importante destacar la configuración en tándem entre Bogotá, Lima y Brasilia. Esta configuración permite mantener las comunicaciones orales ATS internacionales así ocurra una falla en una de las 3 conexiones principales (Bogotá-Lima, Lima-Brasilia y Brasilia-Bogotá).

En la figura 98 se muestra la red que maneja las operaciones internacionales en Colombia, así como la conexión entre Bogotá y los principales centros de control ATS de Suramérica.

En la figura 68 se observa que hay extensiones para el servicio de tránsito aéreo internacional en Colombia, como son Bogotá, Cali, Rionegro, Cúcuta, Barranquilla, Leticia y San Andrés.

Los lugares internacionales con los que se encuentra enlazada Bogotá para el servicio internacional de tránsito aéreo son Cenamer, Kingston, Panamá, Curazao, Maiquetía, Guayaquil, Lima y Brasilia.

Los enlaces con Lima y Brasilia son de especial importancia ya que permiten la conmutación con los ATS de Suramérica en Santiago, Buenos Aires, etc.

Figura 68. Mapa de la topología de la red ATS Internacional



Adaptación de los autores

5.5 PROYECTO DE REDUNDANCIA DE LA PLANTA HARRIS.

La UAEAC tiene actualmente un proyecto en marcha para respaldar la central Harris que se encuentra en la ciudad de Bogotá con el fin de obtener un backup de conexiones en caso de falla de la planta principal, ya que la red ATS es una red en topología de estrella.

La primera fase del proyecto, que se espera estar terminada en Marzo del año 2006, consiste en instalar una planta Harris de las mismas características que la planta de Bogotá. Ya que en Barranquilla existe un nodo de la red de multiplexores Promina, se pretende conectar a la red el servicio de telefonía ATS desde Barranquilla de manera que se tenga respaldo para 103 extensiones ATS a nivel nacional, las cuales corresponden a las extensiones que reciben el servicio utilizando la red de multiplexores.

Con esta idea, si un canal o si la planta Harris de Bogotá falla, la llamada será conmutada en la planta de Barranquilla y será establecida de manera transparente para el usuario garantizando así, la disponibilidad de la red.

Sin embargo, la planta Harris de Barranquilla no funcionaría como un backup 100% de la planta de Bogotá, debido a que no posee conexión a la REDDIG para dar respaldo a las estaciones ATS de Suramérica, el HUB de la red Satelital no está en capacidad de asumir la carga de estaciones que soporta el HUB satelital de Bogotá para dar respaldo a las estaciones donde solo es posible la comunicación por satélite y finalmente se tendría que establecer contratos con los operadores de telefonía de Barranquilla para extensiones de larga distancia. Por esta razón, se piensa ir actualizando el sistema a futuro para que la función de backup sea completa.

5.6 MANUALES PARA EL SISTEMA DE COMUNICACIÓN CONMUTADA ATS

El equipo de conmutación Harris se encuentra en la ciudad de Bogotá, por lo tanto, los manuales de usuario, de mantenimiento y operación están disponibles directamente en las instalaciones del equipo en esta ciudad.

Estos manuales están disponibles en copia magnética (CDs) para la versión actualizada y también están disponibles en varias versiones en libros ubicados en la Planta Telefónica.

6. SISTEMA DE COMUNICACIÓN CONMUTADA PARA EL ÁREA ADMINISTRATIVA EN GENERAL

El sistema de comunicaciones orales para el área administrativa se basa en el empleo de las plantas telefónicas MD-110 de Ericsson y también se usa como respaldo para el sistema de comunicación oral ATS.

El análisis de este sistema de comunicaciones es muy importante por que permite observar la evolución que se ha presentado en la telefonía. En un principio con solo tecnología analógica, en la actualidad la evolución permitió integrar la telefonía analógica existente con la telefonía digital y en un futuro muy cercano se espera la integración de la telefonía IP.

En este capítulo se muestran los diferentes tipos de enlaces que se pueden realizar entre plantas telefónicas y planta-abonado, se estudian las características especiales del equipo MD-110 y la interfaz de acceso a la red MD-110. Finalmente elabora el esquema actualizado de la topología de la red MD-110 de la Aeronáutica Civil.

Generalidades

Por medio de este sistema de comunicación conmutada se facilita la comunicación a todas las oficinas de la entidad, entidades oficiales ubicadas dentro del aeropuerto, empresas aéreas, Centros de control, Torres de control y locales comerciales garantizando la comunicación con los diferentes aeropuertos del país por medio de la red satelital y la red de microondas.

El equipo encargado de la conmutación es el Ericsson MD-110 versión BC-10, el cual posee aproximadamente 2100 extensiones analógicas, 1000 extensiones digitales, 12 E1¹ enlaces digitales (6 con ETB y 6 son propios de la Aerocivil), 5 enlaces Primarios digitales o PRIs² (3 con Telecom y 2 con ETB), 22 E&M enlaces analógicos, 500 LS troncales analógicas³ y Servicios adicionales (hot-line, secretariales, tarificación, directorio, conmutador, correo de voz, operadora virtual).

Para salir a la Red pública local en Bogotá con el 01 se usan los 5 enlaces digitales PRIs. Si se ocupan todos estos canales se desborda y utilizarían los enlaces E1 de la ETB saliendo con el 01. Para llamadas entrantes de la red pública local a la Red de la entidad se usan los enlaces PRIs para el conmutador (4251000) y los enlaces E1 de la ETB para marcación directa (266XXXX) a las extensiones.

¹ Un enlace digital E1 son 2.048 Mbps seccionados en 30 canales de transporte de datos y dos de señalización y presta servicios como identificación de llamadas.

² Un enlace digital Primario o PRI se compone de 30 canales de transporte de datos y 2 de señalización y no presta servicios como identificación de llamadas.

³ Estas Troncales son líneas directas analógicas con la Red Pública. Loop Star (LS) es una señal de supervisión donde el abonado es el que libera la línea. La señalización de supervisión proporciona la información acerca de la línea o el circuito e indica si el circuito está en uso o no. Informa al switch y a los circuitos troncales de interconexión acerca de las condiciones en la línea.

De los 6 enlaces E1 propios de la Aerocivil, 4 se usan para las Troncales con los equipos MD-110 ubicados en Barranquilla, Rionegro, Cali y Cúcuta. Un E1 se usa para buzón y el E1 restante usa señalización CAS, es decir, se fracciona sus canales para enviarlos a diferentes sitios.

Además la Red de la Aerocivil cuenta con el respaldo de 30 troncales análogas a dos hilos con las redes públicas para llamadas a larga distancia, las cuales se realizan con el operador más conveniente del momento (Orbitel, 007, Telecom, etc.). De estas 30 Troncales, se tienen 20 Troncales para llamadas Nacionales con el código de destino externo 98 y 10 Troncales para llamadas Internacionales con el código de destino externo 99. Solo pueden acceder a estas Troncales las extensiones de la entidad que tengan la categoría adecuada, actualmente 100 extensiones tienen categoría para usar estas Troncales. Como medida para bajo consumo en el equipo MD-110 se bloquean algunos indicativos de países y hasta de continentes como el caso de Asia.

Para llamadas a larga distancia Nacional los funcionarios con extensiones con categoría deben aprovechar la Red de la Aerocivil, por ejemplo, un funcionario de Bogotá que requiera una llamada oficial con una persona en Bucaramanga puede usar la Red de la entidad desde Bogotá a Bucaramanga y en Bucaramanga salir como llamada local. Si no hiciera esto, el funcionario usa una de las veinte troncales nacionales y la llamada se cobraría a la entidad como llamada a larga distancia.

La Red del MD-110 consta de un nodo central ubicado en Bogotá y de ocho nodos (equipos MD-110) ubicados en Barranquilla, Rionegro, Cali, San Andrés, Bucaramanga, Villavicencio, Cúcuta y Cartagena. Estas equipos están enlazados con el nodo central de Bogotá por enlaces E1 (Barranquilla, Rionegro, Cali y Cúcuta) y por enlaces E&M (San Andrés, Bucaramanga, Villavicencio y Cartagena).

Cada nodo de la red posee un LIM, un LIM es el bastidor que contiene la memoria del equipo (disco duro o memoria de tipo volátil), las tarjetas troncales (E&M, E1 y análogas dos hilos) y las tarjetas digitales (E1 y PRIs). Un LIM puede manejar hasta un máximo de 254 extensiones, si se requiere más extensiones se deben usar los LIMs que sean necesarios. Si se usa más de dos LIM, como en el caso de Bogotá, se requiere de un equipo llamado GS o selector de grupo, el cual se encarga de la conmutación de los LIMs. En Bogotá actualmente se encuentra los LIM 1 al LIM 6, el LIM 9 y el LIM 12. Barranquilla, Rionegro, Cali y Cúcuta poseen los LIM 7, 10, 8 y 11 respectivamente.

6.1 SALIDAS DEL EQUIPO MD-110

En la figura 69 se observa las diferentes salidas que se pueden obtener del equipo MD-110. Para cada salida se debe tener la tarjeta adecuada. Las diferentes salidas son análoga a 2 hilos, E&M a 6 hilos y enlaces digitales E1. El equipo MD-110 programa las extensiones y asigna el puerto específico de la tarjeta de salida del equipo MD-110 de acuerdo a la disponibilidad.

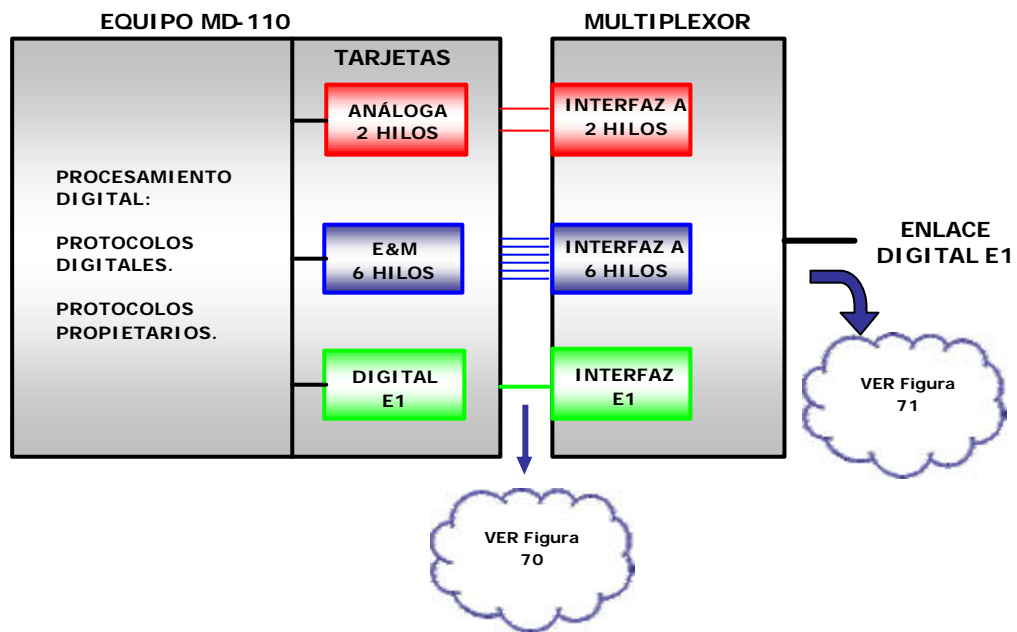
El equipo Multiplexor posee las diferentes tarjetas interfaz para tomar los datos del equipo MD-110 (2 hilos, 6 hilos y E1) y para entregarlos a otra planta telefónica o a un abonado directamente. El equipo Multiplexor programa el puerto origen y el puerto

destino en la Red de Multiplexores Promina. De acuerdo a la disponibilidad y necesidad la Red Promina puede recibir un servicio a 2 hilos, 6 hilos o E1 transportarlo hasta el destino y se puede entregar al usuario final a 2 hilos, 6 hilos o digital. Esta característica es importante, por ejemplo permite un ahorro en el número de tarjetas análogas (en el multiplexor origen como en el equipo MD-110) al emplear el canal digital E1 del MD-110. El equipo Multiplexor del nodo origen requiere de la interfaz del E1 y en el nodo destino requiere de la tarjeta interfaz análoga o digital de acuerdo a la necesidad del usuario.

En la figura 70 se observa que el enlace E1 del equipo MD-110 con el equipo Multiplexor consta de unos canales de datos y otros de voz en formato PCM (64 Kbps).

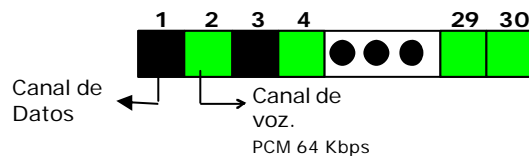
En la figura 71 se observa el enlace de la Troncal E1 entre los equipos multiplexores. El enlace E1 del equipo MD-110 ocupa solo una parte de la Troncal E1 debido a que el equipo multiplexor comprime los canales de voz de 64 Kbps a 8 Kbps.

Figura 69. Conexión entre la Red MD-110 y la Red de Multiplexores.



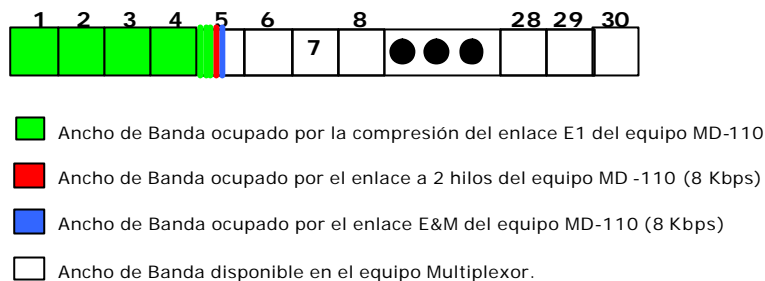
Adaptación de los autores

Figura 70. E1 (2.048 Mbps) en la salida del MD-110



Adaptación de los autores

Figura 71. E1 (2.048 Mbps) en la salida del Multiplexor.



Adaptación de los autores

6.2 CONFIGURACIÓN EN RED DE LOS EQUIPOS MD-110

Como la red MD-110 de la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil posee una infraestructura cuyo centro principal de operación se encuentra en Bogotá, desde éste son programados los enlaces, parámetros y las rutas de conmutación para el establecimiento de las llamadas telefónicas en toda la red.

La información de los nodos Barranquilla, Rionegro, Cali y Cúcuta se encuentra en el disco duro del MD-110 de Bogotá, sin embargo, estos nodos poseen una memoria de tipo volátil, con la cual pueden funcionar localmente en caso de que falle el enlace con Bogotá, pero en caso de que el equipo se apague, requiera cambios de datos o se requiera comunicación con abonados de Bogotá o de otro nodo con el cual no se tenga enlace, se necesita del enlace con Bogotá para la recarga de datos, cambio de datos o para la conmutación. Los equipos de estos nodos se programan y administran directamente en el equipo de Bogotá.

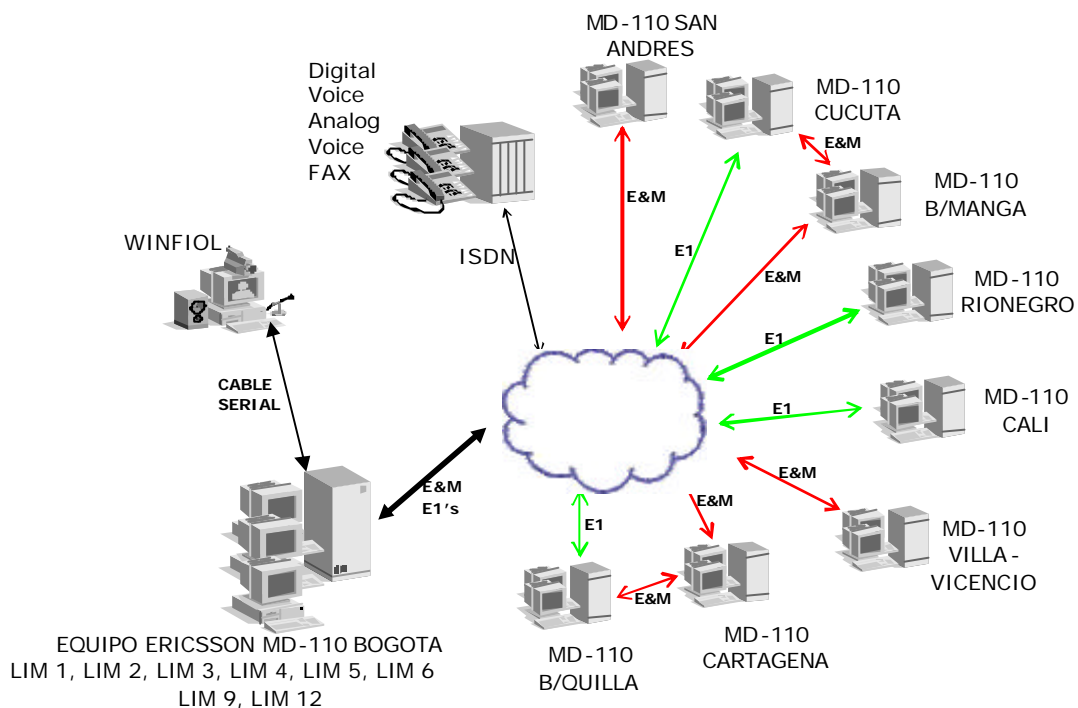
San Andrés, Bucaramanga, Villavicencio y Cartagena poseen disco duro en sus equipos. Estos equipos que tienen su propio disco duro son programados desde Bogotá vía MODEM. Con estos nodos no hay problema si se apagan los equipos porque no necesitan recarga con Bogotá, pues la información la guardan en sus discos duros. Se requiere del enlace de Bogotá para cambios en la programación de extensiones y para comunicación con abonados de Bogotá o de otra cabecera con la cual no se tenga enlace.

El nodo central Bogotá y los demás nodos de la red MD-110 se comunican entre sí utilizando la red de multiplexores Promina mediante enlaces E1 o E&M, tal como se observa en la figura 72. En esta figura también se observa que los nodos de Bucaramanga y Cúcuta poseen enlaces análogos E&M entre sí, este enlace permite comunicar abonados de Bucaramanga y Cúcuta directamente sin conmutar con el equipo en Bogotá. En caso de que los enlaces análogos E&M estén ocupados se requiere hacer la conmutación con Bogotá. Este caso es similar al de Barranquilla y Cartagena.

Los enlaces son configurados y programados por medio del software Winfiol en el equipo Ericsson MD-110 ubicado en Bogotá. La red MD-110 también presta el servicio de FAX, voz análoga y voz digital por medio de ISDN.

La red MD-110 también posee acceso a la red de telefonía urbana nacional en las ciudades de Bogotá, Medellín, Barranquilla, Cali, Cúcuta, Villavicencio, Cartagena, San Andrés y Bucaramanga, y presta entre otros, servicios de telefonía como Llamada en espera, Captura de llamada, Rellamada, Conferencia y "sígueme" o desvío a una extensión.

Figura 72. Distribución de las Troncales de la red MD-110.



Documentos internos UAEAC

6.3 CONEXIÓN ENTRE PLANTAS Y PLANTA-ABONADO

Hay dos tipos diferentes de conexión:

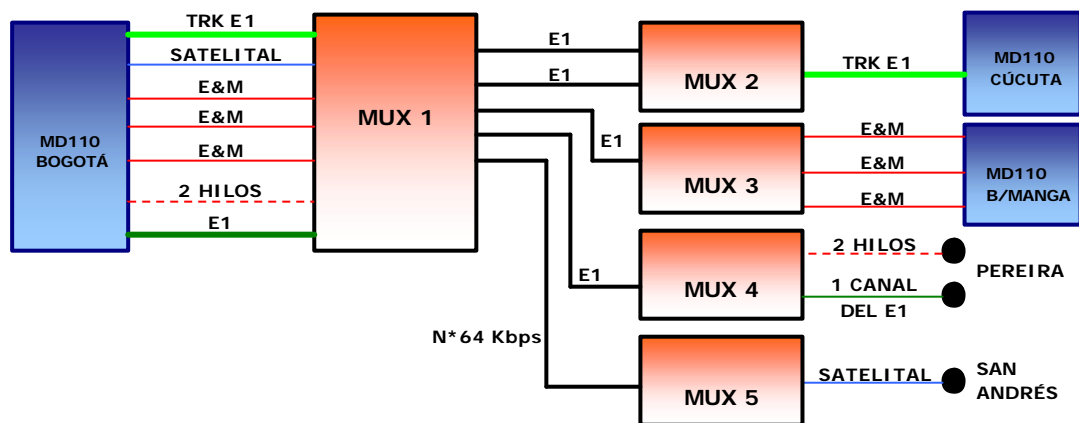
- Conexión entre Plantas: en este caso las Plantas Telefónicas se conectan mediante enlaces E1 y enlaces E&M, formando una Troncal entre las Plantas.
- Conexión Planta-Abonado: en este caso desde alguna de las Plantas Telefónicas se envían extensiones a algún abonado específico. El enlace puede ser a dos hilos, E&M, digital (canales de E1). La Red Promina se ajusta con sus tarjetas de interfaz a cualquiera de estos tipos de enlace.

La Red de la Aerocivil posee teléfonos digitales en sitios donde se encuentre una planta telefónica y por medio de tarjetas digitales ubicadas en el equipo local la línea es llevada hasta el teléfono. Para teléfonos análogos las líneas individuales se pueden llevar hasta estos sitios así no tengan planta por que se cuenta con las tarjetas de interfaz de los Multiplexores Promina.

Como se observa en la figura de la red nacional del MD-110 (sección 6.4), la red está intercomunicada mediante enlaces E1, enlaces análogos a dos hilos y E&M utilizando la Red de transporte de microondas y la Red Satelital. A continuación se describe la conexión de estos cuatro tipos de enlace del MD-110 a la red de multiplexores Promina.

La figura 73 muestra un ejemplo de una pequeña parte de la red MD-110. Para facilidad del esquema se omiten los nodos intermedios entre el nodo inicial (MUX 1) y los nodos destino (MUX 2, 3, 4 y 5).

Figura 73. Ejemplo de la red MD110 utilizando la red de multiplexores



Adaptación de los autores

En los enlaces E1 (2.048 Mbps, color verde) del MD-110, los 30 canales no son de voz, hay unos canales reservados para datos. Los canales de voz de 64 Kbps del enlace del MD-110 se comprimen en el multiplexor a 8 Kbps. Esta compresión permite que solo se use una parte de la capacidad de la Troncal E1 entre los multiplexores (enlaces color negro), aproximadamente se usa 320 Kbps de los 2.048 Mbps, es decir un enlace E1 del MD-110 ocupa menos de un E1 de la troncal de un multiplexor debido a la compresión.

El enlace E1 de color verde claro es una Conexión entre Plantas. Se usa para formar la troncal entre las plantas telefónicas de Bogotá y Cúcuta, en este caso, todos los canales del E1 son para la conexión entre las plantas telefónicas. El MUX 2 se encarga de comprimir y/o descomprimir la información del equipo MD-110 de Cúcuta.

El enlace E1 de color verde oscuro es una conexión Planta-Abonado. No forma troncal con otra planta telefónica, en este caso, cada canal de voz puede ser enviado a diferentes destinos, en este ejemplo se observa que un canal es enviado a Pereira

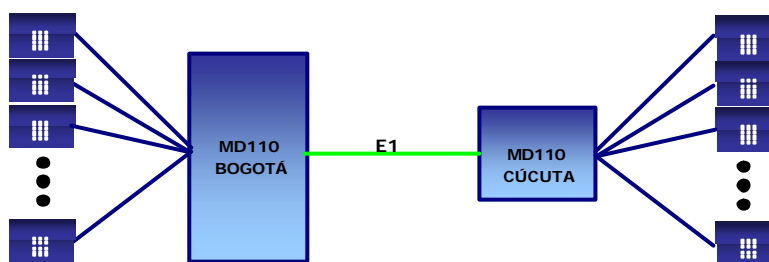
donde de acuerdo a la tarjeta interfaz del multiplexor destino (Mux 4) se puede entregar la extensión a 2 hilos, 6 hilos, etc.

Los enlaces E&M son una conexión entre Plantas (Bogotá-Bucaramanga) y se comprimen a 8 Kbps. Este tipo de enlace también se usa para conexiones Planta-Abonado (Bucaramanga-Ocaña, Bogotá-Ibagué).

Los enlaces satelitales se usan en sitios donde es difícil acceder con microondas o donde se requiera de respaldo. Se comprimen a 8 Kbps y la entidad usa canales de 64 Kbps debido a su alto costo.

6.3.1. Conexiones entre Plantas. En la figura 74 se muestra la troncal E1 entre las plantas telefónicas de Bogotá y Cúcuta.

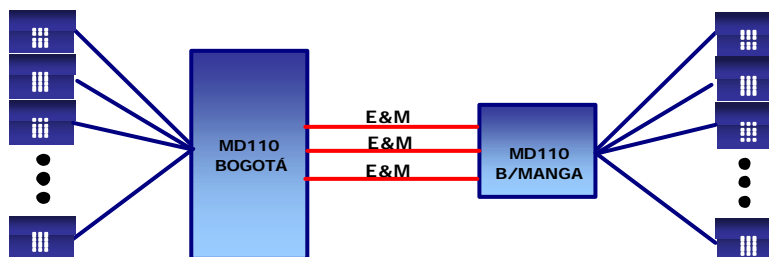
Figura 74. Troncal entre plantas telefónicas Bogotá-Cúcuta.



Adaptación de los autores

Los equipos MD-110 son los encargados de la conmutación. El enlace E1 tiene 30 canales de transporte de información de los cuales el 1, 3, 5, 7 y 16 son para datos y los restantes son para voz. Por lo tanto se pueden realizar un máximo de 25 llamadas simultáneas. Estas llamadas no son necesariamente entre abonados de las Plantas de Bogotá y Cúcuta, pueden disponer de estas líneas digitales abonados de Plantas que posean Troncales con las Plantas de Bogotá y Cúcuta. En la figura 75 se muestra la conexión entre las Plantas Telefónicas de Bogotá y Bucaramanga por enlaces E&M.

Figura 75. Troncal entre plantas telefónicas Bogotá-Bucaramanga.

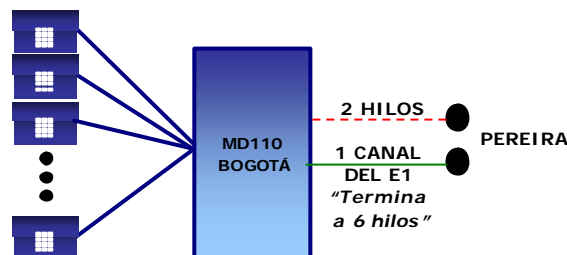


Adaptación de los autores

Los equipos MD-110 son los encargados de la conmutación. Para este caso solo puede existir un máximo de 3 llamadas simultáneas entre los diferentes usuarios debido a que hay solo tres enlaces E&M. Estas llamadas no son necesariamente entre abonados de las Plantas de Bogotá y Bucaramanga, pueden disponer de estas líneas digitales abonados de Plantas que posean Troncales con las Plantas de Bogotá y Bucaramanga.

6.3.2. Conexiones Planta-Abonado. En la figura 76 se muestra la conexión para los enlaces E&M (6 hilos) y 2 hilos entre Bogotá y Pereira.

Figura 76. Conexión Bogotá-Pereira de la red MD110



Adaptación de los autores

De la figura se puede observar que una extensión es enviada desde Bogotá usando uno de los canales del E1 del MD-110 y es entregada en Pereira con una interfaz análoga a 6 hilos. Para la otra extensión se usó una tarjeta de interfaz análoga de 2 hilos en Bogotá y Pereira tanto en los equipos Multiplexores como en las Plantas telefónicas MD-110.

En este caso el equipo MD-110 de Bogotá se encarga de conmutar los abonados de Bogotá y los de otras Plantas que requieran comunicación con Pereira (Si un abonado en Bucaramanga se comunica con un abonado de Pereira, se debe hacer la conmutación con el equipo MD-110 de Bogotá obligatoriamente). Solo dos usuarios se pueden comunicar simultáneamente con Pereira, uno por el enlace a dos hilos y el otro por el enviado por el E1. Estas llamadas no son necesariamente entre abonados de la Planta de Bogotá y los dos abonados de Pereira, pueden disponer de estas líneas digitales abonados de Plantas que posean Troncales con la Planta de Bogotá.

El caso del enlace satelital es un ejemplo de conexión Planta-Abonado y su funcionamiento es similar al de Pereira, con la diferencia que para Pereira se emplea la red de microondas y para San Andrés se emplea la red satelital.

6.4 TOPOLOGÍA DE LA RED MD-110 DE LA UAEAC

La red conmutada MD-110 provee servicios de voz a través de extensiones cuya numeración se muestra en la tabla 21. En esta tabla se puede observar que la

numeración se ha dividido de acuerdo a la cabecera de la regional a la cual llega una extensión MD-110.

Tabla 21. Numeración de las extensiones de la red MD-110

CABECERA	NÚMEROS EXTENSIONES
Bogotá	2000/3999
Rionegro	4000/4499
Barranquilla	4500/4999
Bucaramanga	5000/5099
Cali	5100/5399
Villavicencio	5400/5599
San Andrés	5600/5699
Cúcuta	5700/5799
Cartagena	5800/5999

Adaptación de los autores

La figura 77 muestra la distribución de la red a nivel nacional, en donde se observa las conexiones entre el nodo principal de Bogotá y las diferentes cabeceras especificadas anteriormente, así como las conexiones que se presentan desde las cabeceras a otros puntos de la red.

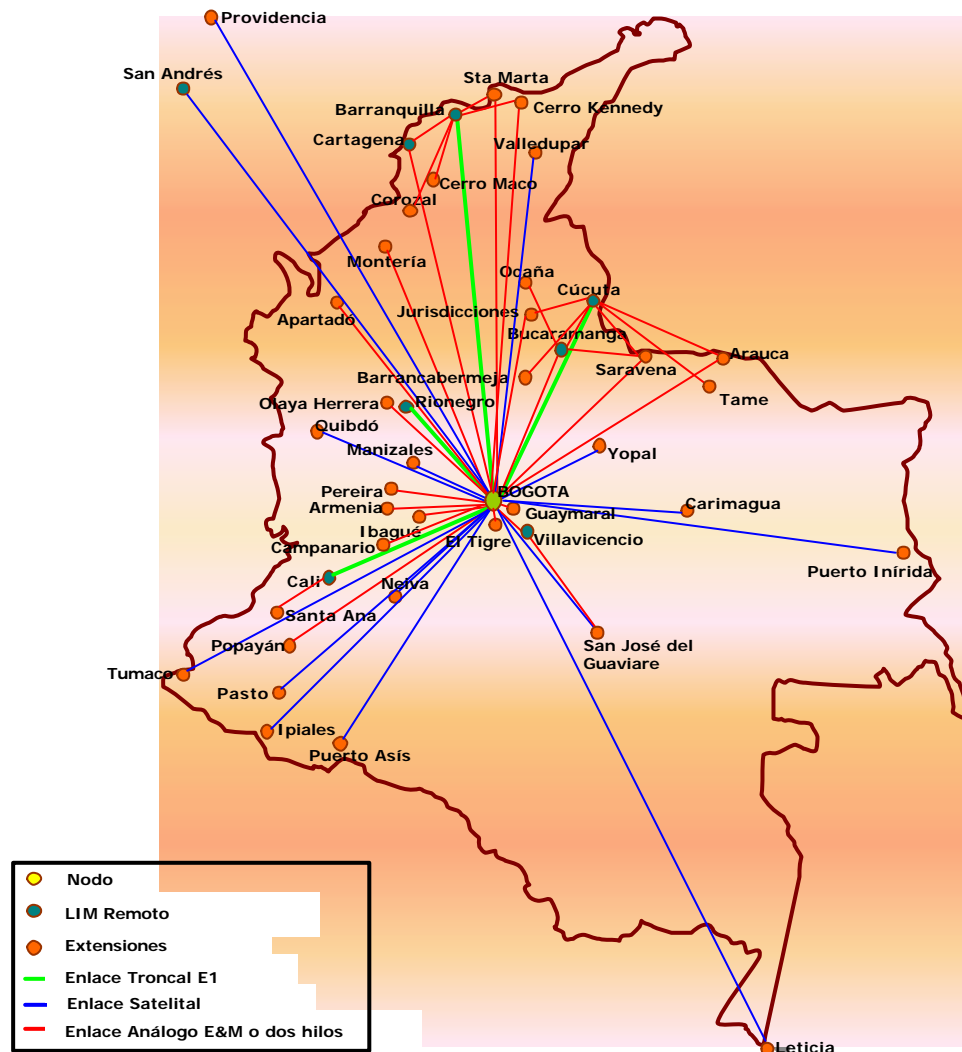
6.5 CARACTERÍSTICAS ESPECIALES DEL EQUIPO MD-110

El equipo MD-110 ofrece máscaras para Conversión de Rutas, por ejemplo la ETB suministra las líneas telefónicas 266XXXX (266**2000** a la 266**3999**) para comunicación directa con la entidad en Bogotá y como se observa en la tabla 21, estas corresponden con las extensiones usadas por el equipo MD-110 en Bogotá, por lo tanto, no se requiere en este caso el uso de máscaras para comunicar un usuario de la red pública con un abonado del equipo de Bogotá. En el caso de Cali, la empresa de telefonía ofrece las líneas 418XXXX (418**5000** a la 418**5099**), pero los cuatro dígitos finales coinciden con las extensiones programadas para abonados del equipo MD-110 de Bucaramanga y no el de Cali, en este caso en el equipo MD-110 de Cali se realiza una máscara cuando un usuario de la red pública de Cali se comunica con un abonado de la Planta MD-110 de Cali. Por ejemplo cambiando el tercer dígito menos significativo, si un usuario de la red pública marca 418**5001** el equipo MD-110 lo convertiría en 418**5101**, y lo comunica con la extensión 5101 la cual corresponde a un abonado de la Planta de Cali. Si un usuario de la red pública marca 4185101 se comunicará con la persona en Cali que se le asignó esta línea y obviamente no corresponde a un abonado de la Aerocivil Cali.

El equipo MD-110 también ofrece máscaras para Ruta de menor costo, por ejemplo para llamadas a larga distancia por redes públicas el equipo se programa para que estas llamadas se realicen por el prestador de servicio (Orbitel, 07, Telecom) que en ese momento ofrezca un menor costo. Así el usuario digite un prestador de servicio (05-07-09) específico, el equipo enruta por donde se le ha establecido previamente según el análisis de valor del impulso.

El equipo MD-110 posee troncales con un banco de equipos celulares. La mayoría de estos equipos son asignados para ser usados por las extensiones de la Planta telefónica que poseen la categoría adecuada para realizar este tipo de llamadas. Los otros equipos están asignados para recibir llamadas y pasarlas al conmutador para posteriormente comunicarl as con las extensiones de la Planta. Los funcionarios que se encuentren en el Plan de la Aerocivil pueden comunicarse entre ellos de manera gratuita, además pueden comunicarse con las extensiones de la Planta telefónica de manera gratuita usando los equipos celulares asignados para recibir llamadas.

Figura 77. Mapa de la topología de la red MD-110 Nacional



Adaptación de los autores

6.6 INTERFAZ DE ACCESO A LA RED MD-110

La interfaz entre el usuario y el equipo MD-110 de Ericsson la provee el software Winfiol proveído también por la firma Ericsson. Este es un software de programación mediante el cual se ingresan los parámetros de la red y se programan los enlaces de la misma. Del equipo con el software Winfiol se conecta mediante el puerto serial a la unidad de interfaz de programación IPU en la tarjeta conectada al disco duro del equipo Ericsson MD-110.

Conjuntamente al software Winfiol, se dispone de otro software de ayudas de la programación llamado ALEX el cual provee el soporte de todos los comandos, parámetros, normas de cableado, señalizaciones y mantenimiento del equipo.

6.7 MONITOREO Y TARIFICACIÓN DE EXTENSIONES DE LA RED MD-110

Por medio del software "PC Sistel" se tiene acceso a la información detallada de las llamadas realizadas por cada una de las extensiones. Esta información detalla la hora de la llamada, duración de la llamada, número destino y Troncal usada.

Con este programa también se calcula el gasto de cada extensión por el uso de las redes ajenas a la entidad en llamadas nacionales, internacionales y celular. Con esta aplicación se puede asignar un presupuesto a las extensiones con categoría para realizar este tipo de llamadas, al superar este presupuesto automáticamente se baja la categoría de la extensión y se bloquea este tipo de llamadas (prepago).

La Tarificación con las cabeceras con enlaces E&M no se puede realizar debido a que no hay canales de datos, por lo tanto no hay manera de controlarlas por medio del Software para el uso de llamadas usando las redes públicas.

6.8 MANUALES PARA SISTEMA DE COMUNICACIÓN CONMUTADA PARA EL ÁREA ADMINISTRATIVA EN GENERAL

Los manuales para el Sistema de comunicación conmutada para el área administrativa en general, es decir, los manuales de usuario, operación y mantenimiento del equipo MD110 se encuentran en el Centro Nacional de Aeronavegación donde esta el equipo principal y también están disponibles en las principales cabeceras (Barranquilla, Rionegro, Cali, San Andrés, Bucaramanga, Villavicencio, Cúcuta y Cartagena) donde se encuentran los demás LIM.

Estos manuales se encuentran en copia magnética (CDs) y también están disponibles en libros.

7. RED DE TELECOMUNICACIONES FIJAS AERONÁUTICAS – AFTN (AERONAUTICAL FIXED TELECOMMUNICATIONS NETWORK)

En el mundo de la aviación, la red de telecomunicaciones fijas aeronáuticas (AFTN) representa un medio fundamental para el intercambio de información de carácter meteorológico relativa a las operaciones aéreas y NOTAMs.¹ Debido a la inherente necesidad de actualización de la documentación relativa a este sistema en la Aeronáutica Civil, se pretende con este capítulo presentar una recopilación teórica que menciona las características generales del sistema. Como referencia se recomienda observar el Anexo H donde se encuentra la terminología típica utilizada en este ámbito y una detallada descripción de la red AFTN utilizada en la UAEAC, incluyendo una presentación de los antecedentes de esta red en Colombia para que el lector comprenda, de manera fácil, la operación de esta red y su funcionamiento a nivel nacional.

Cumpliendo con el objetivo de actualizar la información de la red AFTN, se realizó un diagrama de la topología de red en Colombia, el cual contribuye al análisis de cubrimiento de este servicio y da pie para contemplar futuras expansiones que la Aeronáutica Civil considere necesarias.

7.1 LA RED AFTN EN COLOMBIA

La red nacional cuenta con 6 estaciones principales que operan a 9.6 Kbps y 29 estaciones secundarias que operan a 1.2Kbps. Además, posee salidas internacionales a Venezuela, Ecuador y Perú.

El sistema de la red AFTN está compuesto principalmente por los siguientes elementos:

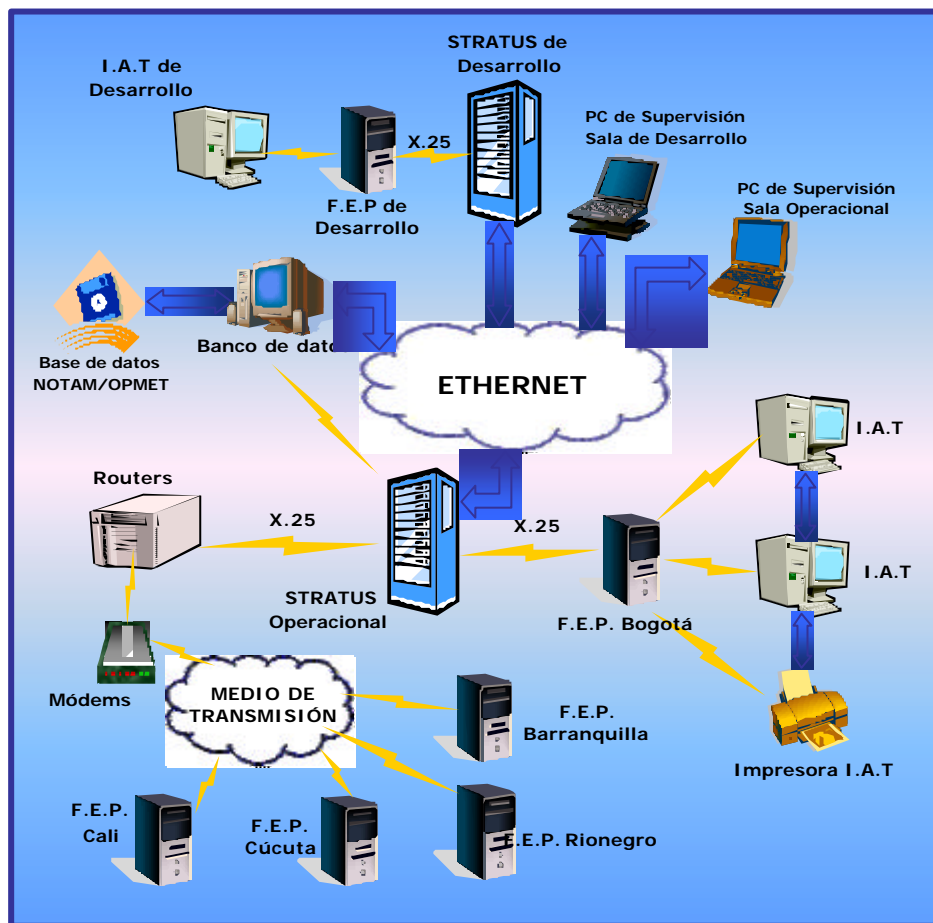
- ✓ Un computador principal que efectúa el proceso en forma centralizada, en lo referente al tráfico de mensajes AFTN reglamentado por la OACI.
- ✓ Seis concentradores de tráfico, ubicados en cada regional del país como Barranquilla (Atlántico), Cúcuta (Norte de Santander), Rionegro (Antioquia), Villavicencio (Meta), Cali (Valle) y la Central principal Bogotá (Cundinamarca).
- ✓ Un servidor para el manejo y proceso de los mensajes NOTAM y la información meteorológica, esta última es actualizada y distribuida cada hora, de acuerdo con las reglamentaciones de la OACI.
- ✓ Terminales Para la administración, supervisión y monitoreo del tráfico de mensajes a través de toda la red.

¹ NOTAM: Aviso que contiene información relativa al establecimiento, condición o modificación de cualesquiera instalaciones, servicios, procedimientos o peligros aeronáuticos que es indispensable que conozca oportunamente el personal que realiza operaciones de vuelo

- ✓ Terminales de usuario final conformados por un PC, una impresora y el software diseñado para el envío y recepción de todos los tipos de mensajes cursados a través de la red AFTN.

En la siguiente figura se muestra un esquema general de la infraestructura de la red AFTN de la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil.

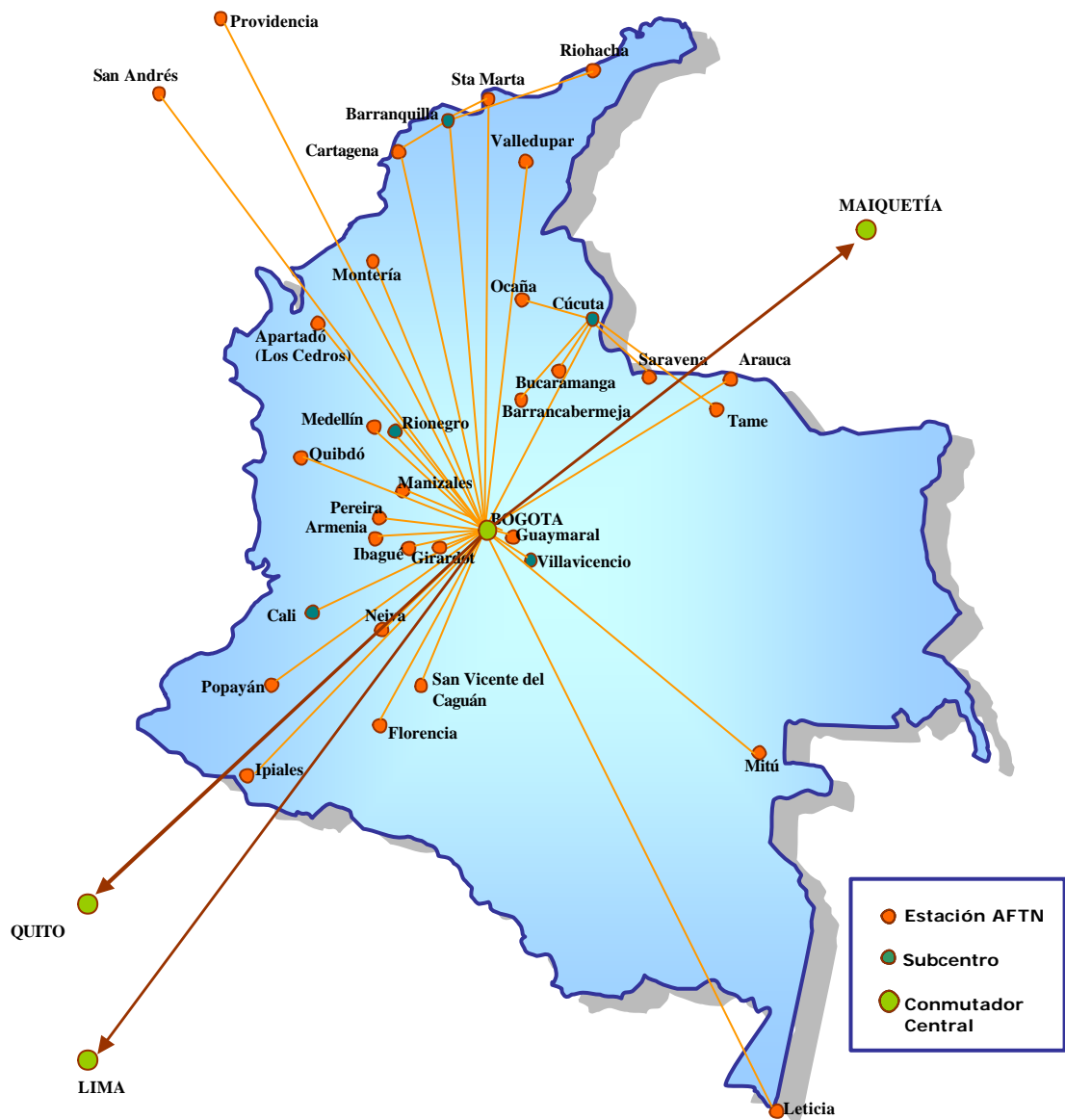
Figura 78. Estructura de la red AFTN en Colombia



Adaptación de los autores

La central STRATUS operacional almacena en sus discos duros toda la información AFTN proveniente de todas las estaciones a través de los concentradores FEP. Lo anterior es realizado por medio de dos enrutadores, los cuales están localizados en sala técnica junto al concentrador en Bogotá: uno utiliza enlaces de microondas y el otro utiliza enlaces satelitales (Los datos son entregados a la red de multiplexores de la UAEAC o bien transportados de manera directa por enlace satelital). En la figura 79 se muestra la distribución de la red AFTN en Colombia

Figura 79. Mapa de la topología de la red AFTN en Colombia



Adaptación de los autores

7.2 INTERFAZ DE ACCESO A LA RED AFTN

Para la configuración de los enrutadores de la red AFTN para el manejo de mensajes provenientes de los FEP al sistema STRATUS, se dispone de un equipo terminal el cual provee una interfaz desde donde son programadas todas las rutas, enlaces y demás parámetros y características de los enrutadores. De igual forma, también se dispone de un equipo terminal para la configuración de los parámetros propios del equipo STRATUS operacional ubicado junto al mismo.

Existen dos tipos de terminales en el sistema AFTN, los cuales operan sobre sistema operativo DOS 6.2:

- ✓ El terminal NOTAM realiza todas las operaciones relacionadas con las facilidades de los diferentes aeropuertos y estaciones a nivel nacional e internacional.
- ✓ El terminal OPMET trabaja todo lo relacionado con la alimentación al banco de datos de toda la información meteorológica. Los anteriores son controlados por la aplicación de base de datos en ORACLE.

Los IAT funcionan bajo el sistema operativo DOS y dichos entornos están programados en lenguaje C para la interacción entre el usuario y el sistema.

El banco de datos es un servidor que maneja la información de NOTAM y OPMET en sistema operativo UNIX el cual maneja un software de aplicaciones desarrollado en ORACLE. De manera similar, los terminales de supervisión también están basados en el sistema operativo Santa Cruz Operation de UNIX y manejan un software llamado AERMAC para aplicaciones.

Mediante este software, el operador tiene acceso a la red AFTN en un ambiente gráfico desde donde puede monitorear la red y ver el estado de la misma en todos sus nodos.

7.3 MANUALES DE OPERACIÓN

Los manuales de operación e instalación de la red AFTN que posee la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil son suministrados por la firma SYSECA Computing Systems & Services y se encuentran en la sala técnica de Bogotá los cuales se describen a continuación:

- Guía de instalación, configuración y mantenimiento del sistema AERMAC, el cual presenta una descripción técnica de los componentes de la red AFTN, la arquitectura y configuración del software AERMAC.
- Guía de instalación y mantenimiento de las posiciones IAT, en donde se describe la instalación del Hardware, la instalación y configuración del software IAT y el mantenimiento del hardware del PC y la impresora IAT.
- Procedimientos de instalación de los enlaces X.25, los cuales son una guía de la interconexión entre los FEP, el equipo STRATUS, la aplicación AERMAC, módems y enrutadores, así como la configuración de los parámetros de los mismos. Además presenta las guías de mantenimiento de los enlaces X.25
- Manual de instalación del Banco de Datos, el cual presenta las pautas de la configuración del sistema UNIX, instalación del software ORACLE V7, demás herramientas del banco de datos y operaciones de mantenimiento.
- Procedimientos de instalación de las posiciones de supervisión, que describen la configuración del hardware de los equipos de supervisión y su mantenimiento.
- Archivo de datos de instalación y cableado

8. EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD TÉCNICA DE LA RED WAN DE LA UAEAC

Para dar luz verde a los proyectos de expansionismo de la red de comunicaciones de la Aeronáutica Civil, es necesario para esta entidad realizar un completo estudio de los recursos internos para determinar de manera acertada la factibilidad de dichos proyectos. Uno de los aspectos más importantes en que la UAEAC necesita tener un claro conocimiento, es la capacidad en ancho de banda que posee en los enlaces que conforman la red nacional de transporte de datos, que como se especifica en el capítulo 1, corresponde al estudio de la capacidad técnica de la red de multiplexores Promina basada en la red de microondas y la red satelital.

El propósito de este capítulo consiste en dar a conocer los resultados de dicha evaluación iniciando con el análisis de la capacidad técnica de la red de multiplexores Promina, que junto con la red satelital, conforma la red WAN nacional para el transporte de servicios aeronáuticos y no aeronáuticos. Los análisis se realizan utilizando herramientas computacionales de los sistemas de gestión de la red Promina y de la red satelital, los cuales permiten determinar el uso real del ancho de banda de cada uno de los enlaces que conforman dichas redes.

Por otro lado, en este capítulo se presenta el listado de los servicios conectados a cada uno de los nodos de la red de multiplexores Promina y la red de comunicaciones satelitales con el fin de establecer cómo se utiliza el ancho de banda y proponer, más adelante, la posible adición o expansión de los servicios de comunicaciones de la UAEAC.

8.1 CAPACIDAD TÉCNICA DE LA RED DE MULTIPLEXORES PROMINA

Con el fin de determinar el aprovechamiento real del ancho de banda de la red de multiplexores con respecto a los servicios que se prestan en la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil a continuación se realiza un análisis de cada uno de los nodos que conforman la red WAN para establecer que porcentaje de ancho de banda se está utilizando. La interconexión de los nodos de la red se muestra en la figura 80.

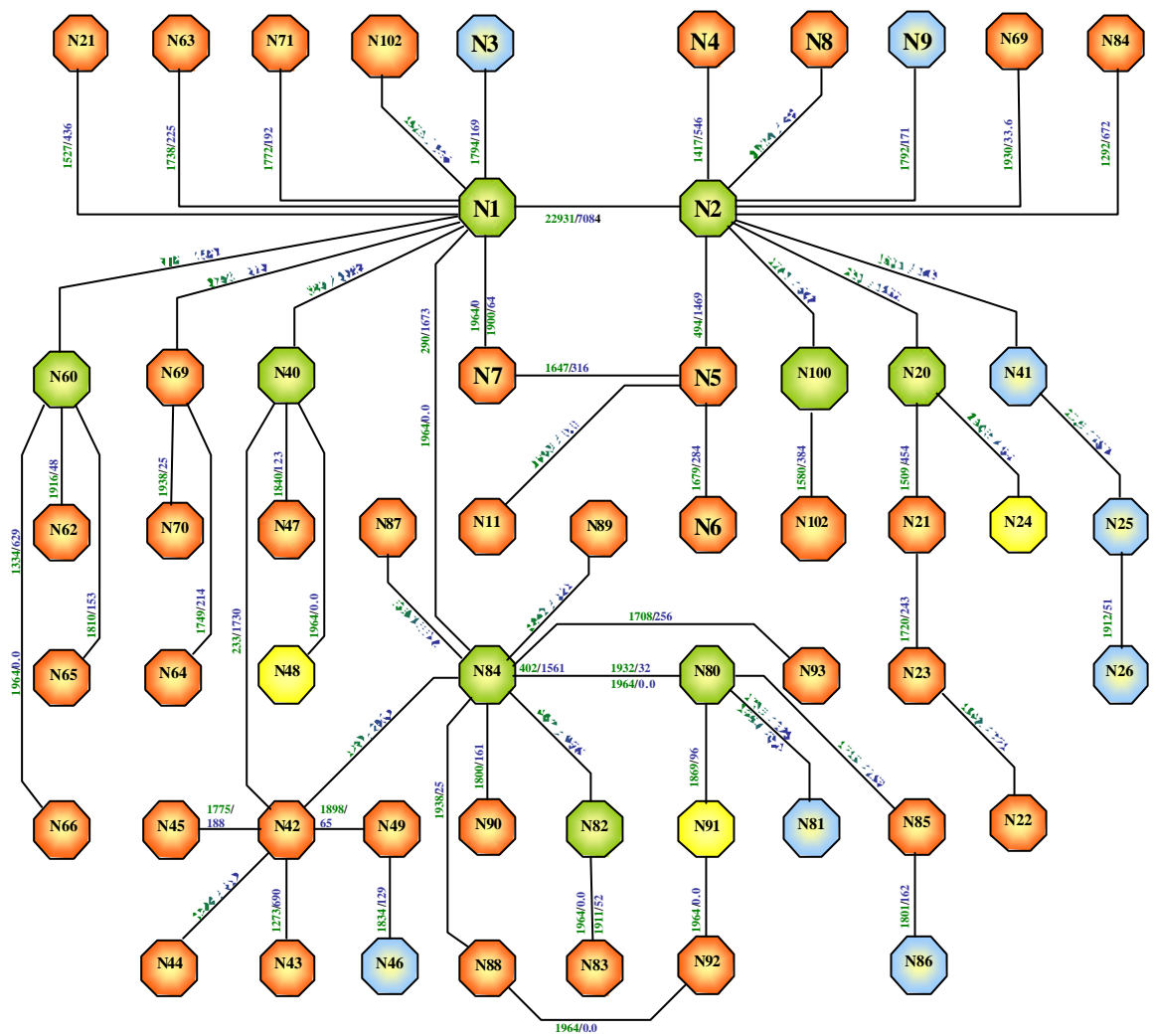
Los nodos en color verde corresponden a aquellos que poseen equipo Promina 800, los que se muestran en color naranja son nodos con equipo Promina 400, los nodos en color azul son nodos con equipo Promina 200 y los nodos en color amarillo poseen equipos Promina 100 modelo 2. La relación que se muestra entre los enlaces corresponde al ancho de banda libre/ancho de banda en uso del canal.

La determinación del ancho de banda de los enlaces se realiza utilizando un computador SUN Microsystems con sistema operativo UNIX en el cual se monta la interfaz gráfica de usuario utilizando una base de datos en ORACLE en donde se ingresa con una sesión de Telnet introduciendo un nombre de usuario y una contraseña.

Una vez iniciada la sesión, mediante el comando `q link nAnB`, donde nA es un nodo de origen y nB es un nodo destino, es posible saber el ancho de banda utilizado y libre entre estos dos nodos. De esta forma se obtiene la información a nivel de backbone y a nivel de localidades (o regionales) de la utilización del ancho de banda.

En algunos casos se observa que algunos enlaces entre un par de nodos tienen asignado más de un canal de datos debido a la cantidad de tráfico que se cursa entre ese par de nodos, o, como en el caso especial de la conexión CNA-CNA2, se tiene un único canal pero con un ancho de banda mucho mayor al de los demás enlaces debido a la necesidad entre estos dos nodos de manejar grandes cantidades de información.

Figura 80. Interconexión de los nodos de la red de multiplexores Promina



Adaptación de los autores

8.1.1 Análisis del ancho de banda actual en el backbone de la red de multiplexores Promina. Los nodos considerados como parte del backbone de la red de multiplexores Promina son CNA, CNA2, TBZ, BAQ, CKY, CUC, BGA, CLO, CMP, RNG, JUR y VVC, los cuales todos son conformados por equipos Promina 800 excepto los nodos CMP, TBZ y CKY que son conformados por equipos Promina 400.

La utilización del ancho de banda de estos enlaces se puede consultar en la tabla 22. De aquí se deduce que el promedio (media aritmética) del porcentaje del ancho de banda utilizado en el backbone es del 47.12%

Tabla 22. Ancho de banda de los enlaces de backbone de la red Promina

nodo origen	nodo destino	Ancho de Banda (BW) [Kb]		Porcentaje del BW utilizado
		Disponible	En uso	
1 (CNA)	2 (CNA2)	22931	7084	23.60%
1 (CNA)	40 (BAQ)	383	1580	80.49%
1 (CNA)	60 (CLO)	378	1585	80.74%
1 (CNA)	69 (CMP)	1750	213	10.85%
1 (CNA)	84 (JUR)	290	1673	85.23%
1 (CNA)	84 (JUR)	1964	0	0.00%
2 (CNA2)	5 (TBZ)	494	1469	74.83%
2 (CNA2)	20 (RNG)	331	1632	83.14%
2 (CNA2)	100 (VVC)	1281	682	34.74%
40 (BAQ)	42 (CKY)	233	1730	88.13%
42 (CKY)	84 (JUR)	1707	257	13.09%
80 (CUC)	84 (JUR)	402	1561	79.52%
80 (CUC)	84 (JUR)	1932	32	1.63%
80 (CUC)	84 (JUR)	1964	0	0.00%
82 (BGA)	84 (JUR)	967	996	50.74%

Adaptación de los autores

8.1.2 Análisis del ancho de banda actual por localidad de la red de multiplexores Promina. Los nodos que conforman la red de multiplexores Promina además de los especificados en el backbone se consideran nodos secundarios y conforman las diferentes regionales¹ de la red nacional, estos nodos se conectan a los diversos nodos del backbone como se muestra en la figura 112.

En la tabla 23 se especifican los enlaces por localidad o secundarios así como el ancho de banda utilizado y libre de cada uno de estos enlaces.

El promedio de los porcentajes del ancho de banda en uso de los diferentes nodos por localidad es del 10.71%, considerablemente menor que el promedio en los enlaces del backbone

¹ Para más información de las regionales de la red de multiplexores consultar la sección 3.4

Tabla 23. Ancho de banda de los enlaces por localidades de la red

Nodo origen	Nodo destino	Ancho de Banda (BW) [Kb]		Porcentaje del BW utilizado
		Disponible	En uso	
1 (CNA)	3 (GDT)	1794	169	8.61%
1 (CNA)	7 (MJI)	1900	64	3.26%
1 (CNA)	7 (MJI)	1964	0	0.00%
1 (CNA)	21 (CRD)	1527	436	22.21%
1 (CNA)	63 (PEI)	1738	225	11.46%
1 (CNA)	71 (CMD)	1772	192	9.78%
1 (CNA)	102 (CTG)	1820	144	7.33%
2 (CNA2)	4 (GYM)	1417	546	27.81%
2 (CNA2)	8 (RSL)	1924	40	2.04%
2 (CNA2)	9 (IBG)	1792	171	8.71%
2 (CNA2)	41 (CNATP)	1821	143	7.28%
2 (CNA2)	69 (CMP)	1930	33.6	1.71%
2 (CNA2)	84 (JUR)	1292	672	34.22%
5 (TBZ)	6 (TBZ2)	1679	284	14.47%
5 (TBZ)	7 (MJI)	1647	316	16.10%
5 (TBZ)	11 (PBA2)	1965	0	0.00%
20 (RNG)	21 (CRD)	1509	454	23.13%
20 (RNG)	24 (CGD)	1900	64	3.26%
21 (CRD)	23 (STH)	1720	243	12.38%
22 (OLY)	23 (STH)	1592	371	18.90%
25 (APD)	26 (APT-T)	1912	51	2.60%
25 (APD)	41 (CNATP)	13.6	35.3	72.19%
40 (BAQ)	47 (Tubara)	1840	123	6.27%
40 (BAQ)	48 (PLO)	1964	0	0.00%
42 (CKY)	43 (MCO)	1273	690	35.15%
42 (CKY)	44 (CTG)	1546	417	21.24%
42 (CKY)	45 (SMR)	1775	188	9.58%
42 (CKY)	49 (ALG)	1898	65	3.31%
49 (ALG)	46 (VDP)	1834	129	6.57%
60 (CLO)	62 (CPT)	1916	48	2.44%
60 (CLO)	65 (PPY)	1810	153	7.79%
60 (CLO)	66 (ANA)	1964	0	0.00%
60 (CLO)	66 (ANA)	1334	629	32.04%
69 (CMP)	64 (AXM)	1749	214	10.90%
69 (CMP)	70 (CTO)	1938	25	1.27%
80 (CUC)	81(CUC -TWR)	1964	0	0.00%
80 (CUC)	81(CUC -TWR)	1785	178	9.07%
80 (CUC)	85 (AUC)	1713	250	12.74%
80 (CUC)	91 (ORT)	1869	96	4.89%
82 (BGA)	83(BGA-TWR)	1964	0	0.00%
82 (BGA)	83(BGA-TWR)	1911	52	2.65%
84 (JUR)	87 (TME)	1850.7	113.2	5.76%
84 (JUR)	88 (SVA)	1938	25	1.27%
84 (JUR)	89 (OCN)	1842	121	6.16%
84 (JUR)	90 (EJA)	1800	161	8.21%
84 (JUR)	93 (PCH)	1708	256	13.03%
85 (AUC)	86 (AUC-T)	1801	162	8.25%
88 (SVA)	92 (VRG)	1964	0	0.00%
91 (ORT)	92 (VRG)	1964	0	0.00%
100 (VVC)	102 (EGT)	1580	384	19.55%

Adaptación de los autores

8.1.3 Resultado de los análisis de la utilización del ancho de banda. Los análisis del ancho de banda utilizado tanto a nivel de backbone como a nivel por localidad muestran que gran parte de la capacidad de los enlaces no se está utilizando ya que como se vio anteriormente, el promedio del ancho de banda utilizado en el backbone de la red es de 47.12% y en los enlaces secundarios es del 10.71%. En total, sólo se está utilizando un valor aproximado promedio del 19% del ancho de banda entre todos los enlaces de la red de multiplexores.

El flujo de datos es mayor en el backbone, con enlaces ocupando hasta el 88.13% del ancho de banda. Aún así, hay otros enlaces de backbone que ocupan mucho menos de la mitad de su capacidad, lo que significa que están disponibles para la prestación de más servicios.

8.1.4 Servicios conectados a los nodos de la red. Los servicios conectados a los nodos de la red WAN de multiplexores son comunicaciones orales ATS, telefonía conmutada MD 110, telefonía directa, Datos y voz VHF-ER, datos de radar y datos AFTN. En la tabla 24 se listan cada uno de los servicios conectados a los nodos de la red, donde se puede observar que se pueden prestar múltiples servicios entre un mismo par de nodos, dependiendo si la capacidad del enlace es suficiente para soportarlos.

En caso de que un servicio necesite mayor ancho de banda, se puede programar el multiplexor de tal manera que se asigne una mejor capacidad para el servicio pero sin sobrepasar la capacidad física del enlace, además puede existir el caso de tener que disminuir el ancho de banda en un servicio para dárselo a otro si el primero tiene asignado un ancho de banda muy grande respecto a su utilización real.

Tabla 24. Listado de los nodos y los servicios de la red de multiplexores

NODO ORIGEN	TIPO DE SERVICIO	NODO DESTINO
1 (CNA)	ATS 119	3 (GDT)
1 (CNA)	EXTENSIÓN 3499	4 (GYM)
1 (CNA)	EXTENSIÓN 3496	4 (GYM)
1 (CNA)	EXTENSIÓN 3497	4 (GYM)
1 (CNA)	EXTENSIÓN 3498	4 (GYM)
1 (CNA)	EXTENSIÓN 3470	4 (GYM)
1 (CNA)	EXTENSIÓN 3491	4 (GYM)
1 (CNA)	EXTENSIÓN 3494	4 (GYM)
1 (CNA)	EXTENSIÓN 3471	4 (GYM)
1 (CNA)	EXTENSIÓN 3495	4 (GYM)
1 (CNA)	EXTENSIÓN 3492	4 (GYM)
1 (CNA)	EXTENSIÓN 3493	4 (GYM)
1 (CNA)	ATS 255	5 (TBZ)
1 (CNA)	FRECUENCIA 119, MAIN	5 (TBZ)
1 (CNA)	FRECUENCIA 123,7 MAIN TX	5 (TBZ)
1 (CNA)	DATOS RADAR	5 (TBZ)
1 (CNA)	DATOS RADAR	5 (TBZ)
1 (CNA)	FRECUENCIA 119,05 MAIN RX	6 (TBZ2)

NODO ORIGEN	TIPO DE SERVICIO	NODO DESTINO
1 (CNA)	FRECUENCIA 119,5 MAIN RX	6 (TBZ2)
1 (CNA)	FRECUENCIA 121,5 MAIN RX	6 (TBZ2)
1 (CNA)	FRECUENCIA 123,7 MAIN RX	6 (TBZ2)
1 (CNA)	FRECUENCIA 125,1 MAIN RX	6 (TBZ2)
1 (CNA)	FRECUENCIA 126,9 MAIN RX	6 (TBZ2)
1 (CNA)	FRECUENCIA 119,05 UNICA	7 (MJI)
1 (CNA)	FRECUENCIA 119,5 ST	7 (MJI)
1 (CNA)	FRECUENCIA 121,5 MAIN	7 (MJI)
1 (CNA)	FRECUENCIA 123,7 MAIN	7 (MJI)
1 (CNA)	FRECUENCIA 123,7 ST	7 (MJI)
1 (CNA)	FRECUENCIA 119,65 ST	7 (MJI)
1 (CNA)	FRECUENCIA 121.3 ST	7 (MJI)
1 (CNA)	FRECUENCIA 125,1 MAIN	7 (MJI)
1 (CNA)	FRECUENCIA 126,9 MAIN	7 (MJI)
1 (CNA)	FRECUENCIA 125,1 ST	7 (MJI)
1 (CNA)	FRECUENCIA 126,9 ST	7 (MJI)
1 (CNA)	MARC	7 (MJI)
1 (CNA)	EXTENSIÓN 3463	7 (MJI)
1 (CNA)	EXTENSIÓN 2429	8 (RSL)
1 (CNA)	EXTENSIÓN 2334	8 (RSL)
1 (CNA)	AFTN IBAGUE IDEAM	9 (IBG)
1 (CNA)	ATS 148	9 (IBG)
1 (CNA)	EXTENSIÓN 3592	9 (IBG)
1 (CNA)	EXTENSIÓN 3409	9 (IBG)
1 (CNA)	EXTENSIÓN 3408	9 (IBG)
1 (CNA)	FRECUENCIA 128,8 ST	10 (PBA)
1 (CNA)	FRECUENCIA 128,8 MAIN	10 (PBA)
1 (CNA)	FRECUENCIA 128,6 ST	10 (PBA)
1 (CNA)	AFTN RIONEGRO	20 (RNG)
1 (CNA)	ATS 247	20 (RNG)
1 (CNA)	ATS 217	20 (RNG)
1 (CNA)	ATS 151	20 (RNG)
1 (CNA)	ATS 130	20 (RNG)
1 (CNA)	DATOS RADAR	20 (RNG)
1 (CNA)	DATOS RADAR	20 (RNG)
1 (CNA)	DATOS RADAR	20 (RNG)
1 (CNA)	DATOS RADAR	20 (RNG)
1 (CNA)	DATOS RADAR	20 (RNG)
1 (CNA)	DATOS RADAR	20 (RNG)
1 (CNA)	DATOS RADAR	20 (RNG)
1 (CNA)	DATOS RADAR	20 (RNG)
1 (CNA)	FRECUENCIA 123,7 ST	21 (CRD)
1 (CNA)	DATOS RADAR	21 (CRD)
1 (CNA)	DATOS RADAR	21 (CRD)
1 (CNA)	AFTN OLAYA HERRERA	22 (OLY)
1 (CNA)	ATS 192	22 (OLY)
1 (CNA)	ATS 201	22 (OLY)

NODO ORIGEN	TIPO DE SERVICIO	NODO DESTINO
1 (CNA)	EXTENSIÓN 3704	22 (OLY)
1 (CNA)	FRECUENCIA 123, ST	25 (APD)
1 (CNA)	DATOS RADAR	25 (APD)
1 (CNA)	EXTENSIÓN 3454	26 (APT-T)
1 (CNA)	EXTENSIÓN 3453	26 (APT-T)
1 (CNA)	AFTN BARRANQUILLA	40 (BAQ)
1 (CNA)	ATS 106	40 (BAQ)
1 (CNA)	ATS 107	40 (BAQ)
1 (CNA)	ATS 164	40 (BAQ)
1 (CNA)	ATS 206	40 (BAQ)
1 (CNA)	ATS 169	40 (BAQ)
1 (CNA)	DATOS RADAR	40 (BAQ)
1 (CNA)	DATOS RADAR	40 (BAQ)
1 (CNA)	DATOS RADAR	40 (BAQ)
1 (CNA)	DATOS RADAR	40 (BAQ)
1 (CNA)	DATOS RADAR	43 (MCO)
1 (CNA)	DATOS RADAR	43 (MCO)
1 (CNA)	AFTN CARTAGENA	44 (CTG)
1 (CNA)	ATS 111	44 (CTG)
1 (CNA)	AFTN SANTA MARTA COM	45 (SMR)
1 (CNA)	ATS 141	45 (SMR)
1 (CNA)	EXTENSIÓN 3697	45 (SMR)
1 (CNA)	EXTENSIÓN 3698	45 (SMR)
1 (CNA)	EXTENSIÓN 3417	46 (VDP)
1 (CNA)	DATOS RADAR	Tubara
1 (CNA)	ATS 145	60 (CLO)
1 (CNA)	ATS 176	60 (CLO)
1 (CNA)	ATS 41	60 (CLO)
1 (CNA)	AFTN PEREIRA A	63 (PEI)
1 (CNA)	ATS 139	63 (PEI)
1 (CNA)	EXTENSIÓN 3484	63 (PEI)
1 (CNA)	EXTENSIÓN 3773	63 (PEI)
1 (CNA)	EXTENSIÓN 3200	63 (PEI)
1 (CNA)	EXTENSIÓN 3485	63 (PEI)
1 (CNA)	ATS 160	64 (AXM)
1 (CNA)	EXTENSIÓN 3473	64 (AXM)
1 (CNA)	EXTENSIÓN 3550	64 (AXM)
1 (CNA)	EXTENSIÓN 3410	64 (AXM)
1 (CNA)	EXTENSIÓN 3419	64 (AXM)
1 (CNA)	EXTENSIÓN 3699	65 (PPY)
1 (CNA)	EXTENSIÓN 3700	65 (PPY)
1 (CNA)	FRECUENCIA 125,1 ST	66 (ANA)
1 (CNA)	DATOS RADAR	66 (ANA)
1 (CNA)	DATOS RADAR	66 (ANA)
1 (CNA)	EXTENSIÓN 3459	69 (CMP)
1 (CNA)	ATS 219	71 (CMD)
1 (CNA)	AFTN CUCUTA	80 (CUC)

NODO ORIGEN	TIPO DE SERVICIO	NODO DESTINO
1 (CNA)	AFTN CUCUTA	80 (CUC)
1 (CNA)	ATS 193	80 (CUC)
1 (CNA)	EXTENSIÓN 3479	82 (BGA)
1 (CNA)	ATS 138	83 (BGA-TWR)
1 (CNA)	FRECUENCIA 128,6 ST	85 (AUC)
1 (CNA)	ATS 186	87 (TME)
1 (CNA)	ATS 170	88 (SVA)
1 (CNA)	ATS 155	89 (OCN)
1 (CNA)	ATS 241	93 (PCH)
1 (CNA)	AFTN VILLAVICENCIO CW	100 (VCC)
1 (CNA)	AFTN VILLAVICENCIO COM	100 (VCC)
1 (CNA)	AFTN VILLAVICENCIO FDP	100 (VCC)
1 (CNA)	AFTN VILLAVICENCIO OIA	100 (VCC)
1 (CNA)	ATS 171	100 (VCC)
1 (CNA)	DATOS RADAR	100 (VCC)
1 (CNA)	DATOS RADAR	100 (VCC)
1 (CNA)	DATOS RADAR	100 (VCC)
1 (CNA)	DATOS RADAR	100 (VCC)
1 (CNA)	EXTENSIÓN 3577	100 (VCC)
1 (CNA)	EXTENSIÓN 3574	100 (VCC)
1 (CNA)	EXTENSIÓN 3445	100 (VCC)
1 (CNA)	EXTENSIÓN 3488	100 (VCC)
1 (CNA)	EXTENSIÓN 3487	100 (VCC)
1 (CNA)	EXTENSIÓN 3543	100 (VCC)
1 (CNA)	EXTENSIÓN 3568	100 (VCC)
1 (CNA)	EXTENSIÓN 3431	100 (VCC)
1 (CNA)	EXTENSIÓN 3432	102 (ETG)
2 (CNA2)	AFTN GIRARDOT COM	3 (GDT)
2 (CNA2)	AFTN GUAYMARAL COM	4 (GYM)
2 (CNA2)	AFTN GUAYMARAL POLICIA ANT	4 (GYM)
2 (CNA2)	ATS 223	4 (GYM)
2 (CNA2)	ATS 256	4 (GYM)
2 (CNA2)	ATS 252	4 (GYM)
2 (CNA2)	ATS 149	4 (GYM)
2 (CNA2)	FRECUENCIA 119,65 MAIN TX	5 (TBZ)
2 (CNA2)	FRECUENCIA 121,3 MAIN TX	5 (TBZ)
2 (CNA2)	DATOS RADAR	5 (TBZ)
2 (CNA2)	DATOS RADAR	5 (TBZ)
2 (CNA2)	DATOS RADAR	5 (TBZ)
2 (CNA2)	MARC	5 (TBZ)
2 (CNA2)	FRECUENCIA 119,65 MAIN	6 (TBZ2)
2 (CNA2)	FRECUENCIA 121,3 MAIN	6 (TBZ2)
2 (CNA2)	EXTENSIÓN 2435	8 (RSL)
2 (CNA2)	EXTENSIÓN 2446	8 (RSL)
2 (CNA2)	AFTN IBAGUE COM	9 (IBG)
2 (CNA2)	AFTN RIONEGRO	20 (RNG)
2 (CNA2)	ATS 123	20 (RNG)

NODO ORIGEN	TIPO DE SERVICIO	NODO DESTINO
2 (CNA2)	ATS 194	20 (RNG)
2 (CNA2)	ATS 221	20 (RNG)
2 (CNA2)	ATS 135	20 (RNG)
2 (CNA2)	ATS 127	20 (RNG)
2 (CNA2)	DATOS RADAR	20 (RNG)
2 (CNA2)	ATS 120	22 (OLY)
2 (CNA2)	EXTENSIÓN 3437	22 (OLY)
2 (CNA2)	ATS 142	40 (BAQ)
2 (CNA2)	ATS 156	40 (BAQ)
2 (CNA2)	ATS 163	40 (BAQ)
2 (CNA2)	ATS 165	40 (BAQ)
2 (CNA2)	ATS 166	40 (BAQ)
2 (CNA2)	ATS 205	40 (BAQ)
2 (CNA2)	DATOS RADAR	40 (BAQ)
2 (CNA2)	OLDI	40 (BAQ)
2 (CNA2)	DATOS RADAR	43 (MCO)
2 (CNA2)	ATS 140	44 (CTG)
2 (CNA2)	ATS 117	45 (SMR)
2 (CNA2)	DATOS RADAR	Tubara
2 (CNA2)	AFTN CALI	60 (CLO)
2 (CNA2)	ATS 146	60 (CLO)
2 (CNA2)	ATS 204	60 (CLO)
2 (CNA2)	ATS 216	60 (CLO)
2 (CNA2)	DATOS RADAR	60 (CLO)
2 (CNA2)	ATS 131	63 (PEI)
2 (CNA2)	EXTENSIÓN 3474	63 (PEI)
2 (CNA2)	EXTENSIÓN 3658	63 (PEI)
2 (CNA2)	AFTN ARMENIA COM	64 (AXM)
2 (CNA2)	ATS 118	65 (PPY)
2 (CNA2)	DATOS RADAR	71 (CMD)
2 (CNA2)	ATS 190	83 (BGA - TWR)
2 (CNA2)	ATS 152	90 (EJA)
2 (CNA2)	TEL 4138000	93 (PCH)
2 (CNA2)	ATS 172	100 (VCC)
2 (CNA2)	ATS 136	100 (VCC)
2 (CNA2)	DATOS RADAR	100 (VCC)
2 (CNA2)	DATOS RADAR	100 (VCC)
2 (CNA2)	MARC	100 (VCC)
2 (CNA2)	EXTENSIÓN 5456	100 (VCC)
3 (GDT)	EXTENSIÓN 3702	1 (CNA)
3 (GDT)	EXTENSIÓN 3411	1 (CNA)
3 (GDT)	EXTENSIÓN 3425	1 (CNA)
3 (GDT)	EXTENSIÓN 3701	1 (CNA)
3 (GDT)	EXTENSIÓN 3404	2 (CNA2)
5 (TBZ)	FRECUENCIA 121,ST TX	1 (CNA)
5 (TBZ)	FRECUENCIA 123,ST TX	1 (CNA)
5 (TBZ)	DATOS RADAR	20 (RNG)

NODO ORIGEN	TIPO DE SERVICIO	NODO DESTINO
5 (TBZ)	DATOS RADAR	60 (CLO)
5 (TBZ)	DATOS RADAR	63 (PEI)
5 (TBZ)	DATOS RADAR	60 (CLO)
7 (MJI)	FRECUENCIA 119,65 MAIN	1 (CNA)
7 (MJI)	FRECUENCIA 121,3 MAIN	1 (CNA)
7 (MJI)	FRECUENCIA MAIN 128.6	1 (CNA)
7 (MJI)	FRECUENCIA MAIN 119.5	1 (CNA)
9 (IBG)	EXTENSIÓN 3612	2 (CNA2)
22 (OLY)	EXTENSIÓN 3703	1 (CNA)
40 (BAQ)	AFTN VALLEDUPAR	46 (VDP)
40 (BAQ)	AFTN CARTAGENA TWR	44 (CTG)
80 (CUC)	EXTENSIÓN 5065	82 (BGA)
80 (CUC)	AFTN ARAUCA TW	86 (AUC-T)
80 (CUC)	AFTN ARAUCA COM	86 (AUC-T)
80 (CUC)	AFTN TAME	87 (TME)

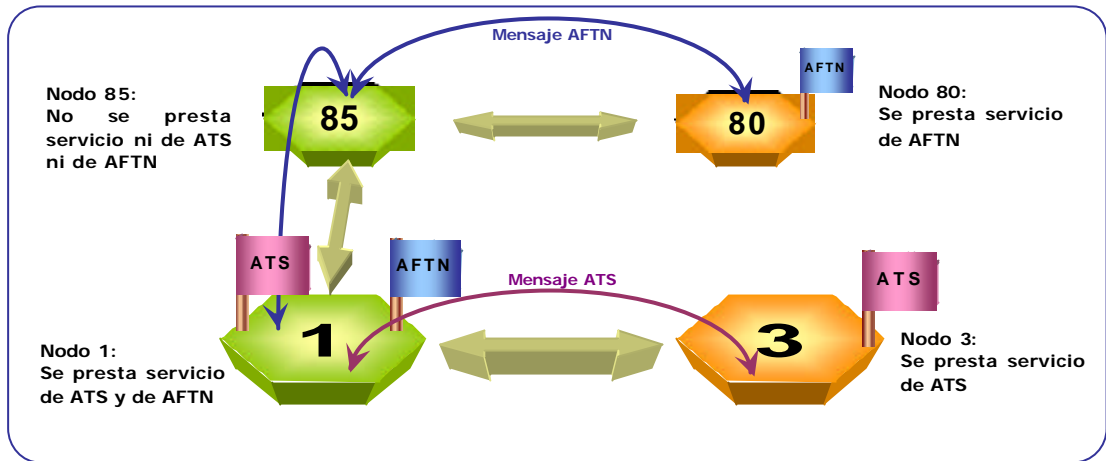
Gestión Próxima. Documentos internos UAEAC.

8.1.5 Distribución de los servicios entre los nodos de la red y la utilización del ancho de banda. Un nodo puede distribuir varios servicios aeronáuticos y no aeronáuticos a otros nodos de la red, o simplemente servir como “puente” de transporte para otros servicios. En la figura 81 se muestra un ejemplo de una pequeña porción de la red para ilustrar cómo funciona la misma para la distribución de los servicios y la utilización del ancho de banda

Desde el nodo 1 se presta un servicio de ATS hasta el nodo 3, de igual forma, desde el nodo 1 se presta un servicio de AFTN hasta el nodo 80. En el caso del servicio de ATS, la transmisión del mensaje ATS se hace de manera directa entre un par de nodos, por lo tanto, el servicio a transmitir se envía a través del ancho de banda compartido del nodo 1 al nodo 3, es decir, que tanto el nodo 1 como el nodo 3 tienen terminales ATS y el ancho de banda entre los dos nodos se aprovecha directamente.

Por el contrario, desde el nodo 1 se envía un servicio de AFTN hasta el nodo 80, esto significa que el enlace es nominalmente nodo1-nodo80, pero este mensaje tiene que primero enviarse al nodo 85 y de éste al nodo 80, en este caso, se dice que el enlace nodo1-nodo80 comparte un servicio de AFTN pero físicamente no están conectados y el nodo 85 no presta el servicio sino que lo retransmite.

Figura 81. Transmisión de servicios entre nodos de la red de multiplexores



Adaptación de los autores

8.2 EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD TÉCNICA DE LA RED SATELITAL

En esta fase se realizará la evaluación de la capacidad técnica de la red WAN Satelital de la Aeronáutica Civil (ancho de banda utilizado/Ancho de Banda disponible) frente a la prestación del servicio de comunicaciones aeronáuticas y no aeronáuticas.

La Red Satelital de la Aeronáutica Civil maneja tasas de transferencia en servicios de voz a 8 Kbps y en servicios de datos dependiendo de la cantidad de servicios que curse una estación a 4.8, 9.6, 19.2, 32, 56 y 64 Kbps. En la Tabla 25 se observa para cada tasa de transferencia usada el ancho de banda empleado, el tipo de modulación, el factor de corrección de error y la sincronía.

Tabla 25. Tasas de transferencia empleadas en la red satelital

SERVICIO	ESPACIAMIENTO ENTRE PORTADORAS [kHz]	MODULACIÓN	FEC	RATA DE BITS [Kbps]	TIPO
Voz VCELP	15	QPSK	1/2	8	Voz
Datos – 4.8	15	BPSK	1/2	4.8	Asíncrono
Datos – 9.6	27.5	BPSK	1/2	9.6	Síncrono
Datos – 19.2	27.5	QPSK	1/2	19.2	Síncrono
Datos – 32	30	QPSK	3/4	32	Síncrono
Datos – 56	55	QPSK	3/4	56	Síncrono
Datos – 64	62.5	QPSK	3/4	64	Síncrono

Adaptación de los autores

La Aeronáutica Civil tiene asignado un ancho de banda de 6.7 MHz. En este ancho de banda se distribuyen 17 canales de voz, 15 de estos canales son DAMA y los 2

restantes son PAMA y se emplean en servicios ATS internacional con gran tráfico aéreo. Se distribuyen 12 canales de datos a 4.8 Kbps, 4 canales de datos a 9.6 Kbps, 20 canales de datos a 19.2 Kbps, 17 canales de datos a 32 Kbps, 14 canales de datos a 56 Kbps y 14 canales de datos a 64 Kbps. En la Tabla 26 se observa el número de canales y el ancho de banda estimado para cada tipo de servicio.

Tabla 26. Canales bidireccionales disponibles en la gestión satelital

Servicio	Número de canales	Ancho de Banda
	bidireccionales disponibles	Asignado [kHz]
Voz VCELP	17	510
Datos – 4.8	12	360
Datos – 9.6	4	220
Datos – 19.2	20	1100
Datos – 32	17	1020
Datos – 56	14	1540
Datos – 64	14	1750
Total	98	6500

Adaptación de los autores

8.2.1 Ancho de banda ocupado. En la Tabla 27 se observa el número de canales programados y el ancho de banda ocupado. Como se observa el ancho de banda total no suma los 6.7 MHz asignados a la Aerocivil debido a que en la Tabla 26 no aparece ancho de banda de por ejemplo canales de control.

Tabla 27. Descripción del uso del ancho de banda de la red satelital.

Servicio	Canales		Ancho de Banda [kHz]		%Utilizado
	Disponible	Utilizado	Disponible	Utilizado	
DAMA	17	17	510	510	100
PAMA -4.8	12	2	360	60	16,7
PAMA -9.6	4	2	220	110	50
PAMA -19.2	20	6	1100	330	30
PAMA -32	17	15	1020	900	88,2
PAMA -56	14	11	1540	1210	78,6
PAMA -64	14	13	1750	1625	92,9
TOTAL			6500	4745	73,0

Adaptación de los autores

En la Tabla 28 se asume que el ancho de banda DAMA esta siempre ocupado, a pesar de que no siempre es así, pero ese ancho de banda es exclusivo para acceso por demanda entonces se use o no siempre esta reservado.

8.2.2 Requerimientos de los servicios de datos de la UAEAC. Cuando se asigna un determinado canal a un enlace satelital, la tasa de transmisión usada para el ancho de banda asignado generalmente no es cercana a la máxima permitida. Depende del tipo de servicio y de la cantidad de servicios cuando se usa multiplexor.

Por esta razón es de gran importancia conocer las tasas de transferencia de los servicios de la UAEAC para conocer el límite en la cantidad de servicios y el ancho de banda que se debe asignar. En la Tabla 28 se observa la rata de transmisión para datos de los servicios de la UAEAC y en la Tabla 29 se observa la rata de transmisión para voz de los servicios de la UAEAC.

Tabla 28. Tasas de transmisión para los servicios de datos por la red satelital

Servicio PAMA	Rata de Datos	SYNC/ASYNC
	[bps]	
AFTN	1.2k	Async
AFTN	9.6k	Sync
AFTN	0.6k	Async
MARC	4.8k	Async
RADAR	9.6k	Sync
RADAR	64k	Sync
SIGMA	32k	Sync
PAF	64	Sync

Adaptación de los autores

Tabla 29. Tasas de transmisión para los servicios de voz por la red satelital

Servicio	Rata de datos	Acceso al
	[bps]	Medio
ATS	8k	PAMA
ATS	8k	DAMA
MD110	8k	DAMA
VHF-ER	8k	PAMA

Adaptación de los autores

8.2.3 Anchos de Banda real ocupado de la Red Satelital. De acuerdo a la cantidad de servicios que cursa una estación VSAT se emplea un equipo multiplexor, con el cual se busca aprovechar la capacidad de canal para enviar múltiples servicios. Si no se requieren de muchos servicios, no se usa el equipo multiplexor y cada servicio va directamente con una respectiva unidad de canal (CU).

- *Ancho de Banda DAMA.* Para acceso DAMA la Red dispone de 17 canales de voz bidireccionales. Este ancho de banda lo emplean extensiones del MD-110 y ATS y ocupan un ancho de banda total de 510 kbps.

- *Ancho de Banda PAMA.* En esta sección se muestra la utilización real de los canales ocupados del segmento de la Aerocivil. Se analizan estaciones con multiplexores y otras en las que los servicios se conectan directamente a las CU:

***Con equipo Multiplexor.** En la Tabla 30 se observa la lista de los enlaces con Bogotá de la Red de la Aerocivil que usan multiplexores.

Tabla 30. Lista de los enlaces que utilizan multiplexores GDC

Enlace Satelital	Ancho de Banda [Kbps]			%Utilizado
	Disponible	Utilizado	Libre	
Bogotá-Barranquilla	64	57,4	6,6	89,69
Bogotá-Leticia	64	62,2	1,8	97,19
TOTAL 64 Kbps (2 ch)	128	119,6	8,4	93,44
Bogotá-Apartadó	56	56	0	100
Bogotá-Arauca	56	44,6	11,4	79,6
Bogotá-Puerto Asís	56	28,2	27,8	50,4
Bogotá-Pto. Inirida	56	42,6	13,4	76,1
Bogotá-Pto. Leguizamo	56	39,8	16,2	71,1
Bogotá-Mitu	56	49,2	6,8	87,9
Bogotá-Neiva	56	54,2	1,8	96,8
Bogotá-San Andrés	56	42,2	13,8	75,4
Bogotá-Villavicencio	56	38,4	17,6	68,6
Bogotá-Guayaquil	56	52,8	3,2	94,3
TOTAL 56 Kbps (10 ch)	560	448	112	80,0
Bogotá-Santana	32	20,4	11,6	63,8
Bogotá-Cali	32	31,8	0,2	99,4
Bogotá-Cartagena	32	18,8	13,2	58,8
Bogotá-El Yopal	32	19,8	12,2	61,9
Bogotá-Pereira	32	28,2	3,8	88,1
Bogotá-Montería	32	18,6	13,4	58,1
Bogotá-Panamá	32	21	11	65,6
Bogotá-Florencia	32	20,2	11,8	63,1
TOTAL 32 Kbps (8 ch)	256	178,8	77,2	69,8
Bogotá-Carimagua	19,2	11,6	7,6	60,4
Bogotá-Cerro Maco	19,2	18,2	1	94,8
Bogotá-Valledupar	19,2	18,6	0,6	96,9
TOTAL 19,2 Kbps (3 ch)	57,6	48,4	9,2	84,0
Bogotá-Jurisdicciones	9,6	9,4	0,2	97,9
TOTAL 9,6 Kbps (1 ch)	9,6	9,4	0,2	97,9
TOTAL 24 ENLACES	1011,2	804,2	207	79,5

Adaptación de los autores

En la Tabla 30 se observa para cada canal que usa multiplexor la capacidad del canal, el ancho de banda disponible, el ancho de banda utilizado, el ancho de banda libre y el porcentaje del ancho de banda utilizado. La parte de la Red Satelital que emplea multiplexores posee una aplicación que permite en un PC monitorear el ancho de

banda remanente de la capacidad del canal. Hay un PC en Bogotá y otros en las regionales como Barranquilla, Villavicencio, Rionegro, Cali y Cúcuta. En el PC de Bogotá solo se pueden visualizar los anchos de banda reales ocupados de las estaciones remotas enlazadas con Bogotá (ver tabla 30). Para conocer los anchos de banda reales ocupados de los enlaces que no están enlazados con Bogotá se debe observar en los PCs de las regional donde estén enlazadas.

Para la Red Satelital se emplean los equipos multiplexores GDC debido a que estos equipos pueden funcionar para menos de 64 Kbps. El enlace Bogotá-Apartadó de 64 Kbps es el único que cuenta actualmente con equipo multiplexor Promina.

***Sin equipo Multiplexor.** Cuando no se usa equipo multiplexor los servicios se conectan directamente a las unidades de canal y un servicio ya sea de voz o datos ocupa una unidad de canal. El control de la capacidad de los canales no está disponible como en el caso de los equipos que usan multiplexores. En la Tabla 31 se observa las estaciones que no poseen multiplexores y los datos sobre el ancho de banda. Las estaciones Jamaica, San José y Manizales no tienen multiplexores pero sus servicios solo tiene acceso DAMA.

Tabla 31. Lista de estaciones que no poseen multiplexores GDC

Estación Satelital	Servicio	Ancho de Banda [Kbps]			
		Disponible	Utilizado	Libre	%Utilizado
Riohacha	PAF	64	64	0	100,00
Quibdó	PAF	64	64	0	100,00
Leticia	PAF	64	64	0	100,00
Pasto	PAF	64	64	0	100,00
Neiva	PAF	64	64	0	100,00
Montería	PAF	64	64	0	100,00
San Andrés	PAF	64	64	0	100,00
Yopal	PAF	64	64	0	100,00
Arauca	PAF	64	64	0	100,00
TOTAL 64 Kbps (9 ch)		576	576	0	100,00
San Vicente	AFTN	19,2	9,6	9,6	50,0
Cenamer	Datos GNSS	19,2	19,2	0	100,0
Providencia	AFTN	19,2	9,6	9,6	50,0
TOTAL 19,2 Kbps (3 ch)		57,6	38,4	19,2	66,7
San Andrés	RADAR	9,6	9,6	0	100,0
TOTAL 9,6 Kbps (1 ch)		9,6	9,6	0	100,0
Ipiales	AFTN	4,8	4,8	0	100,0
TOTAL 4,8 Kbps (1 ch)		4,8	4,8	0	100,0
TOTAL 14 ENLACES		648	628,8	19,2	97,0

Documentos internos UAEAC

Los siguientes enlaces no se tuvieron en cuenta para el anterior análisis:

Para 64k: Cali-Bogotá y Apartadó- Bogotá.

Para 56k: *Cali-Santana*.

Para 32k: Bogotá-Montería, Bogotá-Leticia, *Villavicencio-Arauca*, *Villavicencio-Carimagua*, *Barranquilla-Montería*, *Barranquilla-San Andrés*, *Barranquilla-Riohacha*.

Para 4.8k: Bogotá-Manizales.

Los datos de los enlaces con Cali, Villavicencio y Barranquilla no están disponibles en Bogotá y no se pudieron obtener de las respectivas ciudades debido a la falta de personal idóneo para realizar la operación.

Los enlaces con Bogotá que no se tienen en cuenta son enviados directamente por unidades de canal.

De la tabla 30 y 31, se observa que la red satelital se está aprovechando de gran manera. Esto es importante para la Aerocivil porque demuestra el aprovechamiento de los recursos, además se debe considerar que la entidad paga una buena suma de dinero por la porción de transponder asignada la cual debe explotarse al máximo.

8.2.4 Servicios de la Red Satelital. Se describirán los servicios de los enlaces que usan multiplexores debido a que los que no lo usan en la sección 2.3.2.2 se describe el tipo de servicio.

Enlace PAMA Bogotá-Santana a 32 Kbps:

- PAMA Voice (VHF -ER) 4W E&M.
- PAMA Data (Radar) 9.6 Kbps Sync.

Enlace PAMA Bogotá-Apartadó a 56 Kbps:

- PAMA Voice (VHF -ER) 4W E&M.
- DAMA Voice (ATS) 2W FXO/2W FXS.
- PAMA Data (AFTN) 1.2 Kbps Async.

Enlace PAMA Bogotá-Arauca a 56 Kbps:

- PAMA Voice (VHF -ER) 4W E&M.
- PAMA Voice (ATS) 2W FXO/2W FXS.
- PAMA Data (AFTN) 1.2 Kbps Async.

Enlace PAMA Bogotá-Barranquilla a 64 Kbps:

- PAMA Data (MARC) 4.8 Kbps Async.
- PAMA Voice (ATS) 4W E&M.
- PAMA Voice (ATS) 4W E&M.
- PAMA Voice (ATS) 4W E&M.
- PAMA Voice (ATS) 4W E&M.
- PAMA Data (Radar) 9.6 Kbps Sync.
- PAMA Data (AFTN) 9.6 Kbps Sync.

Enlace PAMA Bogotá-Cali a 32 Kbps:

- PAMA Voice (ATS) FXO/FXS 4W E&M.

- PAMA Voice (ATS) 2W FXO/2W FXS.
 - PAMA Data (AFTN) 9.6 Kbps Sync.
- Enlace PAMA Bogotá-Carimagua a 19.2 Kbps:
- PAMA Voice (VHF - ER) 4W E&M.
 - PAMA Data (Radar) 4.8 Kbps Async.
- Enlace PAMA Bogotá-Cartagena a 32 Kbps:
- PAMA Voice (ATS) 2W FXO/2W FXS.
 - PAMA Data (AFTN) 1.2 Kbps Async.
- Enlace PAMA Bogotá-EI Yopal a 32 Kbps:
- PAMA Voice (ATS) 2W FXO/2W FXS.
 - PAMA Data (AFTN) 1.2 Kbps Async.
- Enlace PAMA Bogotá-Puerto Inirida a 56 Kbps:
- PAMA Voice (VHF - ER) 4W E&M.
 - PAMA Voice (VHF - ER) 4W E&M.
 - PAMA Data (MARC) 4.8 Kbps Async.
- Enlace PAMA Bogotá-Jurisdicciones a 9.6 Kbps:
- PAMA Voice (VHF - ER) 4W E&M.
 - PAMA Voice (MD-110) 2W FXO/2W FXS.
- Enlace PAMA Bogotá-Leticia a 64 Kbps:
- PAMA Voice (VHF - ER) 4W E&M.
 - PAMA Voice (ATS) FXO/FXS 4W E&M.
 - PAMA Data (AFTN) 1.2 Kbps Async.
 - PAMA Data (MARC) 4.8 Kbps Async.
- Enlace PAMA Bogotá-Puerto Leguizamo a 56 Kbps:
- PAMA Voice (VHF - ER) 4W E&M.
 - PAMA Voice (VHF - ER) 4W E&M.
 - PAMA Data (MARC) 4.8 Kbps Async.
- Enlace PAMA Bogotá-Cerro Maco a 19.2 Kbps:
- PAMA Voice (VHF - ER) 4W E&M.
 - PAMA Data (MARC) 4.8 Kbps Async.
- Enlace Bogotá-Montería a 32 Kbps:
- PAMA Voice (ATS) 2W FXO/2W FXS.
 - PAMA Data (AFTN) 1.2 Kbps Async.
- Enlace Bogotá-Mitú a 56 Kbps:
- PAMA Voice (VHF - ER) 4W E&M.
 - PAMA Data (MARC) 4.8 Kbps Async.
 - PAMA Data (AFTN) 1.2 Kbps Async.
- Enlace Bogotá-San Andres a 56 Kbps:
- PAMA Voice (ATS) FXO/FXS 4W E&M.
 - PAMA Data (AFTN) 1.2 Kbps Async.

Enlace Bogotá-Valledupar a 19.2 Kbps:

- PAMA Voice (ATS) 2W FXO/2W FXS.
- PAMA Data (AFTN) 1.2 Kbps Async.

Enlace Bogotá-Villavicencio a 56 Kbps:

- PAMA Data (MARC) 4.8 Kbps Async.
- PAMA Voice (ATS) 2W FXO/2W FXS.
- PAMA Data (AFTN) 9.6 Kbps Sync.
- PAMA Data (Radar) 4.8 Kbps Async.
- PAMA Data (Radar) 4.8 Kbps Async.

Enlace Barranquilla-Riohacha a 32 Kbps:

- PAMA Voice (VHF - ER) 4W E&M.
- PAMA Voice (VHF - ER) 4W E&M.
- PAMA Data (MARC) 4.8 Kbps Async.

Enlace Barranquilla-San Andrés a 32 Kbps:

- PAMA Voice (VHF - ER) 4W E&M.
- PAMA Data (MARC) 4.8 Kbps Async.
- PAMA Data (Radar) 4.8 Kbps Async.

Enlace Barranquilla-Montería a 32 Kbps:

- PAMA Voice (VHF - ER) 4W E&M.
- PAMA Voice (VHF - ER) 4W E&M.
- PAMA Data (MARC) 4.8 Kbps Async.

Enlace Cali-Santana a 56 Kbps:

- PAMA Voice (VHF - ER) 4W E&M.
- PAMA Voice (VHF - ER) 4W E&M.
- PAMA Voice (VHF - ER) 4W E&M.
- PAMA Data (Radar) 9.6 Kbps Sync.
- PAMA Data (MARC) 4.8 Kbps Async.

Enlace Rionegro-Apartadó a 32 Kbps:

- PAMA Data (MARC) 4.8 Kbps Async.
- PAMA Voice (VHF - ER) 4W E&M.

Enlace Villavicencio-Carimagua a 32 Kbps:

- PAMA Voice (VHF - ER) 4W E&M.
- PAMA Voice (VHF - ER) 4W E&M.
- PAMA Data (Radar) 4.8 Kbps Async.

Enlace Villavicencio-Arauca a 32 Kbps:

- PAMA Voice (VHF - ER) 4W E&M.
- PAMA Voice (VHF - ER) 4W E&M.

9. MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PARA LA CONEXIÓN DE UN SERVICIO DE COMUNICACIONES A LA RED WAN

En este capítulo se establecen, en un modo somero, los procedimientos necesarios para la implementación de un servicio de comunicaciones para la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil de manera que constituyen una guía fácil para el personal interesado en proponer o establecer nuevas conexiones y servicios aeronáuticos para la empresa.

Este manual permite al usuario tener claridad sobre los pasos o procedimientos tanto técnicos como administrativos a seguir para la conexión de un servicio a la Red WAN de la Aeronáutica Civil.

A continuación se establecen las recomendaciones y pautas para la conexión de los diferentes servicios:

9.1 SERVICIO DE COMUNICACIONES ORALES ATS

9.1.1 Gestión Administrativa.

- Solicitud del servicio ATS: el solicitante del servicio (interno o externo) debe dirigir una carta al Director de Telecomunicaciones donde sustente la necesidad del servicio.
- Aprobado el paso anterior se realiza la evaluación del sitio de ubicación del servicio, donde se debe analizar y asegurar que con la infraestructura existente se puede brindar el servicio.
- Revisar que se cuente con una posición del equipo, esto incluye un número de extensión libre y disposición de tarjeta en el Harris. Si se requiere el uso de la red satelital o microondas se debe disponer de las tarjetas interfaz para el acondicionamiento a estos equipos.
- Se contacta al solicitante del servicio, el cual debe poseer el teléfono, en caso de no tenerlo lo debe gestionar en el Almacén para poder iniciar la parte técnica.

9.1.2 Programación en el equipo HARRIS.

- Programación del número: para una ATS internacional la serie numérica es de dos dígitos y comprende del 01 al 99. Para un ATS nacional la serie numérica es del 100 al 199.
- Programación de la tarjeta del Harris: de acuerdo a la disponibilidad de tarjetas en el equipo Harris y la coordinación con satelital o microondas

para adaptarse a la misma interfaz se puede programar el servicio ATS para ocupar un canal de una tarjeta análoga a *2 hilos, 6 hilos E&M o digital E1*.

- Entrega del servicio en la regleta: el servicio es cableado a la regleta donde se comprueba el tono para verificar la correcta programación. De acuerdo al destino se cablea localmente o se acondiciona al medio de transporte (satelital o microondas).

9.1.3 Medio de Transporte.

***Satelital.**

- Con Multiplexor: en el multiplexor origen y destino se programa uno de los dos puertos de la tarjeta *DPV 2/4W E&M*. Los servicios de voz se transmiten a 8 Kbps. Se supone que previamente se ha establecido la programación del enlace satelital y existe una troncal entre las unidades de canal. Entre la unidad de canal y el multiplexor se usa la tarjeta interfaz *SUB RATE LINE*.
- Sin Multiplexor: el servicio ATS se conecta directamente a la unidad de canal de voz origen y destino usando el conector RJ.

***Microondas basado en la Red de Multiplexores Promina.**

- Con la coordinación del equipo Harris, en el Promina origen y destino se programa un puerto de la tarjeta *PVA/C* con la interfaz adecuada, *FXS* para el lado del abonado y *FXO* para el lado de la planta. Para el caso digital E1 se programa un puerto la tarjeta *TMCP* con la interfaz *DAMI* del lado de la Planta y del lado del abonado se programa un puerto de la tarjeta *PVA/C* con la interfaz que requiera el usuario.
- Para el enlace digital E1 cada canal se maneja independientemente lo que permite que cada canal pueda tener un destino diferente y terminar con una interfaz diferente.
- El empleo de equipos multiplexores permite que el tipo de interfaz en el equipo origen necesariamente no sea igual a la del equipo destino sino que se ajuste a la necesidad del usuario.

***Sitio cercano a la ubicación de la Planta Harris:**

En este caso directamente desde la tarjeta análoga o digital del equipo Harris se envía al teléfono con la interfaz requerida.

9.2 SERVICIO DE EXTENSIÓN TELEFÓNICA MD-110

9.2.1 Gestión Administrativa.

- Solicitud del servicio de la extensión: el solicitante del servicio (interno o externo) debe dirigir una carta al Director de Telecomunicaciones donde sustente la necesidad del servicio.
- Aprobado el paso anterior se realiza la evaluación del sitio de ubicación del servicio, donde se debe analizar y asegurar que con la infraestructura existente se puede brindar el servicio.
- Revisar que se cuente con una posición del equipo, esto incluye un número de extensión libre y disposición de tarjeta en el equipo Ericsson MD-110. Si se requiere el uso de la red satelital o microondas se debe disponer de las tarjetas interfaz para el acondicionamiento a estos equipos.
- Se contacta al solicitante del servicio, el cual debe poseer el teléfono, en caso de no tenerlo lo debe gestionar en el Almacén para poder iniciar la parte técnica.

9.2.2 Programación en el equipo Ericsson MD-110.

- Programación del número: para la asignación de un número de extensión se debe tener en cuenta la serie destinada a la Planta que origina la línea como se observa en la siguiente tabla.

CABECERA	NÚMEROS EXTENSIONES
Bogotá	2000/3999
Rionegro	4000/4499
Barranquilla	4500/4999
Bucaramanga	5000/5099
Cali	5100/5399
Villavicencio	5400/5599
San Andrés	5600/5699
Cúcuta	5700/5799
Cartagena	5800/5999

- Programación de la categoría de la extensión: la categoría (clave) permite al usuario de la extensión conectarse a servicios especiales como el uso de las redes públicas para llamadas nacionales e internacionales y el banco de celulares.
- Programación de la tarjeta del MD-110: de acuerdo a la disponibilidad de tarjetas en el equipo Ericsson y la coordinación con satelital o microondas para adaptarse a la misma interfaz se puede programar la extensión para ocupar un canal o puerto de una tarjeta análoga a 2 hilos, 6 hilos E&M o un canal de una tarjeta digital E1.

- Entrega del servicio en la regleta: el servicio es cableado a la regleta donde se comprueba el tono para verificar la correcta programación. De acuerdo al destino se cablea localmente o se acondiciona al medio de transporte (satelital o microondas).

9.2.3. Medio de Transporte.

***Satelital.**

- Con Multiplexor: en el multiplexor origen y destino se programa uno de los dos puertos de la tarjeta *DPV FXO/FAX*. Los servicios de voz se transmiten a 8 Kbps. Se supone que previamente se ha establecido la programación del enlace satelital y existe una troncal entre las unidades de canal. Entre la unidad de canal y el multiplexor se usa la tarjeta interfaz *SUB RATE LINE*.
- Sin Multiplexor: el servicio de telefonía MD110 se conecta directamente a la unidad de canal de voz usando el conector RJ.

***Microondas basado en la Red de Multiplexores Promina.**

- Con la coordinación del equipo Ericsson, en el Promina se usa la tarjeta *PVA/C* con la interfaz adecuada, *FXS* para el lado del abonado y *FXO* para el lado de la planta. Para el caso digital se usa la tarjeta *TMCP* con la interfaz *DAMI* para el lado de la planta y en el lado del abonado se usa la *PVA/C* con la interfaz que se requiera.
- En el nodo Promina se programa el puerto de la tarjeta destino y origen.
- El empleo de equipos multiplexores permite que el tipo de interfaz en el equipo origen necesariamente no sea igual a la del equipo destino sino que se ajuste a la necesidad del usuario.

***Sitio cercano a la ubicación de la Planta MD-110.**

En este caso directamente desde la tarjeta análoga o digital del equipo Ericsson se envía al teléfono con la interfaz requerida.

9.3 SERVICIO AFTN

Para la instalación de un nuevo servicio de AFTN, ya sea una posición IAT o una impresora, se deben tener en cuenta ciertos aspectos técnicos y administrativos los cuales se definen a continuación:

- El primer paso es establecer la causa o necesidad de la instalación de un nuevo servicio de AFTN.
- Luego se debe determinar en la dirección de Telecomunicaciones si existe la infraestructura para suministrar el servicio AFTN en la estación o sitio

determinado. La UAEAC posee una infraestructura que la componen dos sistemas o medios de transmisión que son la red de microondas y la red satelital.

- En caso de que el sitio no este provisto del sistema de comunicaciones, se realiza un estudio para la implementación de un nuevo enlace de microondas o la instalación de una nueva estación VSAT dependiendo del tipo de medio de transmisión que se sea más conveniente.
- Por el contrario, si se dispone del medio para llegar al sitio, ya sea por enlaces de microondas o por transmisión satelital, el siguiente paso es solicitar ante el administrador de la red AFTN en la oficina del Grupo de Apoyo y Comunicaciones de Bogotá, la asignación de un canal y un circuito lógico para la puesta en operación.

Se deben considerar dos posibles situaciones para la instauración del nuevo servicio:

- La primera es si la estación a instalar está localizada remotamente y se necesita una conexión directa con Bogotá, entonces es necesario realizar una conexión desde el FEP a una tarjeta satelital mediante una interfaz V.24 que va conectada a la sala técnica de la estación VSAT del CNA una vez conformado si hay un canal satelital disponible. Si el enlace se realiza utilizando la red de microondas por medio de la red de multiplexores, es necesario hacer una conexión RS232 desde el FEP hasta el patch panel del gabinete Promina y desde éste se conecta a las tarjetas de datos QASD del equipo Promina mediante un interfaz RS232. La red de multiplexores Promina se encarga de enviar la información AFTN por la red integrada de microondas.
- La otra situación que se puede presentar es que se desee instalar una estación AFTN cerca de un FEP de cualquiera de las otras regionales de tal manera que se necesita establecer una conexión entre el FEP de la regional y la estación que se desea instalar. En este caso se necesita que desde Central STRATUS de Bogotá se programe el canal y el circuito para establecer el servicio.

Todas las conexiones entre los usuarios finales y los FEP o concentradores se realizan utilizando una interfaz RS232 que manejan una velocidad de hasta 1200 bps como máximo.

El administrador de la red de AFTN asignará un identificador de lugar que consiste en un grupo de ocho letras que identifican a una estación o dependencia, el cual consta de las siguientes partes

- La primera letra que identifica la zona geográfica.
- La segunda letra que identifica al país.
- Las tercera y cuarta letras que identifican una gran ciudad o una estación.
- Las cuatro letras que quedan identifican una función aeronáutica o una dependencia.

9.4 SERVICIO DE VOZ Y DATOS VHF-ER

9.4.1 Instalación del servicio utilizando la red microondas basada en la red de multiplexores Promina.

- Para la transmisión de la información de voz del servicio de VHF de alcance extendido por la red de multiplexores Promina se utiliza una interfaz E&M a 6 hilos, en cuyo caso, se cablean los 6 hilos desde la estación remota a una regleta SIEMONS y luego se cablean a un protector de picos CIRCA para después ser conectados directamente a una tarjeta frontal de voz PVAC del equipo Promina utilizando una interfaz trasera E&M y conectores tipo AMP-50.
- Para la transmisión de los datos MARC se maneja el estándar RS-232 utilizando conectores DB-25 y se hace una conexión directa entre la estación y una tarjeta frontal de datos QASD con una interfaz trasera DCE-232 del equipo multiplexor de Promina.
- Tanto los conectores AMP-50 como DB-25 son de tipo macho en el lado de la estación de VHF y hembra en el lado del multiplexor Promina.

9.4.2 Instalación del servicio utilizando la red Satelital basada en multiplexores GDC .

- Para la transmisión de la información de voz del servicio de VHF de alcance extendido se usa en los multiplexores del sitio de explotación y en la estación remota la tarjeta *DPV 2/4W E&M*.
- Para la transmisión de datos MARC del servicio de VHF de alcance extendido se usa en los multiplexores del sitio de explotación y en la estación remota la tarjeta *Dual-Data Channel*.

10. RECOMENDACIONES PARA EL MEJORAMIENTO EN LA IMPLANTACIÓN DE LOS FUTUROS SERVICIOS DE COMUNICACIONES AERONÁUTICAS DE LA UAEAC

Con base en el estudio realizado a los sistemas de comunicaciones de la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil, se proponen ciertas recomendaciones o sugerencias para el mejoramiento de los servicios de comunicaciones aeronáuticas que son consecuentes con las necesidades de la entidad ante la demanda cada vez mayor de servicios a nuevos lugares y al mismo tiempo buscando mayor alcance de la red para lograr la integración de los diferentes puestos aeronáuticos y administrativos.

10.1 PROPUESTA DE ADICIÓN DE ESTACIONES DE VHF-ER PARA EL MEJORAMIENTO DEL CUBRIMIENTO DE RUTAS AÉREAS EN NIVELES SUPERIORES

En los diagramas de cobertura realizados con el software Pathloss 4.0, se observa que es posible mejorar el cubrimiento del sistema de comunicaciones VHF de alcance extendido de acuerdo a las rutas de vuelos del espacio aéreo superior colombiano. A continuación se realiza un estudio basado en la simulación y en las cartas de navegación aérea para las rutas de los niveles superiores:

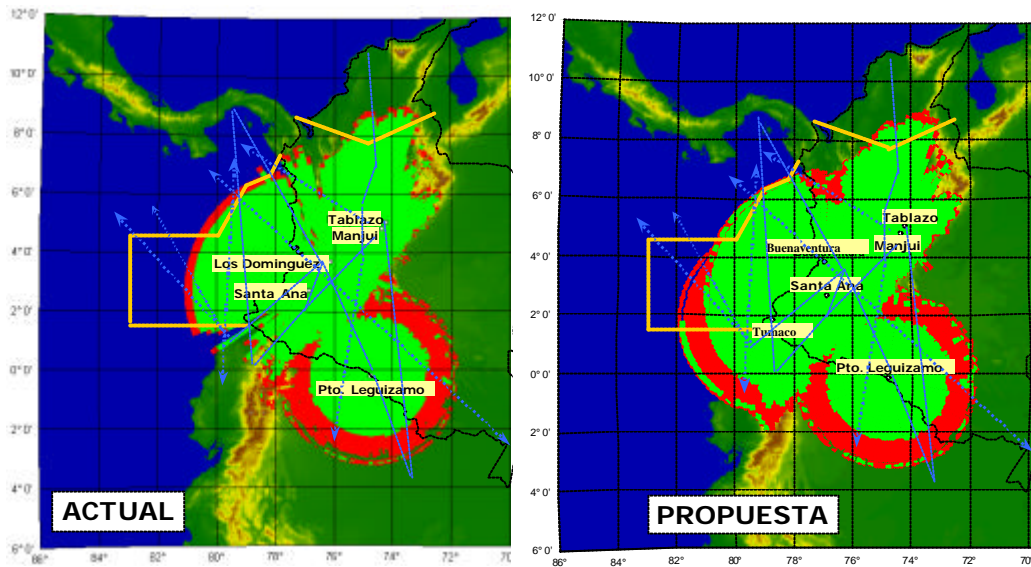
10.1.1 FIR Bogotá 125.1MHz. Basado en los análisis de simulación y en las cartas de navegación, para un mejor cubrimiento de la FIR de Bogotá a 125.1MHz se propone la implementación de una estación adicional en la ciudad de Buenaventura (Valle del Cauca) y en la ciudad de Tumaco (Nariño).

Como lo muestra la figura 82, las principales rutas aéreas de los niveles superiores que atraviesan la FIR en esta región (líneas punteadas color azul) serían mejor atendidas con estas nuevas estaciones.

Con base en el análisis realizado anteriormente, se observa que eliminando la estación de Santa Ana, el cubrimiento de señal sería prácticamente el mismo, con lo cual se concluye que la radiación desde Santa Ana no tiene mucho efecto si se incluyen las estaciones en Tumaco y Buenaventura. (Otra opción sería dejar la estación de Santa Ana como respaldo). El efecto de eliminar la estación de Santa Ana se aprecia en la figura 83.

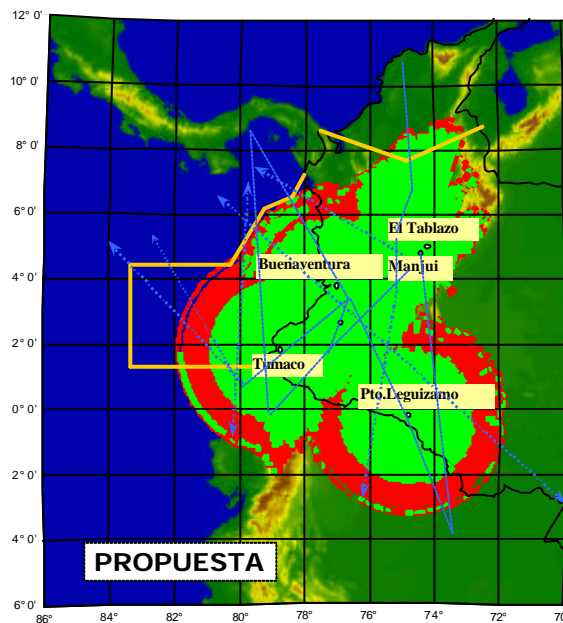
NOTA: las rutas aéreas que se muestran en las figuras sólo representan un bosquejo de algunas rutas en los niveles especificados. Es importante aclarar que no se dibujan la totalidad de las rutas sino solo algunas para evidenciar la necesidad de las propuestas.

Figura 82. Propuesta de nuevas estaciones en la frecuencia 125.1MHz



Mapas generados en Pathloss 4.0

Figura 83. Propuesta de la eliminación de la estación Santana en 125.1MHz

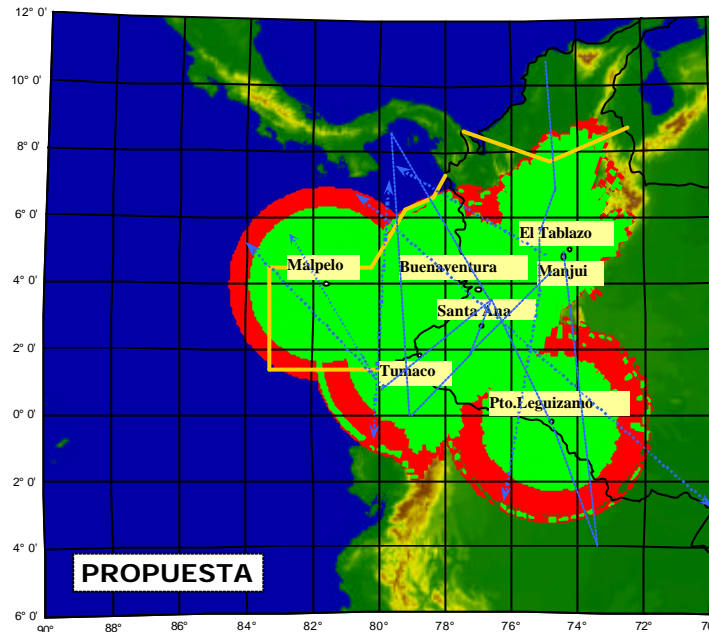


Mapas generados en Pathloss 4.0

La solución más adecuada para la cobertura en el Pacífico colombiano es la instalación de una estación de VHF en la isla de Malpelo. La estación de Malpelo presenta un caso particular para la Aeronáutica Civil debido a los trámites necesarios ante el Ministerio

del Medio Ambiente para su instalación, sin embargo, ya se han hecho estudios de factibilidad los cuales podrían demostrar que la instalación de una estación de VHF no afecta al ecosistema de la isla. El diagrama de cobertura incluyendo la isla de Malpelo se observa en la figura 84.

Figura 84. Cobertura 121.5MHz con la estación Malpelo



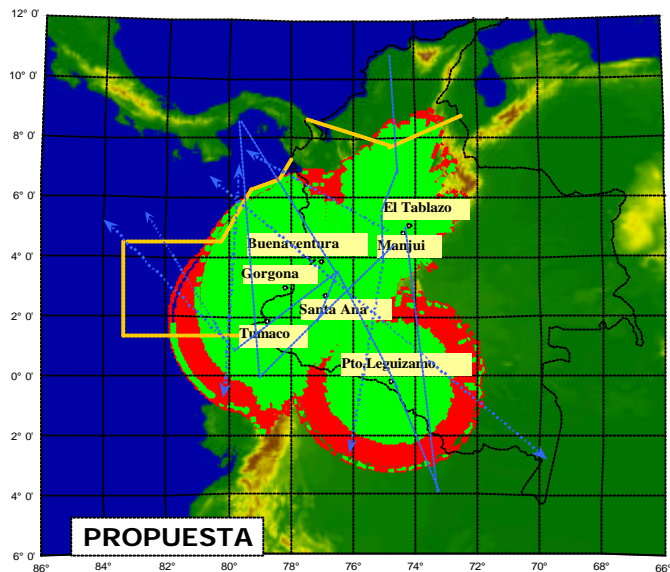
Mapas generados en Pathloss 4.0

Por otra parte, se recomienda que la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil realice un análisis de costo-beneficio sobre la posibilidad de la instalación de una estación en la isla respecto al dinero que se recaudaría por tránsito aéreo internacional sobre esta zona, teniendo también en cuenta los costos representados en un mantenimiento al sitio con una frecuencia mínima mensual, además de los costos de adquisición e instalación de equipos.

Los costos de la instalación de esta nueva estación deben incluir un sistema de generación de energía solar y/o eólica que acompaña la estación de VHF, ya que por condiciones geográficas de la isla, no es posible tener energía eléctrica de manera convencional.

Un análisis adicional (ver figura 85) muestra que otra opción para mejorar el cubrimiento podría ser la instalación de una estación en la isla de Gorgona, pero la ganancia en cubrimiento no es muy relevante debido a que las estaciones de Buenaventura y Tumaco cubren gran parte del área de influencia de Gorgona.

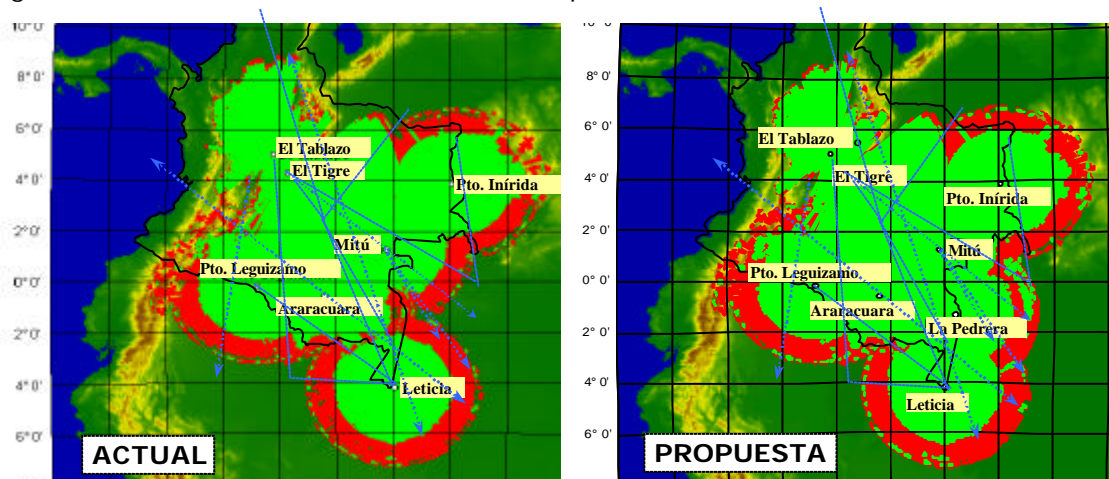
Figura 85. Cobertura 121.5MHz con la estación Gorgona



Mapas generados por Pathloss 4.0

10.1.2 FIR Bogotá 128.8MHz. El análisis de cobertura de VHF de esta frecuencia para niveles superiores se puede apreciar en la figura 86. De aquí se sugiere la instalación de una nueva estación de VHF en la Pedrera para mejorar la mala cobertura al sur-este de Mitú a 128.8MHz. El problema de cobertura de señal en esta área se corroboró con los controladores aéreos de la FIR de Bogotá, lo cual representaría un alivio para los pilotos de las aeronaves que sobrevuelan la zona. Esto puede ser debido también a la no existencia de la estación de Araracuara, la cual fue destruida durante enfrentamientos entre fuerzas del orden y la subversión.

Figura 86. Simulación de coberturas a 20000 pies en 128.8MHz con La Pedrera.



Mapas generados en Pathloss 4.0

10.2 PROPUESTA DE ADICIÓN DE ESTACIONES PARA EL MEJORAMIENTO DEL CUBRIMIENTO DE RUTAS AÉREAS EN NIVELES INFERIORES

En los diagramas de cobertura realizados en el software Pathloss 4.0, se observa que es posible mejorar el cubrimiento del sistema de comunicaciones VHF de alcance extendido de acuerdo a las rutas de vuelos del espacio aéreo inferior colombiano.

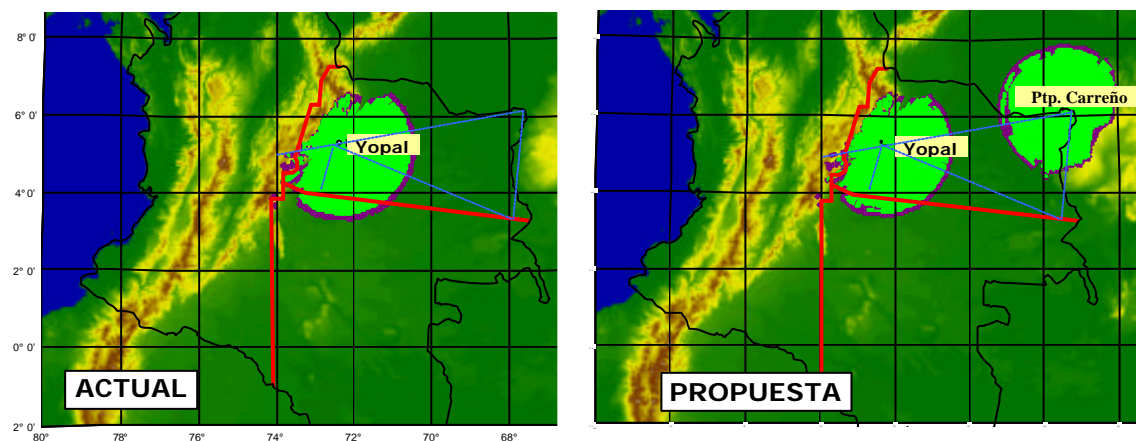
A continuación se realiza un estudio basado en la simulación y en las cartas de navegación aérea para las rutas de los niveles inferiores:

10.2.1 FIR Bogotá Sector Villavicencio 119.3MHz. Para un mejor cubrimiento de este sector del espacio aéreo se propone la implementación de una estación de VHF de alcance extendido adicional en la ciudad de Puerto Carreño (Vichada) para la frecuencia 119.3MHz.

Como lo muestran las figuras 87 y 88, las principales rutas aéreas de los niveles inferiores que atraviesan este sector (líneas punteadas color azul) serían mejor atendidas con esta nueva estación.

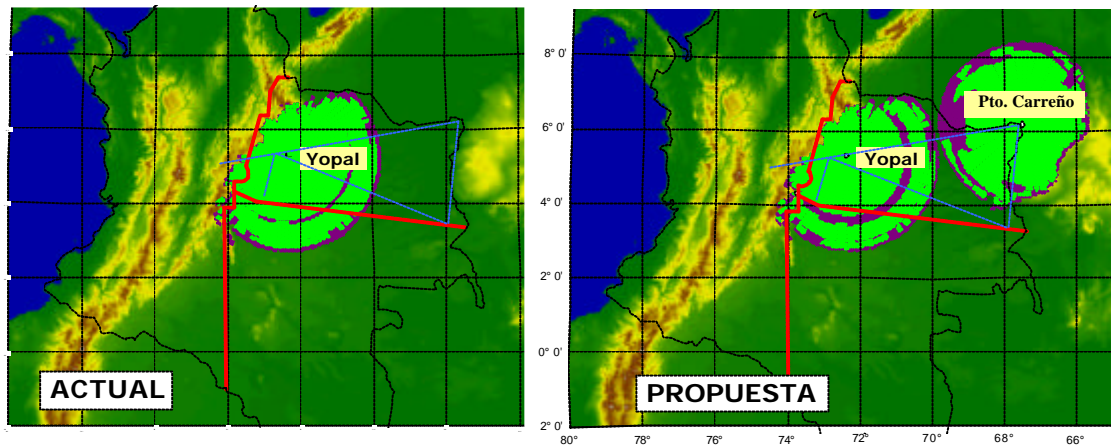
NOTA: las rutas aéreas que se muestran en las figuras sólo representan un bosquejo de algunas rutas en los niveles especificados. Es importante aclarar que no se dibujan la totalidad de las rutas sino solo algunas para ilustrar los resultados de las propuestas.

Figura 87. Simulación cobertura a 5000 pies en 119.3MHz con Puerto Carreño



Mapas generados en Pathloss 4.0

Figura 88. Simulación cobertura a 10000 pies en 119.4MHz con Puerto Carreño

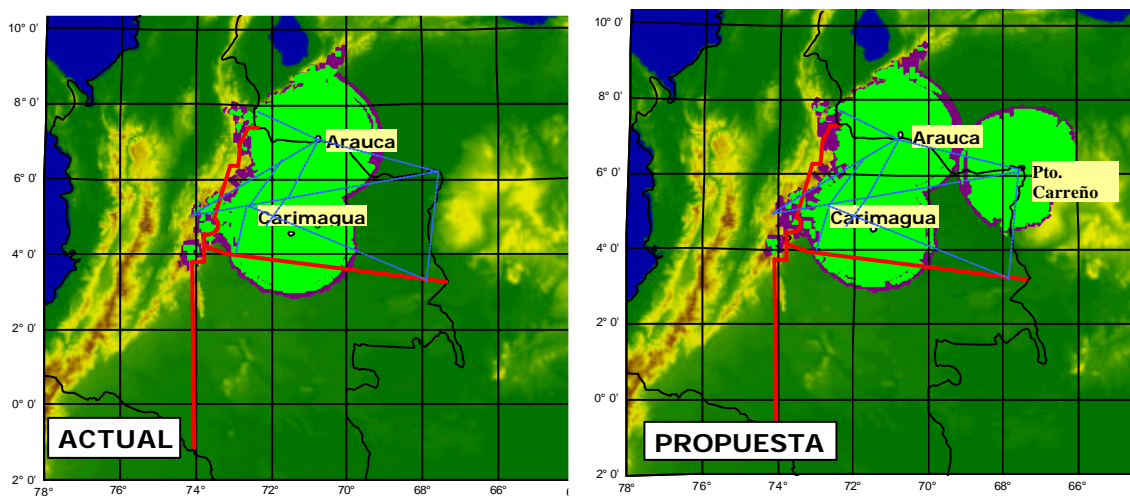


Mapas generados en Pathloss 4.0

10.2.2 FIR Bogotá Sector Villavicencio 121.5MHz. Al igual que en la frecuencia 119.3MHz, para atender mejor este sector del espacio aéreo se propone la implementación de una estación adicional en la ciudad de Puerto Carreño (Vichada), como lo muestran las figuras 89 y 90, las principales rutas aéreas de los niveles inferiores que atraviesan este sector (líneas punteadas color azul) serían mejor atendidas con esta nueva estación.

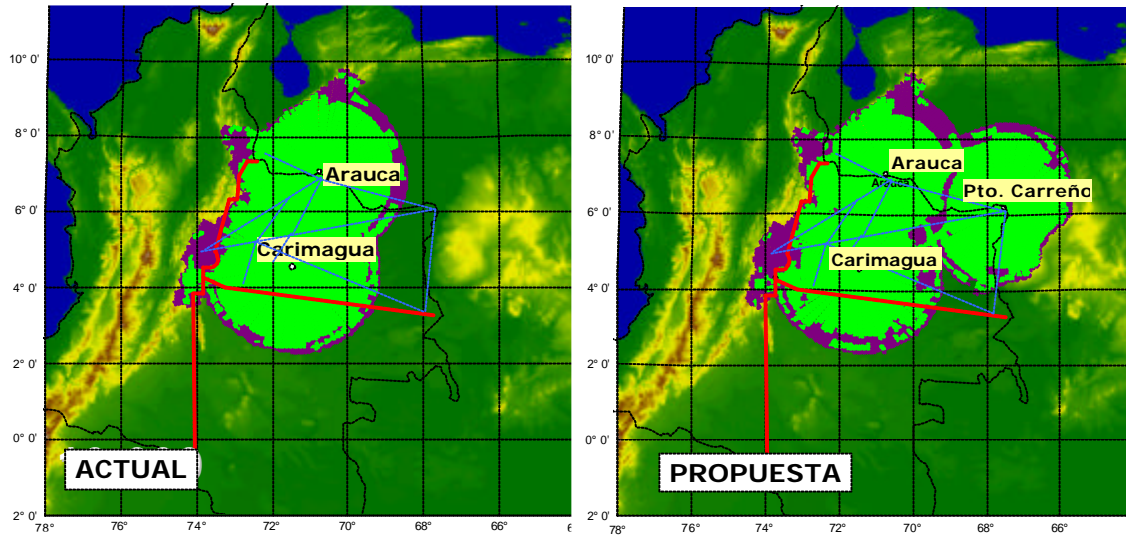
NOTA: las rutas aéreas que se muestran en las figuras sólo representan un bosquejo de algunas rutas en los niveles especificados. Es importante aclarar que no se dibujan la totalidad de las rutas sino solo algunas para ilustrar los resultados de las propuestas.

Figura 89. Simulación Cobertura 5000 pies en 121.5MHz con Puerto Carreño



Mapas generados en Pathloss 4.0

Figura 90. Simulación Cobertura 10000 pies en 121.5MHz con Puerto Carreño

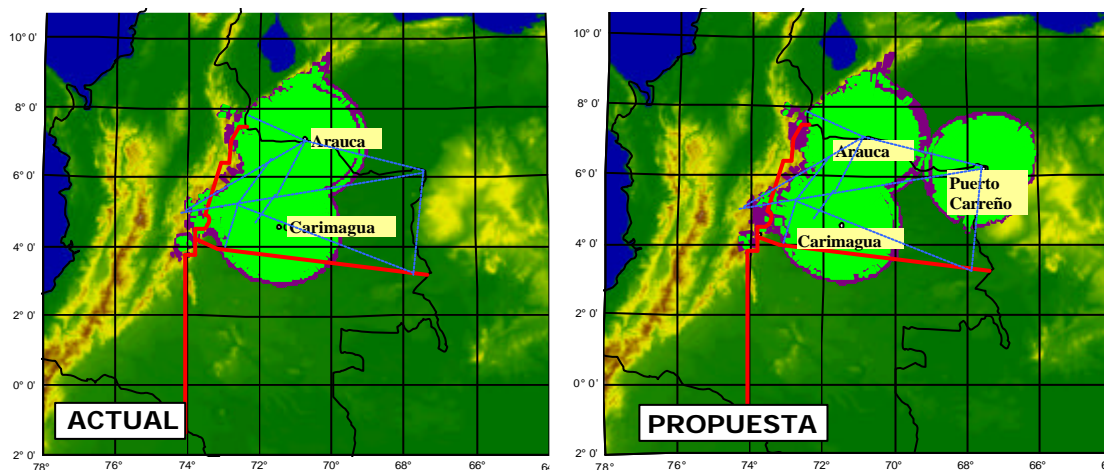


Mapas generados en Pathloss 4.0

10.2.3 FIR Bogotá Sector Villavicencio 127.0MHz. El análisis para esta frecuencia se realiza de la misma manera en que se especifica para la frecuencia 121.5MHz. En las figuras 91 y 92 se muestran las simulaciones para el mejoramiento de coberturas.

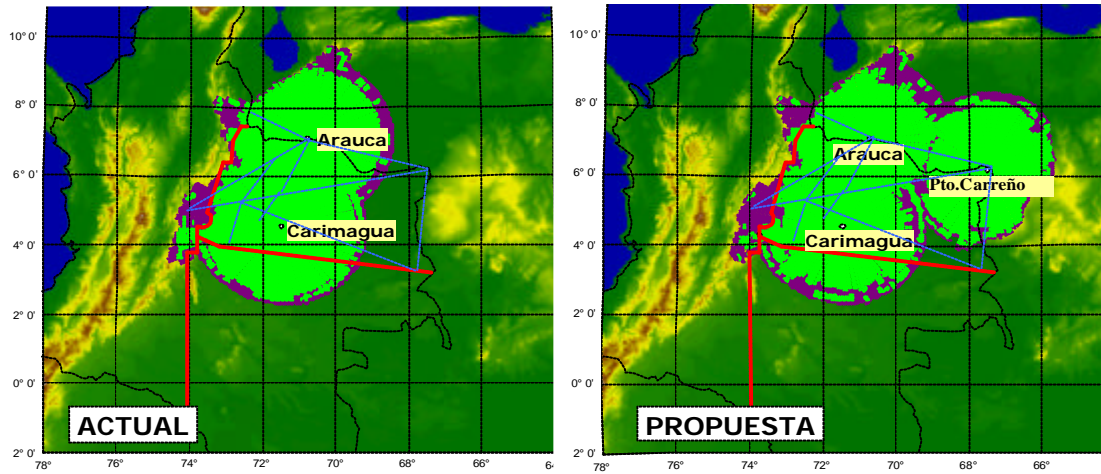
NOTA: las rutas aéreas que se muestran en las figuras sólo representan un bosquejo de algunas rutas en los niveles especificados. Es importante aclarar que no se dibujan la totalidad de las rutas sino solo algunas para ilustrar los resultados de las propuestas.

Figura 91. Simulación Cobertura a 5000 pies en 127.0MHz con Puerto Carreño



Mapas generados en Pathloss 4.0

Figura 92. Simulación cobertura a 10000 pies en 127.0MHz con Puerto Carreño

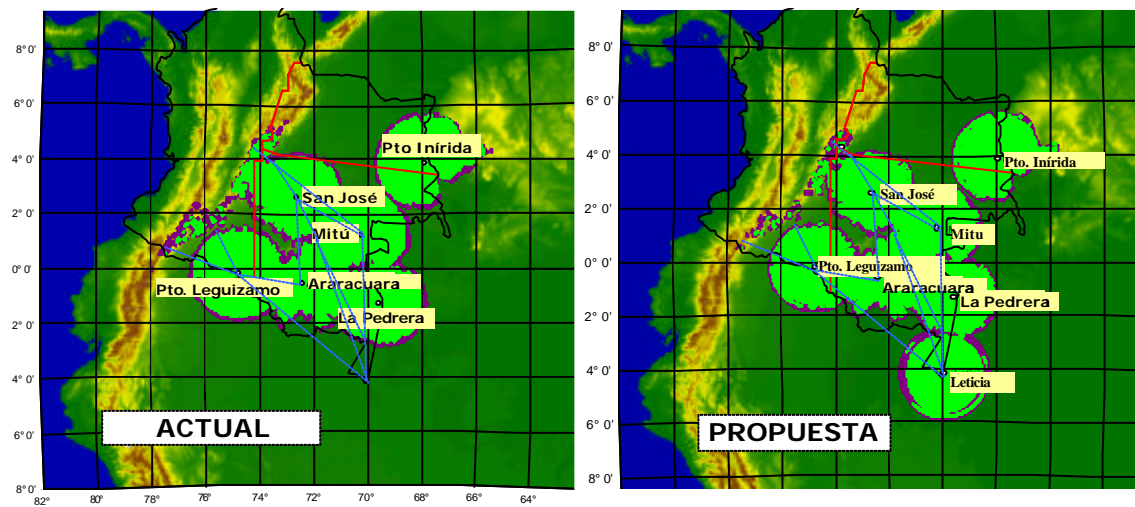


Mapas generados en Pathloss 4.0

10.2.4. FIR Bogotá Sector Villavicencio 127.3MHz. Para un mejor cubrimiento de este sector del espacio aéreo se propone la implementación de una estación adicional en la ciudad de Leticia (Amazonas). Como lo muestran las figuras 93 y 94, las principales rutas aéreas de los niveles inferiores que atraviesan este sector (líneas punteadas color azul) serían mejor atendidas con esta nueva estación.

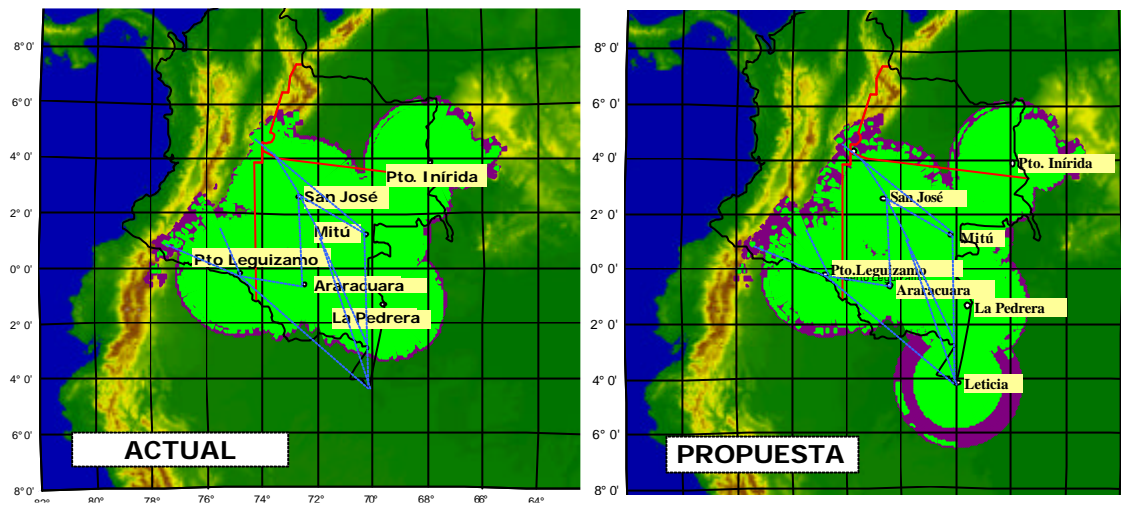
NOTA: las rutas aéreas que se muestran en las figuras sólo representan un bosquejo de algunas rutas en los niveles especificados. Es importante aclarar que no se dibujan la totalidad de las rutas sino solo algunas para ilustrar los resultados de las propuestas.

Figura 93. Simulación cobertura a 5000 pies en 127.3MHz con Leticia



Mapas generados en Pathloss 4.0

Figura 94. Simulación cobertura a 10000 pies con Leticia



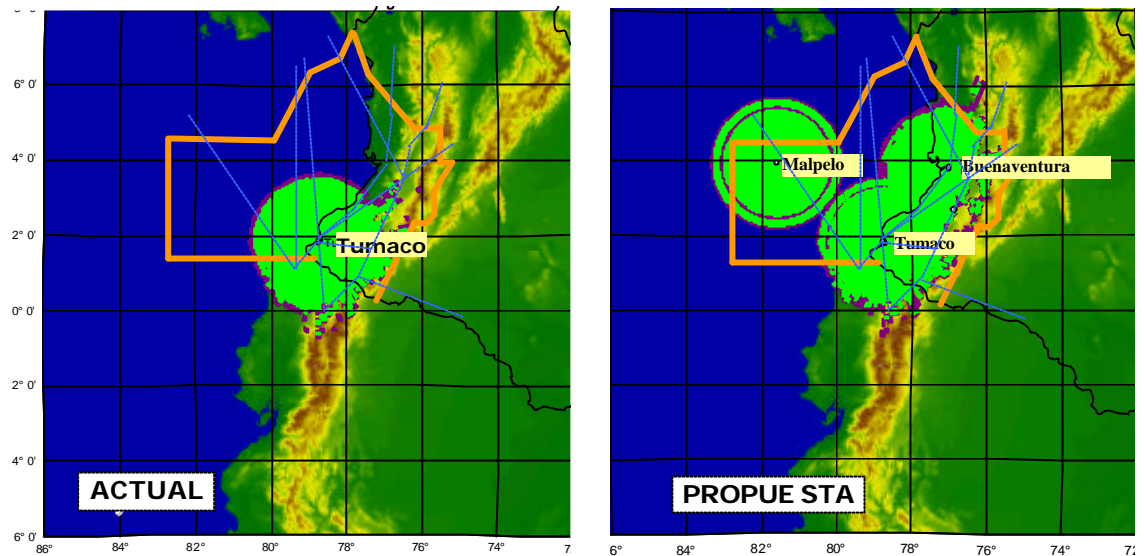
Mapas generados en Pathloss 4.0

10.2.5. FIR Bogotá Sector Cali 121.5MHz. Según el análisis de simulación, que se observa en las figuras 95 y 96, para niveles inferiores en este sector, se puede incrementar la cobertura para las rutas del espacio aéreo instalando una estación en Buenaventura y además, sería conveniente la instalación de una estación en la isla de Malpelo para cubrir de manera autónoma la frecuencia 121.5 esta zona.

La estación de Malpelo presenta un caso particular para la Aeronáutica Civil debido a los trámites necesarios ante el Ministerio del Medio Ambiente para su instalación, sin embargo, ya se han hecho estudios de factibilidad los cuales podrían demostrar que la instalación de una estación de VHF no afecta al ecosistema de la isla.

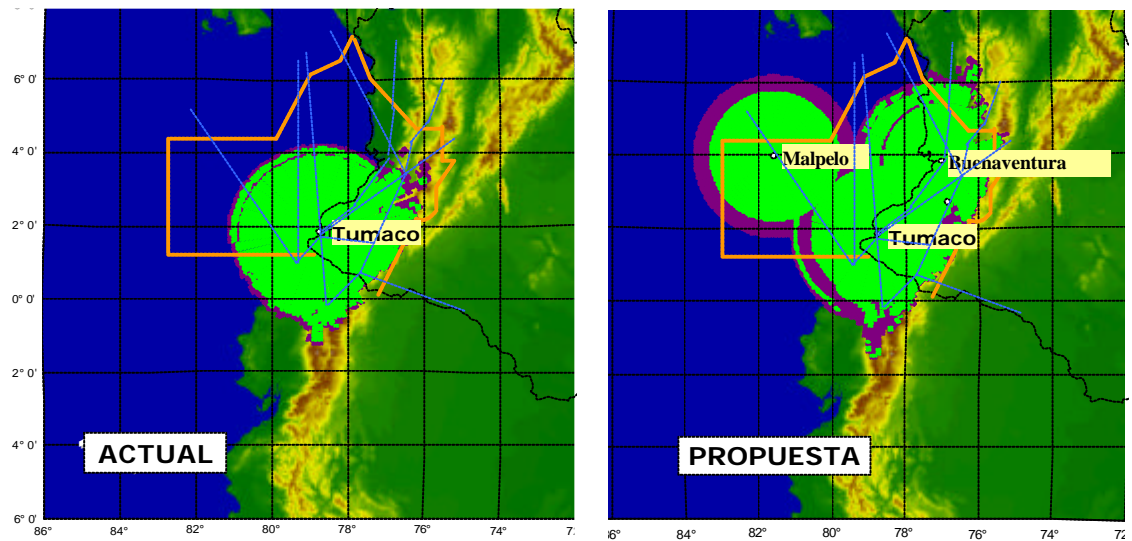
Por otra parte, se recomienda para la UAEAC realizar un análisis de costo-beneficio sobre la posibilidad de la instalación de una estación en la isla respecto al dinero que se recaudaría por tránsito aéreo internacional sobre esta zona, teniendo también en cuenta los costos representados en un mantenimiento al sitio con una frecuencia mínima mensual.

Figura 95. Simulación cobertura a 5000 pies con Isla Malpelo en 121.5MHz



Mapas generados en Pathloss 4.0

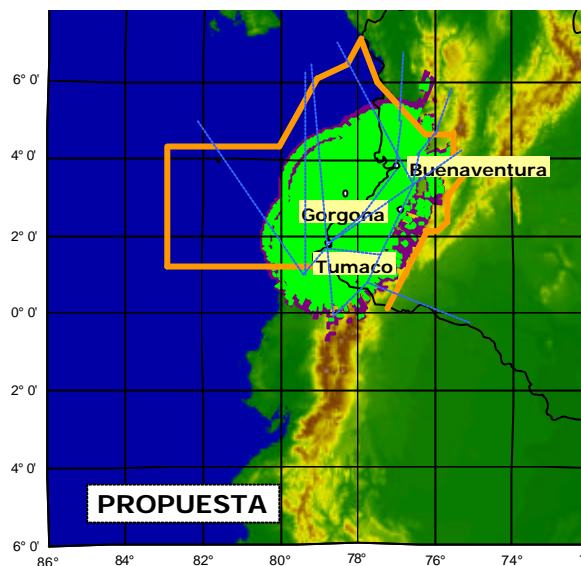
Figura 96. Simulación cobertura a 10000 pies con Isla Malpelo en 121.5MHz



Mapas generados en Pathloss 4.0

Un análisis adicional (ver figura 97) muestra que otra opción para mejorar el cubrimiento podría ser la instalación de una estación en la isla de Gorgona en el Pacífico colombiano, pero la ganancia en cubrimiento no es relevante debido a que las estaciones de Buenaventura y Tumaco cubren gran parte del área de influencia de Gorgona.

Figura 97. Simulación cobertura a 5000 con Isla Gorgona



Mapas generados en Pathloss 4.0

Para tratar de resolver la situación de cobertura en el pacífico, se analizó la estación Santa Ana debido a que gracias a su altura, provee mejor cubrimiento para las rutas en niveles superiores.

El análisis consiste en simular la cobertura de una frecuencia de VHF de alcance extendido en la estación Santa Ana en tres situaciones distintas: la primera usando una antena omnidireccional con una potencia de transmisor de 50W; la segunda usando una antena direccional con una ganancia de 7.8 dBd, azimut 270° y potencia de transmisor de 50W; la tercera usando una antena direccional con una ganancia de 7.8 dBd, azimut 270° y potencia de transmisor de 100W.

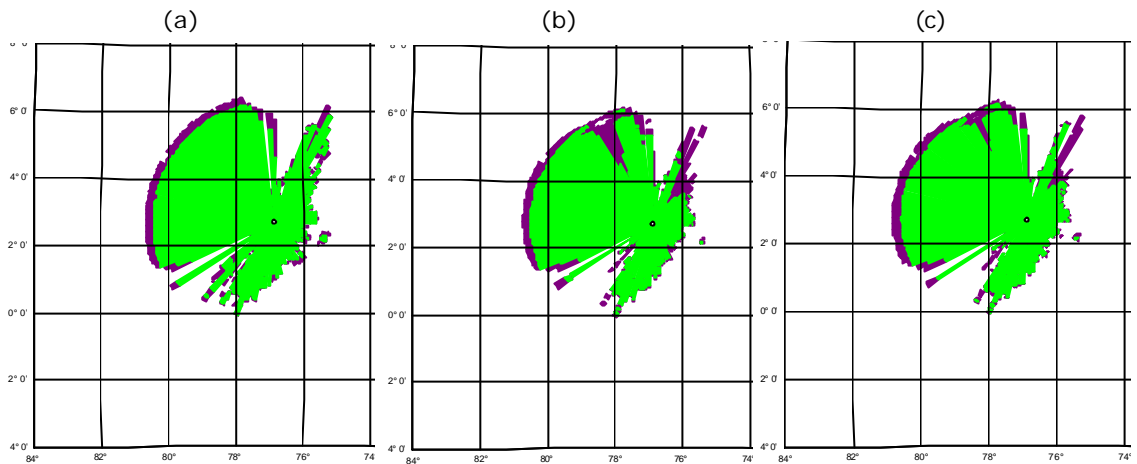
El resultado de los análisis indica, según lo muestra la figura 98 [(a) antena omnidireccional con Potencia Tx 50W. (b) antena direccional con potencia Tx 50W. (c) antena direccional con potencia Tx 100W], que no es efectivo usar antenas direccionales en el rango de frecuencias de VHF así como no es significativo, en términos de aumentar alcance, doblar la potencia del transmisor, debido a la relación logarítmica de expresar la potencia en dBd en el cálculo del *link budget* de la señal recibida.

10.3 PROPUESTAS ALTERNAS PARA EL MEJORAMIENTO DEL CUBRIMIENTO EN ÁREAS INASEQUIBLES POR EL SISTEMA DE VHF-ER

Debido a que los equipos de comunicaciones en VHF están limitados a bandas de alcance óptico, no resultan prácticos para las comunicaciones sobre regiones oceánicas o desérticas, aparte de tener que disponer de medios de apoyo tales como energía eléctrica y mantenimiento.

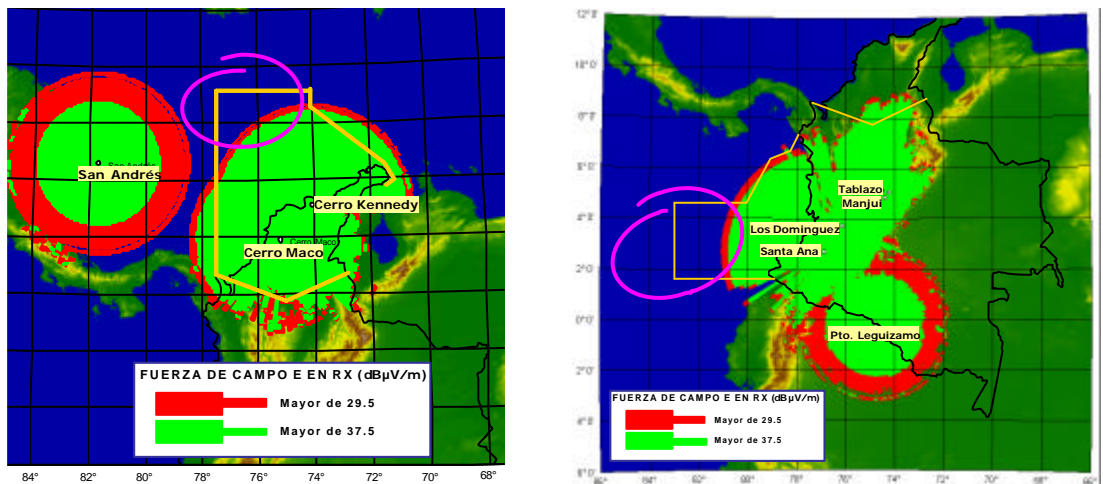
En áreas del espacio aéreo donde no es posible tener cobertura de VHF, como en el caso de las frecuencias 128.4MHz de la FIR Barranquilla (área noroeste de la FIR) y 125.1MHz de la FIR Bogotá (área occidental de la FIR), las cuales se aprecian en la figura 99, se proponen las siguientes soluciones:

Figura 98. Análisis de cobertura desde Santa Ana a 20000 pies con diferentes antenas.



Mapas generados por Pathloss 4.0

Figura 99. Zonas no cubiertas por VHF - ER



Mapas generados por Pathloss 4.0

- **Cobertura utilizando el sistema HF.** Las características de propagación de HF (High Frequency) son adecuadas para llegar a distancias donde el sistema de VHF no puede, ya que gracias a la propagación ionosférica, pueden realizarse comunicaciones entre puntos separados por cientos o incluso miles de kilómetros de distancia. Por tal razón, se propone utilizar un sistema de comunicaciones HF en las zonas donde el VHF de alcance extendido no tiene cobertura, lo cual incluye la adquisición e instalación de equipos (antenas, radios, torres, etc.) para comunicaciones aire-tierra para la coordinación de vuelos.

- **Cobertura utilizando el sistema AMSS (Aeronautical Mobile Satellite System).** Las comunicaciones por satélite pueden suministrar servicios de comunicaciones de voz y datos de gran calidad, independientemente del tipo de espacio aéreo que se trate. El AMSS o servicio satelital móvil aeronáutico transmite datos y voz, mejorando sensiblemente la eficiencia y la flexibilidad de procesamiento.

La principal desventaja es el retardo que introduce (250ms), lo que limita su empleo a comunicaciones no críticas, y su escasa capacidad en áreas de media o elevada densidad de tráfico aéreo.

10.4 RECOMENDACIÓN PARA EL CÁLCULO DEL TIEMPO DE LAS UNIDADES RETARDADORAS PARA EL SISTEMA DE VHF-ER

10.4.1 Planteamiento del problema. El sistema VHF-ER de la Aeronáutica Civil es utilizado para suministrar las comunicaciones de voz aire-tierra-aire dentro del Servicio Móvil Aeronáutico (AMS).

El sistema VHF-ER hace uso de un grupo de estaciones remotas instaladas en sitios elevados diferentes, las cuales operando simultáneamente permiten en su conjunto la cobertura del total permitida frente al volumen de área requerido. El sistema cuenta con la tecnología de portadora desplazada, la cual garantiza la operación simultánea de múltiples estaciones desde un mismo centro de control.

Con la combinación de las coberturas independientes ofrecidas por las diferentes estaciones remotas, cualquier aeronave en comunicación, dentro del sector del espacio aéreo establecido a la posición de control ATC, será recibida al menos por una estación y su mensaje. En sentido de recepción, todas las señales útiles provenientes de la detección de una comunicación de una aeronave son transmitidas a un sistema de selección de la mejor señal (EMS Elección de Mejor Señal - "Voting") que asegura que en la posición de control se contará con la señal más nítida de la comunicación.

La comunicación entre las estaciones remotas y el centro de control puede ser vía microondas o satelital. Cuando la comunicación es satelital hay un retardo inherente debido a la distancia estación remota-satélite-centro de control¹ que obliga al uso de

¹ La señal que viaja desde la antena de una estación terrena hasta un satélite geoestacionario tiene un retardo significativo debido a la larga distancia que dicha señal tiene que recorrer. Se sabe que una órbita geoestacionaria (ubicada sobre el eje ecuatorial) tiene un radio de 42164.2 Kilómetros medidos desde el centro de la tierra, es decir, se encuentra a 35786.04 Kilómetros sobre el nivel del mar.

unidades retardadoras para las estaciones remotas que usan microondas con el objetivo de evitar ecos.

Actualmente no existe un método para calcular los tiempos de las unidades de retardo, estos tiempos se calculan a prueba y error.

10.4.2 Recomendación 1: Usar la interfaz gráfica para el cálculo de tiempos de las unidades retardadoras.

- *Acerca de la Unidad Retardadora.* La unidad retardadora empleada en la Aerocivil es la PEAVEY IDL-1000 y presenta las siguientes especificaciones técnicas:

- ✓ Minimum Resolution: 20.8 microseconds.

- ✓ Maximum High Resolution Delay (ms display mode): 99.99 [ms].

- ✓ Maximum delay time (Stereo mode): longest delay (output 1 or 2) + delay output 3 < 1.35 [s].

Lo que se busca mostrando estas especificaciones técnicas es resaltar que este equipo presenta la sensibilidad adecuada para tener en cuenta retardos como por ejemplo el de propagación de microondas, etc.

- *Variables que tiene en cuenta la aplicación.* La aplicación tiene en cuenta la ubicación del satélite empleado por la Aerocivil y tanto la ubicación geográfica de la estación remota que emplea comunicación satelital como la del sitio de explotación de la frecuencia. En la parte satelital se deben introducir los datos estimados en los tiempos de retardo del multiplexor (GDC o Promina), la unidad de canal y otro retardo que se considere.

Para la estación remota con comunicación por microondas se deben especificar los enlaces hasta llegar al sitio de explotación, se debe introducir el tiempo estimado para el retardo de un equipo Promina, el número de equipos Promina en la trayectoria, el retardo estimado para los equipos de microonda en un enlace y otro retardo que se considere necesario. En la figura 100 se muestra la interfaz con sus respectivas variables.

Para más información acerca de los algoritmos de programación de la interfaz gráfica consultar el Anexo I.

Figura 100. Interfaz gráfica para el cálculo del retardo satelital

Programa creado por los autores

- *Cálculo del tiempo en la propagación tierra-satélite-tierra.* Para hacer un cálculo empírico del tiempo de retardo de una onda en ir y volver del satélite se realiza el siguiente análisis:

Debido a que el satélite INTELSAT 805 se encuentra en una órbita geoestacionaria, es decir, sobre el ecuador terrestre, y Colombia se encuentra geográficamente de manera predominante sobre el ecuador (ver figura 101), se deduce que las distancias de cualquier punto del territorio colombiano al satélite se pueden calcular asumiendo la tierra como una esfera perfecta (ya que en realidad es ligeramente achatada en los polos) y tomando como radio de la tierra el radio ecuatorial que corresponde a 6378.16 kilómetros.

Cualquier ubicación geográfica se puede interpretar como un punto (una ubicación) en un volumen en coordenadas esféricas, de manera que cada estación terrena tendrá su propia componente radial r y ángulos θ y ϕ de acuerdo al diagrama de coordenadas de la figura 102.

Figura 101. Posición del satélite INTELSAT 805.



Adaptación de los autores

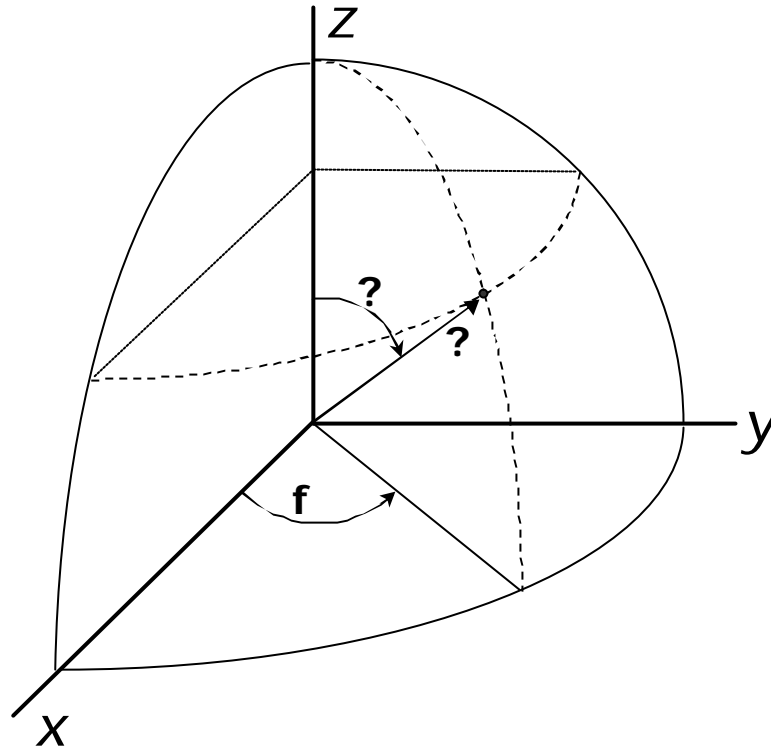
Una vez definidas las coordenadas geográficas de las estaciones terrestres y del satélite, las componentes esféricas para dichas coordenadas se toman de la siguiente manera:

- ✓ La componente r de las estaciones se calcula sumando el radio ecuatorial terrestre con la altura de cada una de las estaciones sobre el nivel del mar, de la misma manera en que la componente r del satélite será siempre el radio de la órbita geoestacionaria.
- ✓ Como la coordenada en grados correspondiente a la latitud se mide desde el paralelo 0 ó el eje del Ecuador y el ángulo θ o ángulo polar es medido desde el eje z en coordenadas esféricas, la relación de conversión entre estos valores es: $\theta = 90^\circ - \text{°Lat}$. Para el caso del satélite geoestacionario, $\theta = 90^\circ$
- ✓ La componente f o ángulo azimutal en coordenadas esféricas se puede interpretar directamente como la coordenada en grados de la longitud.

Cabe resaltar que tanto θ como f se deben expresar en grados decimales de las coordenadas geográficas.

Para convertir grados, minutos y segundos en grados decimales se utiliza la siguiente relación: $a^\circ b' c'' = a + b/60 + c/3600$, donde a es la coordenada en grados, b es la coordenada en minutos y c es la coordenada en segundos.

Figura 102. Sistema de coordenadas esféricas



Adaptación de los autores

Es necesario convertir las estaciones de coordenadas esféricas a coordenadas cartesianas en un plano tridimensional para determinar de manera fácil la distancia desde cada una de las estaciones al satélite geoestacionario.

A continuación se recuerdan las fórmulas usadas para la conversión de un sistema de coordenadas esféricas (ρ, θ, ϕ) a un sistema de coordenadas cartesianas en tres dimensiones (x, y, z) :

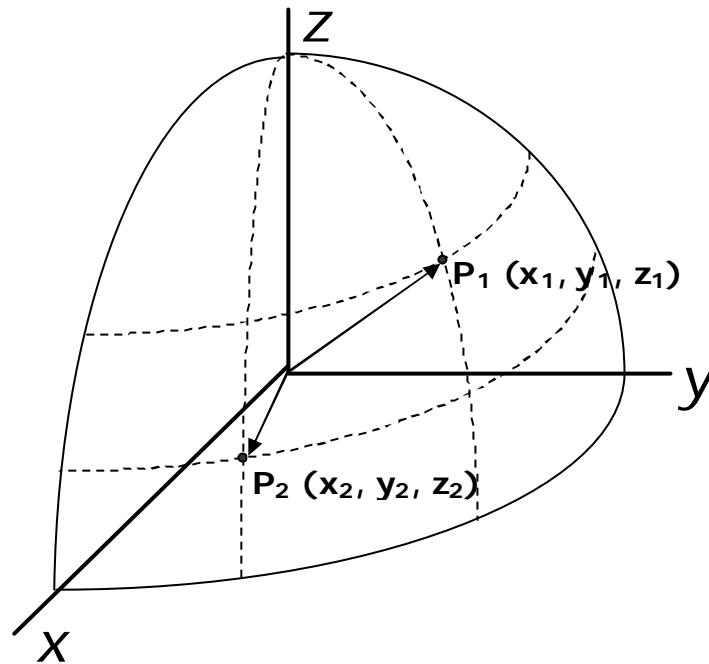
$$\begin{aligned} x &= \rho \sin \theta \cos \phi \\ y &= \rho \sin \theta \sin \phi \\ z &= \rho \cos \theta \end{aligned}$$

Cuando se tienen dos puntos en un espacio tridimensional en coordenadas cartesianas (como se muestra en la figura 103) definidos como $P_1 (x_1, y_1, z_1)$ y $P_2 (x_2, y_2, z_2)$, la distancia entre estos dos puntos se calcula mediante la fórmula:

$$D = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2 + (z_1 - z_2)^2}$$

De esta manera se calcula la distancia desde cualquier estación terrena hasta la posición del satélite, sabiendo que el satélite INTELSAT 805 de interés se encuentra siempre a 0° Latitud y 55° Longitud Oeste.

Figura 103. Plano Cartesiano en R3



Adaptación de los autores

Sabiendo que la velocidad de las ondas electromagnéticas en el espacio es 299'792,458 metros por segundo se puede calcular el tiempo de retardo en la transmisión de una señal desde una estación terrena y el satélite y viceversa conociendo ya la distancia entre las mismas. La relación se da con la fórmula $t=D/c$ donde t es el tiempo de retardo, D es la distancia y c es la velocidad de las ondas electromagnéticas.

- *Errores debidos a la propagación de la señal.* En el análisis anterior para el cálculo del tiempo tierra-satélite-tierra hemos supuesto que la velocidad de propagación de la señal es constante, pero esto no es cierto. Especialmente cuando la señal se transmite por la ionosfera y la troposfera.

10.4.3 Cálculo del retardo satelital total. El cálculo del retardo total satelital se realiza sumándole al tiempo en la propagación hallado anteriormente el doble del tiempo estimado del multiplexor (Promina o GDC), el doble de la unidad de canal y otro retardo que podría ser el retardo por procesamiento en el satélite. Estos datos se introducen por el usuario.

- *Cálculo del tiempo para la propagación por la Red de Microondas.* El usuario debe seleccionar los enlaces de microondas que se encuentran en la trayectoria desde la estación remota hasta el sitio de explotación de la frecuencia.

En un vector ya se tienen las distancias de las líneas de vista de todos los enlaces, las cuales fueron calculadas con base al programa Pathloss 4.0. Entonces se utiliza nuevamente la fórmula $t=D/v$, donde t es el tiempo de propagación, D es la distancia de línea de vista del enlace y v es la velocidad de las ondas de radio, para calcular el tiempo de cada uno de los enlaces y seguidamente se calcula el total.

- *Cálculo del retardo de microondas total.* El cálculo del retardo total de microondas se realiza sumándole al tiempo en la propagación hallado anteriormente el producto entre el número de equipos Promina y el retardo estimado de un equipo Promina, el producto entre el retardo estimado de los equipos de microondas y el doble de enlaces seleccionados por el usuario y otro retardo que el usuario considere.

- *Cálculo del tiempo de la unidad retardadora.* El tiempo de la unidad de retardo que se le aplica a la señal de microondas es la diferencia entre el tiempo total de enlace satelital y el tiempo total de las microondas.

10.4.4 Recomendación 2: Solicitud de datos a los proveedores de los diferentes sistemas. Esta recomendación consiste en solicitar a los proveedores los retardos estimados o de preferencia medidos en laboratorio, para la aplicación de voz en los siguientes equipos:

- Multiplexores Promina.
- Multiplexores GDC.
- Microondas Continental.
- Microondas Stratex.
- Unidades de canal Hughes.

Estos datos son muy importantes para obtener una buena aproximación en el cálculo del tiempo para las unidades de retardo.

10.5 RECOMENDACIONES PARA ANÁLISIS DE PERFILES Y FACTIBILIDAD DE ENLACES DE MICROONDAS EN LA UAEAC

Para realizar un mejor análisis de cualquier sistema de comunicación utilizando un software como herramienta de cómputo (como el caso de enlaces de microondas o coberturas de VHF de alcance extendido) siempre se busca trabajar con las herramientas adecuadas para lo cual se proponen las siguientes recomendaciones:

10.5.1 Uso de la base de datos del terreno más precisa posible. La Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil tiene bajo licencia el software Pathloss 4.0 para el análisis de enlaces de microondas y análisis de coberturas de sistemas de comunicaciones VHF y UHF.

Pathloss 4.0 puede trabajar con varias bases de datos del terreno, entre las cuales se encuentra una versión disponible para Latinoamérica denominada base de datos *G Topo 30 Global 30 sec.* Esta base de datos maneja una precisión de 926 metros, que se considera muy deficiente para análisis de perfil de terreno entre un par de estaciones. Se puede hacer una actualización del software Pathloss de manera gratuita en la Internet y adquirir la base de datos *SRTM* (Shuttle Radar Topographic Mission) disponible para el territorio de Colombia la cual tiene una precisión de 92.6 metros, que supone una mejor precisión y mayor confiabilidad para el análisis de los enlaces microonda. El detalle de cómo realizar la actualización de Pathloss para obtener la base de datos SRTM se puede consultar el en anexo C.

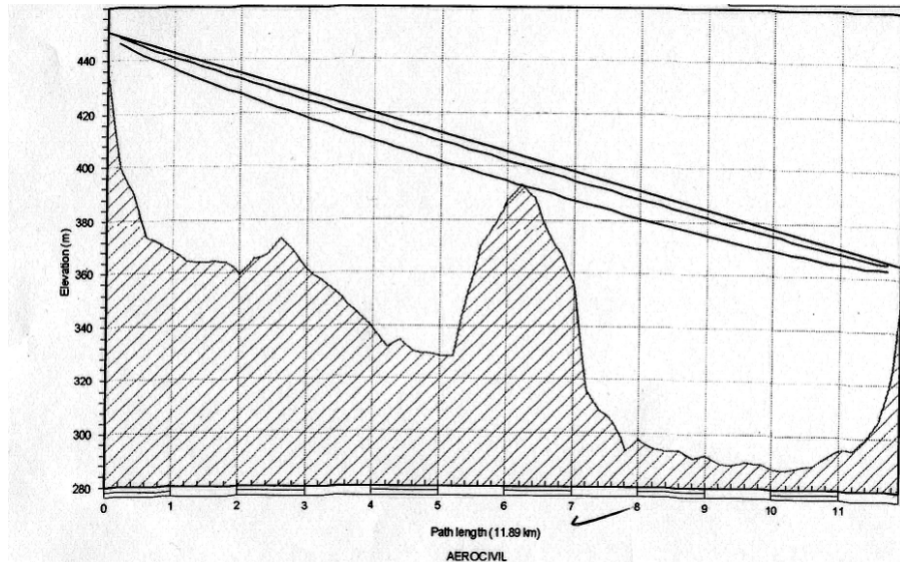
10.5.2 Planteamiento del inconveniente referente a la utilización de una base de datos inadecuada. Escoger una base de datos del terreno adecuada es un punto clave en el desarrollo de un proyecto para el análisis de factibilidad de cualquier enlace que requiera línea de vista; de lo contrario, se pueden crear falsas expectativas acerca de dicho proyecto siendo posible que el enlace real sea completamente imposible. A continuación se presenta un ejemplo del problema planteado anteriormente.

En un caso de estudio de un enlace de microondas de la red de la Aeronáutica Civil, presentado como propuesta en la licitación pública No. 5000035 del año 2005 realizada por Stratex Networks Inc. cuyo objeto es la adquisición, instalación y puesta en servicio de los radioenlaces digitales para el fortalecimiento de la red troncal de microondas para las regionales Antioquia, Valle y Norte de Santander, se realizó el correspondiente estudio de factibilidad del enlace entre el Aeropuerto de Cúcuta y el Aeropuerto de San Antonio (Venezuela).

En la figura 104 se puede observar una gráfica escaneada del análisis del perfil presentado por Stratex utilizando el software Pathloss 4.0 pero se desconoce la base de datos del terreno utilizada. Este perfil muestra que el enlace es completamente viable y por lo tanto el proyecto podría ponerse en marcha luego de una visita al sitio.

Posteriormente, se simuló el mismo perfil utilizando la base de datos *SRTM*, cuyo perfil se aprecia en la figura 105. En este perfil se observa una similitud con el perfil presentado en la licitación pero notoriamente no es el mismo, ya que las alturas del terreno de las estaciones son diferentes y además se obstruye por completo la línea de vista entre las antenas.

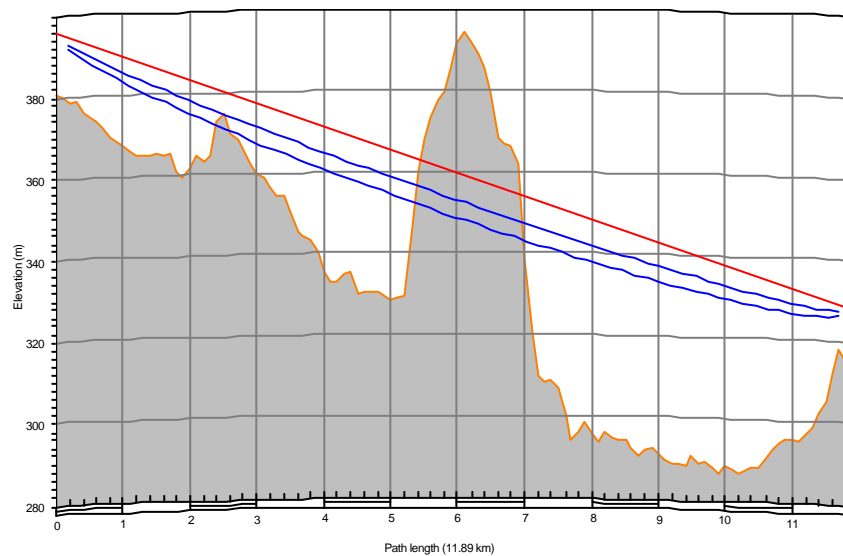
Figura 104. Enlace Cúcuta- San Antonio entregado por licitación.



Documentos internos UAEAC

Como manera alternativa, se realizó el mismo perfil utilizando esta vez la base de datos *G Topo 30 Global 30 sec* (ver figura 106) en donde a pesar de que existe una aparente viabilidad del enlace sin obstrucción de línea de vista, es un perfil donde se pierde demasiada información debido a la poca precisión de la base de datos y no es una fuente confiable.

Figura 105. Enlace Cúcuta- San Antonio simulado Pathloss 4.0 - SRTM

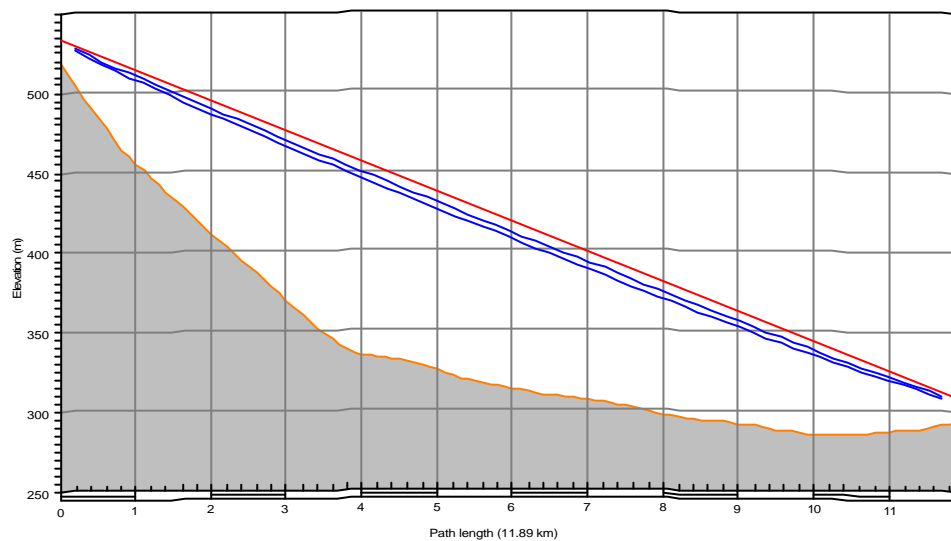


Simulación con Pathloss 4.0

10.5.3 Recomendación 1. Lo anterior conduce a la recomendación de realizar siempre un estudio utilizando la herramienta de software Pathloss 4.0 a todos los perfiles de los enlaces que se quieran implementar en la red de microondas de la Aeronáutica Civil usando la base de datos *SRTM*, o una que tenga una mejor precisión, ya que surge la posibilidad que el proponente emplee en su estudio una base de datos de menor precisión.

El software Pathloss es una herramienta muy importante, por esta razón se debe aprovechar este recurso que posee la entidad.

Figura 106. Enlace Cúcuta-San Antonio simulado Pathloss 4.0 – GTOPO30



Simulación con Pathloss 4.0

10.5.4 Recomendación 2. Medición adecuada de las coordenadas geográficas en los sitios. Otro aspecto importante en el análisis de enlaces de microondas es la correcta medición de las coordenadas geográficas de las estaciones.

Un inconveniente que se presentó en el estudio de los enlaces de la red integrada de microondas de la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil es la imprecisión y necesidad de continuas adquisiciones de las coordenadas geográficas de las estaciones o cerros en donde se encuentran las antenas.

A pesar de que en algunos casos se sabe que el enlace funciona de manera correcta, al realizar el perfil se tiene problema con la línea de vista del enlace.

10.6 USO DEL SOFTWARE RADIO MOBILE COMO ALTERNATIVA EN LA APLICACIÓN DE CALCULO DE COBERTURAS CON PATHLOSS 4.0

10.6.1 Planteamiento del problema. El espacio aéreo colombiano está dividido según el nivel de vuelo para las aeronaves, esto es, para alturas de vuelo superiores a 20000 pies (6094 m) se denominan espacios aéreo superiores y las alturas de vuelo inferiores a 20000 pies se denominan espacios aéreos inferiores.

En cada una de las dos denominaciones, existen diferentes frecuencias para la comunicación aire-tierra, es decir, para niveles superiores, se operan determinadas frecuencias para cubrir la totalidad del espacio aéreo en Colombia y para niveles inferiores se operan otras frecuencias para proporcionar la mayor cobertura del espacio aéreo para alturas de vuelo menores.

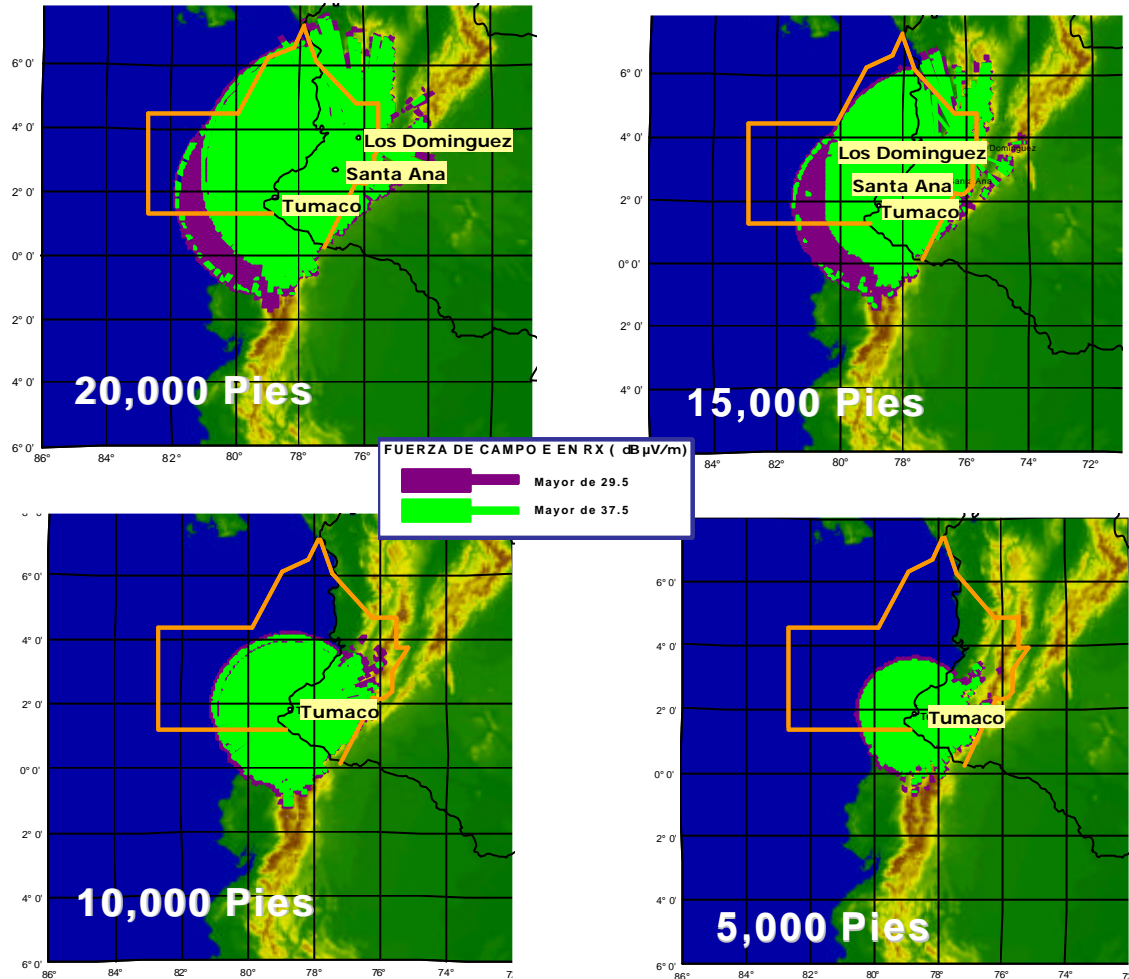
Los mapas correspondientes a las coberturas de VHF de alcance extendido tanto para niveles superiores como para niveles inferiores se realizaron usando el software Pathloss 4.0 con la base de datos de terreno SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission) que tiene una precisión de 92.6 metros, la cual permite calcular coberturas teniendo en cuenta la topología de la zona y los diferentes parámetros de los equipos utilizados (potencia de las antenas, ganancia de las antenas, patrones de radiación etc.) y condiciones atmosféricas propias de la zona.

El software Pathloss presenta una limitación en el cálculo de coberturas que afecta algunos mapas para niveles inferiores del sistema de VHF-ER de la Aerocivil. Esta limitación no permite a Pathloss calcular coberturas a altitudes menores que la altitud de la estación remota, es decir, el dato que se introduce como altura a la que se desea calcular la cobertura, Pathloss la asume como la altura sobre el nivel del suelo de la estación remota.

La limitación del software presenta el inconveniente de no poder calcular la cobertura conjunta de una frecuencia que tenga estaciones por encima del nivel de vuelo que se quiera analizar pudiéndose realizar solamente un cálculo de cobertura parcial de la frecuencia que se está trabajando.

Como se observa en la figura 107, la cobertura para la frecuencia 121.5 MHz en la FIR de Bogotá sector Cali para los niveles de 10000 y 5000 pies no se muestra para las estaciones remotas de los Domínguez y Santana, debido a que estas estaciones tienen una altura superior a estos niveles de vuelo, lo cual puede representar una pérdida significativa de información en la simulación con el software en sitios donde se requiere saber dichas coberturas.

Figura 107. Diagramas de cobertura VHF-ER para la frecuencia 121.5MHz.



Mapas generados por Pathloss 4.0

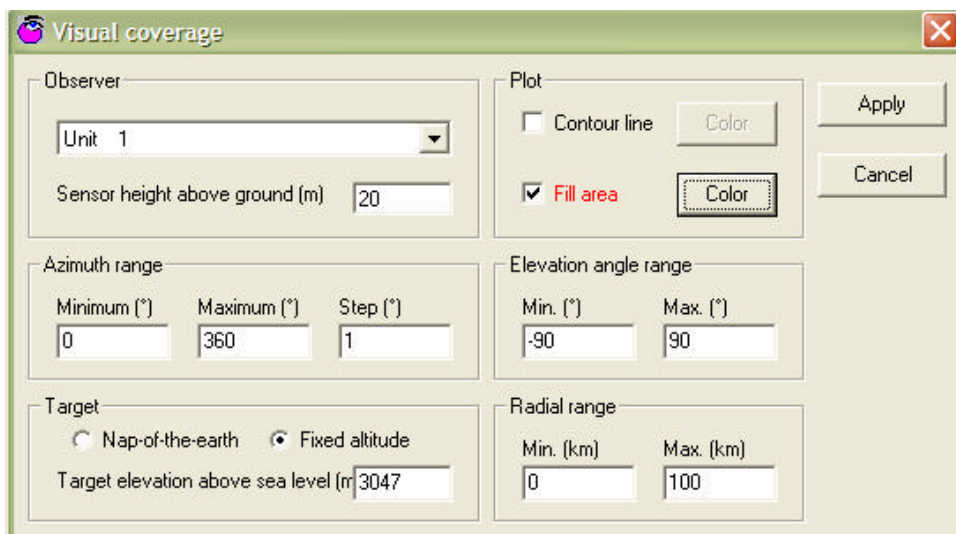
10.6.2 Recomendación 1.

USAR EL SOFTWARE GRATUITO RADIO MOBILE COMO ALTERNATIVA PARA CÁLCULOS DE COBERTURA EN NIVELES DE VUELO INFERIORES DONDE PATHLOSS PRESENTA LIMITACIONES.

El software Radio Mobile presenta una herramienta interesante para el cálculo de coberturas que se puede aplicar para altitudes menores a la altura de la estación remota. Esta herramienta se llama "Visual coverage" y como su nombre lo indica calcula la cobertura visual.

En la figura 108 se muestra los datos que se introducen para el cálculo de la cobertura.

Figura 108. Parámetros de cobertura visual en Radio Mobile 7.0



Programa Radio Mobile 7.0

Observer: se elige la estación remota donde se ubica la antena para la transmisión y se introduce la altura de la antena. En esta parte ya se debe tener creado el mapa de la región en estudio (usando Map Properties) y las estaciones remotas (usando Unit properties).

Azimuth range: ángulo de propagación de la antena. Para aplicaciones de antenas omnidireccionales el mínimo es 0° y el máximo 360°. Para aplicaciones con antenas direccionales se ajusta el ángulo teniendo en cuenta que el ángulo comienza en el sentido norte de la estación remota.

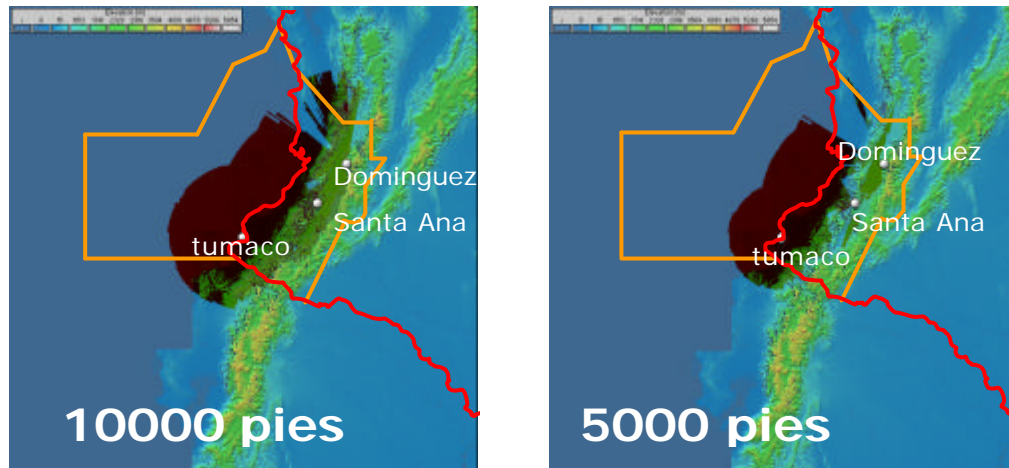
Target: se selecciona "Fixed altitude" y se introduce la altura del nivel de vuelo donde se requiere la cobertura en "Target elevation above sea level".

Elevation angle range: como su nombre lo indica permite seleccionar el rango para el ángulo de la cobertura visual.

Radial range: permite seleccionar el rango máximo de la cobertura, es decir, si no hay obstrucción por la geografía la cobertura tiene como límite el rango máximo. Este es un dato muy importante ya que se debe asegurar que el sistema cuenta con la potencia necesaria para alcanzar el rango máximo.

- *Ejemplo con la herramienta "Visual Coverage".* Para el cálculo de la cobertura de la frecuencia 121.5 MHz de Cali para niveles de vuelo de 10000 y 5000 pies se utilizó la herramienta Visual Coverage y se obtuvo el resultado de la figura 109. Para esta cobertura se usa un rango máximo de cobertura de 266 Km, es decir, se asume que el sistema cuenta con la potencia suficiente para alcanzar esa distancia si no existieran obstáculos.

Figura 109. Diagramas de cobertura visual en Radio Mobile 7.0



Mapas generados por Radio Mobile 7.0

10.6.3 Adquisición del Software Radio Mobile 7.0. El software Radio Mobile se puede adquirir de manera gratuita en la página de Internet www.cplus.org/rmw/download.html donde se deben seguir las instrucciones especificadas para su correcta instalación:

Para descargar la base de datos SRTM se debe ingresar en la página de Internet www.cplus.org/rmw/dataen.html y seleccionar las opciones de SRTM para Sur América, de otra manera se puede ingresar directamente a una conexión ftp en el siguiente enlace:

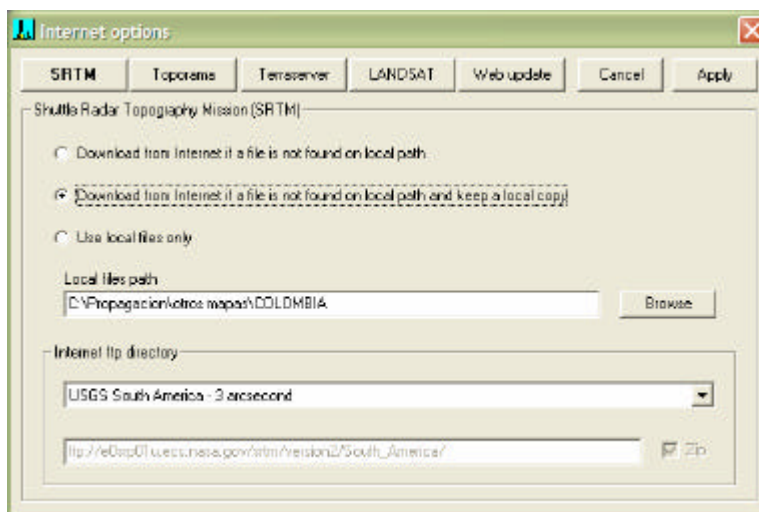
ftp://e0srp01u.ecs.nasa.gov/srtm/version2/South_America/

Como método alternativo para descargar la base de datos, en el programa Radio Mobile, se ingresa en el menú *Options* → *Internet*, se selecciona la pestaña SRTM y se da la opción *Download from Internet if a file is not found on local path and keep a local copy* y se selecciona en *Local Files Path* la ubicación donde se quiere almacenar la base de datos, tal como se muestra en la figura 110.

De esta manera, cuando se necesite generar un mapa en particular, el programa automáticamente descargará de Internet los datos del área requerida por el usuario.

Una vez descargada la base de terreno, en el cuadro de diálogo presentado anteriormente, se puede seleccionar la opción *Use local files only* y seleccionar el directorio donde fueron descargados los datos.

Figura 110. Instrucciones de actualización de la base de datos Radio Mobile 7.0



Programa Radio Mobile 7.0

10.7 RECOMENDACIONES PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA UTILIZACIÓN DE LOS RECURSOS DE RED DE LA UAEAC PARA EL SERVICIO DE TELEFONÍA MD-110

10.7.1 Planteamiento del problema. El servicio telefónico prestado por la UAEAC a sus dependencias y que es administrado por la red MD-110 de Ericsson puede ser utilizado de una manera más eficiente lo cual se vería reflejado tanto en el máximo aprovechamiento de la red WAN de la Aeronáutica Civil como en una reducción de costos de la entidad.

Actualmente existen 6 categorías en las extensiones que permiten a los funcionarios acceder a ciertos privilegios en el servicio. Estas categorías se describen a continuación:

1. Categoría para realizar llamadas únicamente de extensión a extensión de la misma localidad o regional.
2. Además de la característica anterior, esta categoría permite realizar llamadas al área local metropolitana sólo a la ciudad donde se encuentra el usuario (para ubicaciones en Bogotá, Medellín, Barranquilla, Cali, Cúcuta, Villavicencio, Cartagena, San Andrés y Bucaramanga).
3. Además de las características anteriores, con esta categoría es posible llamar a otras extensiones de otra localidad o regional.
4. Esta categoría reúne las características anteriores y además permite al usuario llamar a los números del área local metropolitana de cualquiera de las ciudades especificadas en la categoría 2 utilizando la red de la Aerocivil.

5. Con este tipo de categoría se acceden a los servicios de las anteriores categorías y habilita al usuario realizar llamadas a cualquier número por discado directo nacional e internacional utilizando operadores de larga distancia (ETB, Orbitel o Telecom).
6. Esta es la máxima categoría en la que el usuario goza de todos los anteriores servicios y además puede realizar llamadas a teléfonos celulares.

Algunas veces los usuarios que cuentan con categoría 5 o 6, los cuales pueden llamar a números locales de ciertas ciudades del país, realizan llamadas a éstas ciudades utilizando el discado directo nacional, facturando así una llamada de larga distancia. Por otra parte, la misma llamada se puede realizar utilizando la característica de la categoría 4, es decir, utilizando la red autónoma de la Aeronáutica Civil, con lo cual el costo de la llamada sólo representa el gasto de una llamada local.

10.7.2 Recomendación 1: modificación de categorías para el equipo Ericsson MD-110. Las razones para esta sugerencia son las siguientes:

- Sacar el máximo provecho de las Redes propias de la Aeronáutica Civil.
- Reducción de costos para la entidad.

Para un mayor aprovechamiento de la red propia de comunicaciones de la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil, se propone una modificación en las categorías 5 y 6 la cual consiste en un cambio en la programación de las tablas de enrutamiento en el equipo Ericsson de la red MD-110 para bloquear o restringir las llamadas que se realicen a destinos públicos locales de las ciudades especificadas en la categoría 4 que se efectúen por discado directo nacional para que el usuario sólo pueda llamar a ese destino utilizando la red de la Aerocivil. Cabe aclarar que la restricción sugerida solo afecta a los números de las áreas locales de las ciudades donde se encuentran los LIMs de la red MD110, los usuarios podrán seguir utilizando el servicio de discado directo nacional a cualquier otra parte del país donde no haya disposición de la red de telefonía MD110.

Para dar un ejemplo de planteamiento anterior, a continuación se describe el caso de la ciudad de Bucaramanga:

El área metropolitana de la ciudad de Bucaramanga incluye el municipio de Floridablanca, Girón y Piedecuesta, es decir, que una llamada a cualquiera de estos municipios es facturada como una llamada local.

Las series numéricas que conforman el área local de Bucaramanga comprenden los números 634XXXX, 637XXXX, 638XXXX,..., y 645XXXX, por lo que es necesario programar en la planta telefónica el bloqueo por discado directo nacional a todos los números que se encuentran dentro de esas numeraciones y permitir dichas llamadas utilizando la red de la Aerocivil.

Lo anterior conduce conjuntamente a hacer una campaña de publicidad para que todos los usuarios tengan conocimiento de la disponibilidad del servicio utilizando la red WAN de la empresa y así contribuir a las políticas de austeridad de la misma.

Si se implementa el bloqueo a los números de la red pública local de las ciudades por discado directo nacional, la red de la Aerocivil se puede ver comprometida para ofrecer una disponibilidad permanente de la red. Como es sabido, la red conmutada de telefonía MD-110 cuenta con un nodo central en Bogotá y ocho nodos ubicados en Barranquilla, Rionegro, Cali, San Andrés, Bucaramanga, Villavicencio, Cúcuta y Cartagena, de los cuales Bucaramanga, Villavicencio y Cartagena son troncales E&M, es decir, la disponibilidad de líneas es muy reducida. Esta es una de las razones que conlleva a la puesta en marcha de la recomendación 4.

10.7.3 Recomendación 2: Establecimiento de troncales E1 con las ciudades de Bucaramanga, Villavicencio y Cúcuta. Las razones por la cual se plantea esta recomendación son:

- ✓ Ampliar el número de llamadas simultáneas que se puedan realizar con estas ciudades y evitar futuras congestiones.
- ✓ Obtener el control y monitoreo de las extensiones ubicadas en estas ciudades para la realización de tareas como tarificación y con el monitoreo de extensiones verificar que el recurso telefónico se emplea de la mejor manera.

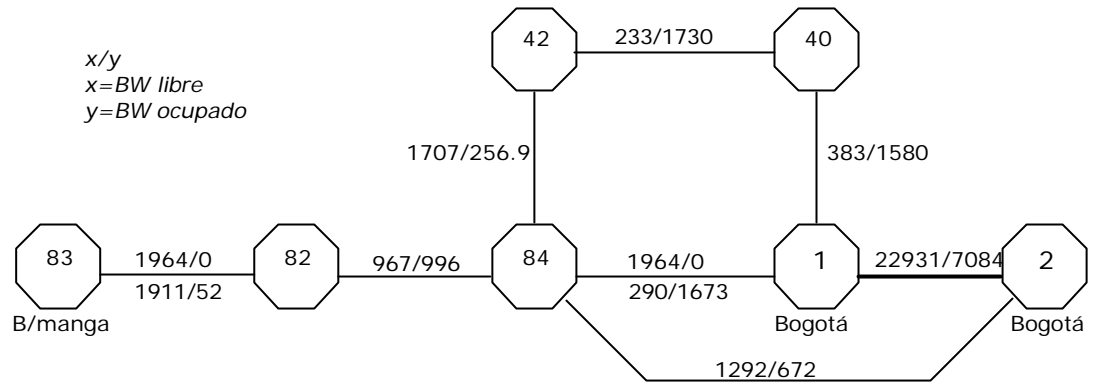
- *Estudio del ancho de banda.* Un enlace digital E1 consta de 32 canales de 64 Kbps de los cuales 2 se utilizan para la señalización y 30 para el transporte de datos. La Planta telefónica emplea 5 canales para transmitir datos (canales 1, 3, 5, 7 y 16) y 25 para voz.

Los equipos multiplexores Promina comprimen la voz a 8 Kbps, por lo tanto el ancho de banda que demanda la voz es 200 Kbps y los datos requieren máximo 320 Kbps. En conclusión, un enlace E1 de la MD-110 requiere un ancho de banda aproximado de 520 Kbps en la red de microondas.

Ahora se comprobará que se cuenta con la infraestructura para la consecución de la propuesta.

- *Caso de Bucaramanga.* Los nodos Promina 1 y 2 corresponden a Bogotá, y el nodo Promina 83 corresponde a Bucaramanga. Como se observa en la figura 111 hay dos posibles rutas a seguir desde Bogotá hasta Bucaramanga. La primera emplea los nodos Promina 1-84-82-83 y como se observa el ancho de banda libre es superior al ancho de banda requerido en la propuesta. La segunda emplea los nodos Promina 1-40-42-84-82-83 y como se observa en la figura el ancho de banda libre en la troncal entre los nodos 40-42 no es suficiente pero con la primera ruta sería suficiente.

Figura 111. Interconexión Promina Bogotá-Bucaramanga

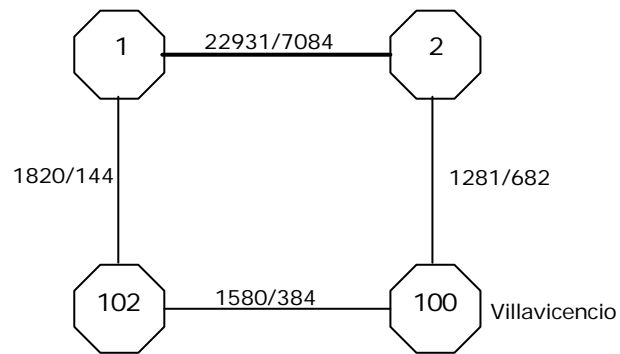


Adaptación de los autores

- *Caso Villavicencio:* Los nodos Promina 1 y 2 corresponden a Bogotá, y el nodo Promina 100 corresponde a Villavicencio.

Como se observa en la figura 112 cualquiera de las dos rutas de Bogotá a Villavicencio (1-102-100 o 2-100) tienen el suficiente ancho de banda que requiere la propuesta.

Figura 112. Interconexión Promina Bogotá-Villavicencio



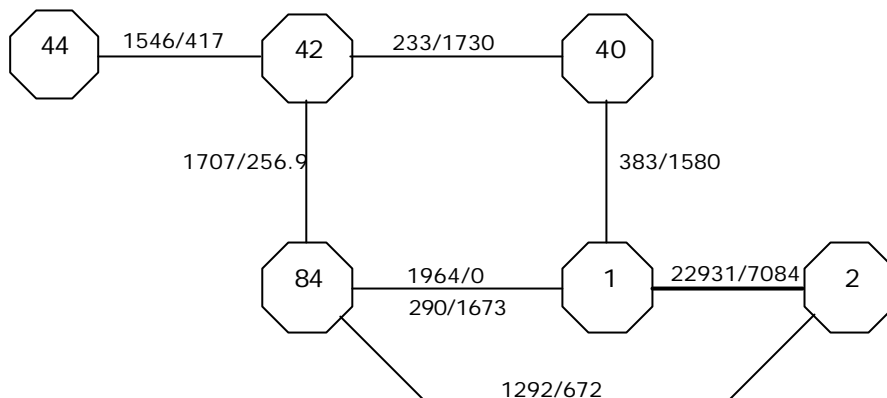
Adaptación de los autores

- *Caso Cartagena:* Los nodos Promina 1 y 2 corresponden a Bogotá, y el nodo Promina 44 corresponde a Cartagena.

Como se observa en la figura 113, la ruta que presenta el ancho de banda libre suficiente para la propuesta de Bogotá a Cartagena es la 1-84-42-44.

Con los resultados anteriores se demuestra que la Aeronáutica Civil cuenta con la infraestructura necesaria para la realización de esta propuesta.

Figura 113. Interconexión Promina Bogotá- Cartagena



Adaptación de los autores

- *Verificación del número de extensiones por LIM.* Un LIM puede manejar un máximo de 254 extensiones. El LIM de Bucaramanga tiene actualmente programadas 69 extensiones (58 análogas y 11 digitales), el LIM de Villavicencio tiene actualmente programada 88 extensiones (78 análogas y 10 digitales) y el LIM de Cartagena tiene actualmente programada 28 extensiones (21 análogas y 7 digitales).

- *Requerimientos Técnicos por Troncal:*

- ✓ En la MD-110 de Bogotá y en los LIMs remotos se requiere de la tarjeta troncal E1 TLU 76 la cual se programa en Bogotá.
- ✓ En los LIMs remotos se extrae el disco duro y se instala una memoria de tipo volátil.
- ✓ En los equipos Promina se usa la tarjeta frontal TMCP y la tarjeta trasera DAMI para la conexión con la planta telefónica.

Esta recomendación es para la MD-110 versión BC10 pero si se realiza la actualización de BC10 a BC12 se considera mas adecuada la recomendación 5 porque permite manejar anchos de banda menores.

10.7.4 Recomendación 3: establecimiento de troncales IP con las ciudades de Bucaramanga, Villavicencio y Cartagena. Las razones para sugerir esta recomendación son:

- ✓ Ampliar el número de llamadas simultáneas que se puedan realizar con estas ciudades y evitar futuras congestiones.

✓ Obtener el control y monitoreo de las extensiones ubicadas en estas ciudades para la realización de tareas como tarificación y con el monitoreo de extensiones verificar que el recurso telefónico se emplea de la mejor manera.

✓ Mayor flexibilidad para el ancho de banda del canal.

- *Estudio del ancho de banda.* El ancho de banda para estas troncales sería de 128k y los canales de voz se comprimen a 8k. Se destaca que el equipo Promina no comprime las troncales IP.

El estudio del ancho de banda de la red Promina se omite debido a que ya se realizó para un enlace E1 y para troncales IP se requiere de un ancho de banda menor.

- *Requerimientos técnicos por troncal*

✓ En la MD-110 de Bogotá y en los LIMs remotos se requiere de la tarjeta troncal IP SPU4 con señalización QSIG entre plantas. Además se cuenta con la DTMF para poder integrar la telefonía tradicional.

✓ En los LIMs remotos se extrae el disco duro y se instala una memoria de tipo volátil.

✓ En los equipos Promina se usa la tarjeta PX-3 para la conexión con la planta telefónica.

10.8 EXPANSIÓN DE LAS PLANTAS TELEFÓNICAS PARA LA INTEGRACIÓN DE LOS AEROPUERTOS FALTANTES DONDE SE ENCUENTRAN CONTROLADORES AÉREOS

Objetivos que se pretenden alcanzar con esta recomendación:

- Lograr la integración a la planta Harris de todos los Aeropuertos a nivel nacional donde se encuentran controladores aéreos.
- Lograr la integración a la planta MD-110 de todos los Aeropuertos a nivel nacional donde se encuentran controladores aéreos.

Actualmente existen 47 aeropuertos con presencia de controladores aéreos divididos en 6 regionales, así:

Regional Bogotá:

Los aeropuertos controlados de la regional Bogotá son El Dorado, Guaymaral, Neiva, Ibagué, Florencia, Leticia, Mariquita, Girardot, Puerto Asís y San Vicente.

Regional Atlántico:

Los aeropuertos controlados de la regional Atlántico son Cartagena, Barranquilla, San Andrés, Santa Marta, Valledupar, Riohacha, Corozal y Providencia.

Regional Meta:

Los aeropuertos controlados de la regional Meta son Villavicencio, el Yopal, San José Guaviare, Mitu y Puerto Carreño.

Regional Valle:

Los aeropuertos controlados de la regional Valle son Cali, Armenia, Pereira, Pasto, Popayán, Cartago, Guapi, Ipiales, Tumaco y Buenaventura.

Regional Antioquia:

Los aeropuertos controlados de la regional Antioquia son Rionegro, Medellín, Manizales, Montería, Carepa, B. Solano y Quibdó.

Regional Santander:

Los aeropuertos controlados de la regional Santander son Bucaramanga, Cúcuta, Arauca, Barrancabermeja, Tame, Saravena y Ocaña.

10.8.1 Recomendación 1. Instalación del servicio ATS en Guapi, Buenaventura, Puerto Carreño, Mariquita y Cartago.

Estos aeropuertos son los únicos que aun teniendo controlador aéreo no están integrados a la Red Harris.

10.8.2 Recomendación 2. Instalación del servicio de extensión telefónica (MD-110) en B. Solano, Guapi, Buenaventura, Puerto Carreño, Mariquita y Cartago.

Estos aeropuertos son los únicos que aun teniendo controlador aéreo no están integrados a la Red MD-110.

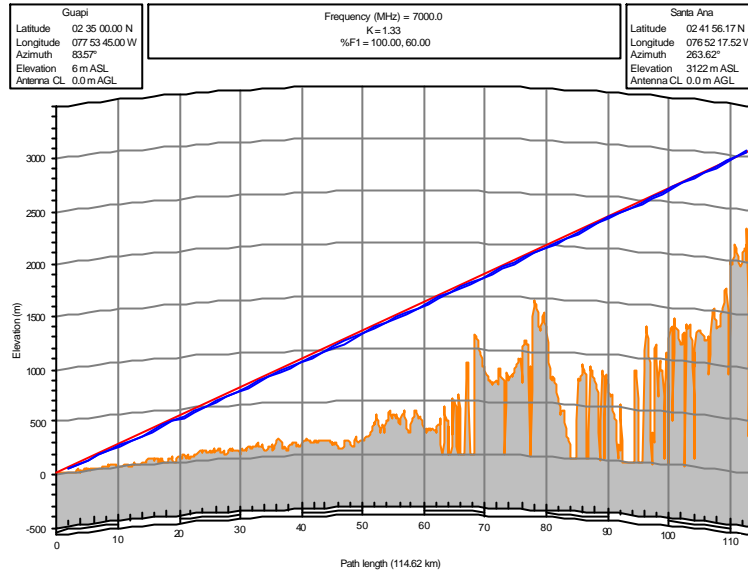
10.8.3 Recomendación 3. Alternativas para la puesta en marcha de la instalación de los servicios de ATS y extensión telefónica del MD-110.

Alternativa 1: Arriendo de canales de comunicación a un prestador externo de servicios como Telecom para el envío de ATS y extensiones del MD-110. En el caso de Cartago que posee conectividad con la red Promina no hay necesidad del arriendo de canales.

Alternativa 2: Integrar estos aeropuertos al convenio de Impsat para disponer del canal satelital con capacidad de 128 Kbps.

Alternativa 3: En el caso de Guapi podría integrarse con la red de microondas para abastecer los servicios que este aeropuerto demanda. En la figura 114 se observa el perfil del enlace Guapi – Santa Ana no tiene problemas.

Figura 114. Perfil del enlace Guapi – Santa Ana



Enlace simulado con Pathloss 4.0

11. ANÁLISIS DE MERCADO

11.1 PROPUESTA DE MERCADO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA RED DE MICROONDAS

En muchas ocasiones la factibilidad de un enlace se ve frustrada debido a obstáculos que perturban la línea de vista entre las antenas, por tal razón, la UAEAC debe migrar hacia una nueva tecnología con las características de los enlaces microonda convencionales pero sin necesidad de línea de vista (NLoS).

Por tal motivo, la compañía británica Orthogon Systems brinda la mejor solución existente en el mercado debido a su sistema de comunicación inalámbrica sin línea de vista, ofreciendo una buena opción para los próximos años y permitiendo flexibilidad en los nuevos enlaces microonda. A continuación se presenta una descripción de la compañía y los productos que ofrece.

ORTHOOGON SYSTEMS

Non-Line of sight wireless networks
www.orthogonsystems.com

Overview

La compañía ofrece puentes Ethernet inalámbricos altamente confiables y de alta disponibilidad que proveen conexiones banda ancha punto a punto en ambientes donde las soluciones convencionales no pueden operar. Su tecnología de punta permite poderosas conexiones sin línea de vista (NLoS), alrededor de obstáculos y el terreno, así como conexiones con línea de vista de largo alcance.

Incluso en ambientes óptimos de conexión, Orthogon ofrece rendimiento superior donde exista desvanecimiento transitorio y dispersión (que son inevitables en todas las conexiones inalámbricas). Para muchas aplicaciones donde no existe una trayectoria óptica con línea de vista entre puntos de conexión, Orthogon puede ser la única solución viable.

La alta disponibilidad, confiabilidad y rendimiento de los productos Orthogon resultan de tecnologías del estado-del-arte probadas que son combinadas exclusivamente en una única solución. Orthogon mejora esas tecnologías con sus propios algoritmos de señal propietarios, resultando en una señal fuerte, virtualmente libre de error para proveer conexiones *carrier class*¹.

¹ Carried class es un término que se refiere al hardware o software usado en redes de alta velocidad y alto tráfico como los usados en entidades proveedoras de internet y grandes empresas. También es llamado "carrier grade".

Las oficinas principales de Orthogon están localizadas en Ashburton, Reino Unido y Waltham, Massachussets (USA)

FAMILIA DE PRODUCTOS

Sólo los puentes Ethernet inalámbricos OS-Gemini y OS-Spectra de 5.8 GHz pueden proveer una disponibilidad del 99.999% incluso en los ambientes más desafiantes. Además de su costo-efectividad, son más rápidos de implementar y más fáciles de manejar. Ofrecen mayor capacidad y calidad de señal más alta sobre un mayor rango, incluso sobre agua. También proveen mayor eficiencia espectral, lo cual permite alto desempeño en áreas con comunicaciones de radio congestionadas.

FAMILIA OS-GEMINI

Las soluciones OS-Gemini logran conectividad confiable sin línea de vista (NLoS) y línea de vista de largo alcance de alta calidad donde otras soluciones inalámbricas no pueden. La familia de productos OS-Gemini incluye:

- OS-Gemini integrado – soluciones de 44 Mbs con antenas integradas
- OS-Gemini conectorizado – soluciones de 44 Mbps con la ventaja de alta ganancia de las antenas externas
- OS-Gemini Lite integrado y conectorizado – soluciones de 22 Mbps para organizaciones con presupuesto limitado que necesitan soluciones robustas para sobrepasar interferencias.

Todos los productos Gemini incluyen una combinación única de tecnologías diseñadas para la protección contra el desvanecimiento e incrementar radicalmente el rendimiento, incluyendo:

- Radios de alta categoría
- Codificación tiempo-Espacio multi-rayo
- Multiplexación por división de frecuencia ortogonal inteligente
- Gestión de espectro avanzada con selección de frecuencia dinámica inteligente.
- Modulación adaptativa
- Diversidad espacial

Componentes OS-Gemini & OS-Gemini Lite

Cada terminal de un OS-Gemini o un OS-Gemini Lite consiste de una unidad outdoor (ODU), una unidad indoor, llamada OS-Gemini PIDU Plus, y un equipo de montura requerido. Los sistemas también incluyen servidores Web para manejar un enlace ya sea local o remotamente. OS-Gemini y OS-Gemini Lite consisten en los mismos componentes de Hardware, así, ascender del producto Lite sólo requiere una simple mejora del software.

La configuración inicial es fácil: simplemente se alinean las unidades en sus respectivas monturas y se alienan las antenas. Cada par de ODUs vienen con una dirección IP pre-configurada y una dirección MAC de Ethernet del la otra ODU a la cual será conectada. Las direcciones pre-configuradas habilitan las características de seguridad del enlace y permite que las dos unidades se comuniquen únicamente una con la otra. El instalador alinea las antenas usando una señal audible que traslada la fuerza de la señal recibida en un tono de audio. Cuando el tono es el más alto, los dos puntos de conexión están óptimamente alineados.

La unidad Outdoor

La unidad outdoor consiste en la mitad del equipo de cada terminal de un enlace Ethernet inalámbrico OS-Gemini u OS-Gemini Lite. Un cable RJ-45 (CAT5) conecta la ODU al PIDU y supe a la ODU tanto de energía como los datos Ethernet para ser comunicados en el enlace. El ODU refinado recientemente, idéntico para OS-Gemini y OS-Gemini Lite, es un transceptor liviano, durable y pequeño que contiene todos los elementos de red y radio requeridos.

OS-Gemini PIDU Plus

El OS-PIDU Plus consiste en la mitad del equipo del terminal del enlace Ethernet Inalámbrico OS-Gemini. Un cable RJ-45 CAT5 conecta la PIDU Plus al la ODU y transporta la energía y los datos. Para proteger contra fallas de energía y del sistema, la PIDU Plus se puede configurar para proveer alimentación redundante y trabaja de manera confiable en temperaturas desde -40° C a +60° C. La unidad también provee las siguientes interfaces:

- *ODU* Esta es la conexión RJ-45 a la red de datos del usuario, transportando la alimentación y los datos.
- *LAN* Esta es la conexión RJ-45 a la red de datos del usuario. Soporta selección automática de ajustes de velocidad, ajustes duplex y conmutación de pares de Tx/Rx.
- *DC Out* Alimenta módulos externos con convertores T1/E1
- *DC In* Conecta la PIDU Plus a una batería o dispositivo de alimentación solar.
- *Recuperación (Recovery)* El switch de recuperación se usa para retomar el control del sistema en un evento de errores de configuración.
- *Alimentación Principal* Un cable de alimentación suministrado con un conector universal se provee con la PIDU Plus.

Gestión de Red

EL OS-Gemini y el OS-Gemini Lite se configuran y se manejan local o remotamente usando un browser de Internet estándar o SNMP.

Especificaciones Técnicas

Tecnología del radio	Comentarios
Banda RF	5.725GHz – 5.850GHz
Tamaño del canal	12MHz
Selección del canal / inteligente o	por selección de frecuencia dinámica
Control de frecuencia dinámico	intervención manual
Control de potencia de Transmisión dBm	Adaptativa, variando entre 25 dBm y -72 dependiendo del tipo de modulación
Modulación	Dinámica, 8 modos de adaptación entre BPSK y 64QAM
Corrección de errores	FEC, ARQ
Rango	Hasta 200Km
Velocidad de datos	OS-Gemini: hasta 44Mbps
	OS-Gemini Lite: hasta 22Mbps
Puente Ethernet	Comentarios
Protocolo	IEEE 802.3
Priorización de paquetes	IEEE 802.1p
Interfaz	10Base-T / 100Base-T (RJ-45)
Gestión e Instalación	Comentarios
Indicadores LED Ethernet	Estado de la alimentación, actividad y enlace
Gestión del sistema	Servidor Web y SNMP
Conexión primaria:	Distancia entre la ODU y conexión de red
	hasta 100 metros
Instalación optimización del	Asistencia por audio incorporada para enlace
Físicas	Comentarios
Dimensiones	ODU Integrado: Ancho 370 mm, Alto 370 mm, profundidad 95 mm.
	ODU conectorizado: Ancho 305 mm, Alto 305 mm, profundidad 105 mm.
profundidad	PIDU Plus: Ancho 250mm, Alto 40mm, 80mm.
Peso	ODU Integrado: 5.5 kg
	ODU Conectorizado: 4.3 kg.
Velocidad del viento	PIDU Plus: 864 g
Fuente de alimentación	242 kph
Consumo de potencia	90 – 240 V AC, 50-60 Hz / 36-60 V DC
	55 W máx.

FAMILIA OS-SPECTRA

Los puentes OS-Spectra Ethernet de 5.8 GHz punto a punto inalámbrico de banda ancha proveen más rango y capacidad en ambientes sin línea de vista (NLoS) entregando servicio *carrier-class* (Disponibilidad del 99.999%)

Los sistemas Orthogon es el único proveedor de sistemas inalámbricos de banda ancha que combina codificación en tiempo y espacio y multiplexación por división de frecuencia ortogonal con avanzados algoritmos de procesamiento de la señal, permitiendo a OS-Spectra crear cuatro señales simultáneas entre pares de transceptores en cada terminal del enlace, sin perder eficiencia espectral. OS-Spectra ofrece un throughput agregado de hasta 300Mbps en un canal de 30 MHz y es particularmente adecuado para aplicaciones y redes que requieren alto throughput y capacidad T1/E1. La familia OS-Spectra provee soluciones específicas diseñadas para manejar una amplia variedad de aplicaciones y requerimientos de ambientes, tales soluciones son:

OS-Spectra Integrado: con tasas de datos de hasta 300Mbps y una antena incorporada
OS-Spectra Conectorizado: con tasas de datos de hasta 300Mbps y la ventaja de alta ganancia de antenas externas.

OS-Spectra Lite (integrada y conectorizada): con tasas de datos de hasta 150 Mbps.

Componentes OS-Spectra y OS-Spectra Lite

Cada terminal de un OS-Spectra o un OS-Spectra Lite consiste de una unidad Outdoor (ODU), una unidad interior, llamada OS-Spectra PIDU Plus y el equipo de montura requerido. Los sistemas también incluyen servidores Web para manejar un enlace ya sea local o remotamente. OS-Spectra y OS-Spectra Lite consisten en los mismos componentes de Hardware, así, ascender del producto Lite sólo requiere una simple mejora del software.

La configuración inicial es fácil: simplemente se instalan las unidades en sus respectivas monturas y se alinean las antenas. Cada par de ODUs vienen con una dirección IP pre-configurada y una dirección MAC de Ethernet de la otra ODU a la cual será conectada. Las direcciones pre-configuradas habilitan las características de seguridad del enlace y permite que las dos unidades se comuniquen únicamente una con la otra. El instalador alinea las antenas usando una señal audible que traslada la fuerza de la señal recibida en un tono de audio. Cuando el tono es el más alto, los dos puntos de conexión están óptimamente alineados.

La unidad Outdoor

La unidad outdoor consiste en la mitad del equipo de cada terminal de un enlace Ethernet inalámbrico OS-Spectra u OS-spectra Lite. Un cable RJ-45 (CAT5) conecta la ODU al PIDU y supe a la ODU tanto de energía como los datos Ethernet para ser comunicados en el enlace. El ODU refinado recientemente, idéntico para OS-spectra y

OS-spectra Lite, es un transceptor liviano, durable y pequeño que contiene todos los elementos de red y radio requeridos.

OS-Spectra PIDU Plus

El OS-PIDU Plus consiste en la mitad del terminal del enlace Ethernet Inalámbrico OS-spectra. Un cable RJ-45 CAT5 conecta la PIDU Plus al la ODU y transporta la energía y los datos. Para proteger contra fallas de energía y del sistema, la PIDU Plus se puede configurar para proveer alimentación redundante y trabaja de manera confiable en temperaturas desde -40° C a +60° C. La unidad también provee las siguientes interfaces:

- *ODU* Esta es la conexión RJ-45 a la red de datos del usuario, transportando la alimentación y los datos.
- *LAN* Esta es la conexión RJ-45 a la red de datos del usuario. Soporta selección automática de ajustes de velocidad, ajustes duplex y conmutación de pares de Tx/Rx.
- *DC Out* Alimenta módulos externos con conversores T1/E1
- *DC In* Conecta la PIDU Plus a una batería o dispositivo de alimentación solar.
- *Recuperación (Recovery)* El switch de recuperación se usa para retomar el control del sistema en un evento de errores de configuración.
- *Alimentación Principal* Un cable de alimentación suministrado con un conector universal se provee con la PIDU Plus.

EL OS-Gemini y el OS-Gemini Lite se configuran y se manejan local o remotamente usando un browser de Internet estándar o SNMP.

Especificaciones Técnicas

Tecnología del radio	Comentarios
Banda RF	5.725GHz – 5.850GHz
Tamaño del canal	30MHz
Selección del canal / inteligente o	por selección de frecuencia dinámica
Control de frecuencia dinámico	intervención manual
Control de potencia de Transmisión dBm	Adaptativa, variando entre 0 dBm y 25 dependiendo del tipo de modulación
Modulación	Dinámica, adaptativa entre BPSK y 256 QAM dual
Corrección de errores	FEC, ARQ
Rango	Hasta 200Km
Ganancia del sistema y la antena, integrada de 23 dBi.	Integrado: varía con el tipo de modulación entre 163 dB y 123 dB con antena
	Conectorizado: varía con el tipo de modulación y la antena, entre 76 dB y 116 dB, con antena de 8 pies se dispone de una ganancia de hasta 197 dB

Sensibilidad del receptor	Adaptativa, variando entre -91 dBm y -58 dBm
Puente Ethernet	Comentarios
Protocolo	IEEE 802.3
Latencia	1 ms en cada dirección típicamente
Throughput de datos de usuario Mbps	OS-Spectra: dinámicamente variable hasta 300
150Mbps	OS-Spectra Lite: dinámicamente variable hasta
Interfaz Base-SX	10 / 100 / 1000 Base-T (RJ-45), opción 1000
Gestión e Instalación	Comentarios
Indicadores LED Ethernet	Estado de la alimentación, actividad y enlace
Gestión del sistema	Servidor Web y SNMP
Conexión primaria:	Distancia entre la ODU y conexión de red
Instalación optimización del	hasta 100 metros
Físicas	Asistencia por audio incorporada para enlace
Dimensiones	Comentarios
	ODU Integrado: Ancho 370 mm, Alto 370 mm, profundidad 95 mm.
	ODU conectorizado: Ancho 309 mm, Alto 309 mm, profundidad 105 mm.
profundidad	PIDU Plus: Ancho 250mm, Alto 40mm, 80mm.
Peso	ODU Integrado: 5.5 kg
	ODU Conectorizado: 4.3 kg.
Velocidad del viento	PIDU Plus: 864 g
Fuente de alimentación	150 kph
Consumo de potencia	90 – 240 V AC, 50-60 Hz / 36-60 V DC
	55 W máx.

11.2 PROPUESTA DE MERCADO PARA LA REPOSICIÓN DE EQUIPOS DE RADIO VHF

Alrededor del 80% de los radios del sistema de comunicaciones de VHF de alcance extendido de la UAEAC son radios PAE 5000 de la firma Park Air Systems, los cuales tienen que ser reemplazados debido a que se acercan al fin de su período de vida útil.

La compañía Park Air Systems ofrece una solución técnica adecuada para la reposición de los equipos ya que sus productos se especializan en aplicaciones aeronáuticas ideales para el sistema de comunicaciones requerido por la Aeronáutica Civil.

A continuación se presenta una breve introducción al producto que ofrece Park Air Systems para el sistema VHF siendo una propuesta apta para la reposición de los equipos de radio de la red.

PAR AIR SYSTEMS

Sistema de comunicaciones VHF/UHF

www.parkairsystems.com

Overview

Park Air Systems es una compañía internacional, concentrada en proporcionar soluciones integradas de comunicaciones, navegación y vigilancia para el espacio aéreo mundial. A través de la historia, Park Air Systems se ha especializado en proveer sistemas líderes en tecnología para la aviación y otras aplicaciones de transporte.

Hoy, la compañía se dedica completamente al diseño, manufactura e instalación de sistemas basados en tierra para uso en control de tránsito aéreo y aplicaciones de defensa logrando resultados de alta calidad con certificación internacional ISO9001.

RADIOS VHF/UHF

El amplio portafolio de radios aire-tierra cubre todas las necesidades de comunicaciones basadas en tierra de VHF y UHF para la más extensa variedad de transporte aéreo civil y necesidades de defensa. Para aplicaciones aeronáuticas requeridas en la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil, está disponible la siguiente familia de productos:

Serie PAE T6 Radio Digital Multimodo (MDR)

El PAE T6 MDR comprende una variedad versátil de radios de software programables que suple las necesidades análogas de hoy y la creciente demanda de comunicaciones digitales en el ambiente aeronáutico. Las comunicaciones aeroespaciales de VHF están emigrando al uso de formas de onda digitales. Estas formas de onda transmiten datos de alta velocidad o voz digital de acuerdo de los estándares internacionales acordados.

La arquitectura del software del PAE T6 simplifica el mantenimiento remoto realizando más de 100 funciones de control y monitoreo disponibles para acceso remoto por sistemas tales como PAE MARC. Este nivel de control permite identificación de fallas remotas precisa y posible rectificación. El control de los equipos también se puede tomar desde un PC conectado localmente en una aplicación de panel frontal virtual o directamente desde el panel frontal.

La serie PAE T6 es ideal para comunicaciones de VHF y UHF aeroespaciales avanzadas empleadas en todo tipo de facilidades de control de tránsito aéreo desde estaciones de montaña aisladas hasta torres de control en los aeropuertos más congestionados, desde complejos centros de control de área hasta pistas aéreas rurales simples. Además, la serie PAE T6 presenta las siguientes características:

- Operación en la banda aeronáutica de VHF o UHF
- Espaciamiento de canal de voz AM de 8.33/12.5/25kHz
- Transmisor, receptor o transceptor
- VDL modo 2, VDL modo 3
- Salida de potencia de 30W, 50W o 100W
- Actualización por descarga de software

Datos técnicos de los radios de VHF

GENERAL	VHF
Rango de Frecuencia	118 a 136.975 MHz ó 112 a 155.975 MHz
Espaciamiento del canal	8.33 kHz y 25 kHz
Modulación	AM ó D8PSK
Modos	Voz AM, AM MSK, VDL modo 2, VDL modo 3
No. De canales	100
Test integrado demodulación	Análisis de modulación y completos
Ciclo de trabajo	100%
Temperatura: Operación	-20°C a +55°C
Almacenamiento	-30°C a +70°C
Voltaje de alimentación	99 a 264 VAC a 62 Hz y 21.6 a 32 VDC
RECEPTOR	
Sensibilidad: AM 118 a 136.975MHz	-107dBm para >10dB (S+N)/N
AM 112 a 155.975MHz	-105dBm para >10dB (S+N)/N
D8PSK	-102dBm para <Tasa de error de bit 1×10^{-3}
Selectividad 8.33/12.5kHz	<6dB a ± 3.5 kHz, >70dB a ± 8.33 kHz, >80dB a ± 25 kHz,
25kHz	<6dB a ± 11 kHz, >80dB a ± 25 hHz
TRANSMISOR	
Potencia de portadora	5 a 50W, 10 a 100W
Modulación AM	5 a 95%
D8PSK	10,500 símbolos/segundo ($\pm 0.005\%$)
Portadora Offset	2,3,4,5

INTERFAZ DE MEDIOS	
Voz AM	Altavoz (Headset Loudspeaker)
	Puerto de audio remoto
AM MSK	Voz AM PCM via Puerto T1/E1
VDL modo 2	Puerto de audio remoto
VDL modo 3	puerto HDLC
	puerto T1/E1
INTERFAZ DE CONTROL	
Control local	codificador rotario de panel frontal y LCD
Control remoto	puerto MARC para control de red y
monitoreo	

11.3 PROPUESTA DE MERCADO PARA LA RED ERICSSON MD110

TELEFONÍA IP DAMOVO

www.damovo.com

DAMOVO es una compañía global de servicios, que brinda soluciones integrales de comunicación corporativa de clase mundial. A través de consultoría, diseño, implementación y gestión, DAMOVO ofrece soluciones innovadoras en las áreas de redes de datos convergentes, soluciones móviles, *E-collaboration*, soluciones de voz, *Enterprise Relationship Management (ERM)*, *Managed Services*, CRM y soluciones para *Contact Centres*. El portafolio de soluciones de la firma combina las mejores tecnologías de los proveedores líderes de la industria en todo el mundo. DAMOVO opera principalmente en Australia, Brasil, Alemania, Italia y el Reino Unido y además tiene presencia en Argentina, Bélgica, Colombia, Eslovaquia, Francia, Hong Kong, Hungría, Irlanda, México, Polonia, Portugal, Republica Checa, Suecia, Suiza y Venezuela.

DAMOVO Colombia apoya la filosofía de no obsolescencia de Ericsson por lo cual se asegura que sus clientes locales puedan gozar de todos los beneficios que se poseen. Ericsson MD110 es un PBX rico en características que se ha mantenido durante el tiempo como uno de los líderes en telefonía gracias a que en cada nuevo *release* incrementa sus funcionalidades y beneficios. En esta oportunidad el sistema ofrece una nueva arquitectura que respalda las actuales necesidades empresariales cubriendo en especial aquellas relativas a la movilidad de los trabajadores y a la interconexión de diversos sistemas a través de redes IP.

El MD110 versión BC12, es un sistema creado para aumentar el valor dentro de las empresas habitándolas para crear dinámicas y efectivas fuerzas de trabajo. Gracias a BC12 Aerocivil además de mantener actualizado su equipo representará grandes ventajas en el manejo de sus comunicaciones pues esta última versión ofrece por completo la posibilidad de manejar comunicaciones convergentes.

A continuación se presentan algunos de los beneficios que se soportan en BC12 y que Aerocivil puede activar adquiriendo las licencias de uso correspondiente y el hardware asociado.

IP Networking

El sistema de comunicaciones convergente es una solución híbrida que soporta muy bien no solo la ya tradicional y funcional tecnología de telefonía TDM sino también la tecnología de datos IP combinando así lo mejor de ambas tecnologías para ofrecer nuevas posibilidades de interconexión con otras oficinas que se encuentren separadas geográficamente. Esto permitirá aprovechar los recursos existentes como lo son los enlaces de datos con que se cuenta, para que ahora se transmita voz sobre ellos sin dejar de lado que también tendrá la posibilidad de brindar movilidad a sus trabajadores al implementar la telefonía IP local, las comunicaciones y las aplicaciones corporativas correrán sobre la misma base y serán accesibles desde cualquier punto de conexión a la red.

Movilidad

Como complemento a las ventajas de movilidad que trae consigo la nueva versión, se encuentra la posibilidad de conectar al MD110 extensiones inalámbricas (DECT¹) las cuales ofrecen mayor cubrimiento en distancias dado que maneja un sistema de picoceldas que garantizan la transmisión de la comunicación sin que esta caiga cuando el usuario cambie de celda.

Como complemento a estas soluciones móviles la actualización también habilitará en el equipo la integración de equipos celulares para tener en ellos la funcionalidad de extensión móvil en donde el celular se comportará como extensión del conmutador para ofrecer al usuario los servicios telefónicos corporativos.

Fortalecimiento de la tecnología IP para sucursales.

Para esto se encuentra el EEBG (*Ericsson Enterprise Branch Gateway*) que es un equipo que cubre las necesidades de llevar extensiones IP del conmutador central a cualquier lugar a través de la red de datos garantizando un alto grado de confiabilidad. Adicionalmente permite realizar conexión local a la red telefónica pública recibiendo tanto troncales digitales como análogas. Posee una ventaja adicional y es que si por alguna razón se pierde conectividad con el equipo central los usuarios no perderán la posibilidad de comunicarse pues las terminales IP apenas registren este hecho,

¹ La tecnología DECT (Digital Enhanced Cordless Telecommunications que, traducido al español, es: Telecomunicaciones Digitales Mejoradas e Inalámbricas) nació como una iniciativa europea para normalizar y mejorar la transmisión inalámbrica de la voz en telefonía. Actualmente esta tecnología se usa en todo el mundo. Generalmente, estos dispositivos constan de una base que se conecta a la roseta telefónica (donde estará conectada la línea hacia la central) y se encarga de transmitir la voz de unos teléfonos a otros de forma inalámbrica y de varios teléfonos individuales que no necesitan conectarse a dicha roseta ya que reciben la voz de forma inalámbrica desde la base. Los teléfonos inalámbricos digitales DECT operan en la banda de frecuencias de 1,88 a 1,90 GHz. De esta manera no hay interferencias entre esta tecnología y la tecnología wifi de transmisión inalámbrica de datos, que suele operar en la banda de 2,4 GHz. Tampoco hay interferencias con la telefonía móvil GSM que opera en la banda de 0,9 y 1,8 GHz.

automáticamente se registrarán en el EEBG como un *"backup gatekeeper"* para comunicarse entre ellos y brindar conexión a los demás sitios a través de la red pública.

El EEBG sería útil para la Aerocivil en sitios donde el costo de un LIM independiente o incluso de un nodo MD110 resulta difícil de justificar.

Free seating & Personal Number

Esta es una solución muy útil para cubrir necesidades de comunicaciones para usuarios temporales en donde los usuarios pueden tomar cualquier teléfono en la oficina e incorporar en el su propia extensión digitando un número personal. Todas las llamadas entrantes serán encaminadas automáticamente a este dispositivo, todas las llamadas salientes mostrarán su propio número de extensión, si tiene mensajes de buzón estos también serán presentados en el teléfono en el que se encuentra y así con todos los servicios que su propia extensión tenga configurados.

Ericsson Communication Client: la facilidad del uso de un cliente de telefonía IP.

Con el Ericsson Communication Client (ECC) se puede realizar y recibir llamadas directamente desde el PC con la misma facilidad que desde el teléfono de la oficina. Lo único que hace falta, además de unos auriculares, un micrófono y una tarjeta de sonido, es estar conectado a la red LAN o WAN de la empresa. Mediante su interfaz gráfica de usuario fácil de usar es posible acceder al directorio de la empresa, gestionar los desvíos de mensaje y el perfil personal.

Familia de Teléfonos Dialog 4000.

Comprenden un nuevo rango de innovación telefónica digital, IP y analógica con los teléfonos 4223 *Professional*, 4224 *Operator*, 4220 *Office* y 4425 *IP Vision*.

12. CONCLUSIONES

Los aportes de la realización de este trabajo de grado en modalidad de práctica empresarial a la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil, para el cumplimiento del análisis y propuestas de mejoras al sistema de comunicaciones de la entidad, se resumen en las siguientes conclusiones:

- Como el sistema de comunicaciones de VHF de alcance extendido emplea el funcionamiento de múltiples estaciones terrenas que se comunican con el centro de explotación común por medio de la red satelital o la red de microondas y considerando que el valor del retardo para cada una de las unidades retardadoras no es el mismo ya que el retardo inherente en las comunicaciones satelitales no es el mismo para todas las estaciones ni el retardo en la propagación por la red de microondas se hace indispensable el empleo de la interfaz gráfica desarrollada, la cual permite tener en cuenta la ubicación exacta del centro de explotación, el satélite y la estación remota para el cálculo del retardo satelital, además permite tener en cuenta el retardo que introduce los multiplexores y las unidades de canal usadas en el enlace satelital. En la parte de microondas se tiene en cuenta el retardo de propagación de cada uno de los enlaces que emplea la señal desde que sale desde la estación remota y llega al centro de explotación, además permite tener en cuenta los retardos que introducen los multiplexores Promina y los equipos de microondas.
- Es fundamental que la información representada mediante un perfil de un enlace de microondas sea altamente confiable y este grado de confiabilidad obedece de gran manera a la precisión que maneje la base de datos del terreno, debido a esto, para el cálculo de perfiles de enlaces de microondas con software se recomienda usar una base de datos igual o mejor a la base de datos SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) la cual cuenta con una precisión 92.6 metros.
- El software Pathloss es una muy buena herramienta para el cálculo de coberturas de VHF pero presenta una limitación para el cálculo de coberturas a altitudes inferiores a la altitud de la estación remota, como solución a este inconveniente se recomendó el uso de la herramienta de cobertura visual del software Radio Mobile 7.0, la cual ofrece un buen estimativo de la cobertura para niveles de vuelo donde la aplicación Pathloss no lo permite, con la diferencia que sólo muestra una cobertura visual y no una cobertura en términos de la intensidad de campo electromagnético. Sin embargo, sigue siendo un estimativo aceptable debido a que las comunicaciones de VHF-ER tienen cobertura de alrededor de 15 a 20 kilómetros más que la línea de vista.
- En la búsqueda de la expansión de las plantas telefónicas para la prestación de servicios aeronáuticos ATS y servicio telefónico para el área administrativa, es de gran importancia para la UAEAC la integración total de los aeropuertos controlados, para lograr esta integración se deben tener en cuenta alternativas como el convenio con Impsat para disponer de canales satelitales, el arriendo de canales de comunicación a un prestador externo de servicios y aprovechar la próxima expansión de la red de microondas de la entidad.

- Debido a las características de propagación de las ondas de VHF cuya cobertura alcanza 15 a 20 kilómetros más que la línea de vista de la estación base, no es significativo recurrir al uso de antenas directivas en lugar de antenas omnidireccionales en las estaciones del sistema de comunicaciones de VHF-ER, ya que las pruebas hechas por simulación por computadora así lo demuestran. De la misma forma, tampoco es útil doblar la potencia en el transmisor de la estación, ya que, como se puede analizar en el link budget del enlace, sólo significa un aumento de 3dB en la potencia recibida por la estación receptora, lo cual se considera un aumento poco significativo que también es confirmado en los análisis por simulación.
- Existen áreas oceánicas dentro de las FIRs de Bogotá y Barranquilla donde se ve limitado el alcance del sistema de VHF-ER debido a la lejanía con territorio continental o insular colombiano y que se aprecian en los análisis de cobertura simulados por computadora, en este caso, se demostró que el uso de comunicaciones de VHF no es conveniente para brindar en estas áreas los servicios aeronáuticos para las aeronaves, en cambio, se puede optar por el uso de comunicaciones de HF, las cuales permiten un mayor alcance, o el sistema de comunicaciones AMSS que ofrece la seguridad de las comunicaciones satelitales.
- Para el análisis correcto en los perfiles de los enlaces de microondas, no solamente se debe asegurar que se realicen las simulaciones en software con la resolución de la base de datos del terreno más alta posible, sino que se debe asegurar que el levantamiento de las coordenadas geográficas de los sitios provengan de un minucioso trabajo utilizando GPS de alta resolución, para que de esta manera, como producto de la experiencia en el análisis de los enlaces de la red de la Aeronáutica Civil, será más fácil determinar con certeza la factibilidad del enlace y evitar predecir que es posible determinado enlace cuando realmente no lo es o viceversa. Igualmente, las simulaciones deben incluir la mayor cantidad precisa de datos reales para el cálculo del enlace como: altura de la estación, altura de la antena, características de la antena (en lo posible dadas por el fabricante para usar con Pathloss) y características de los equipos (en lo posible dadas por el fabricante para usar con Pathloss)
- Gracias a los análisis de la capacidad en ancho de banda de la red de microondas de la UAEAC basada en la red de multiplexores Promina se pudo establecer que este ancho de banda está siendo subutilizado, es decir, se está utilizando solo una fracción de la capacidad de los enlaces de la red, por esta razón pueden implantarse servicios aeronáuticos y no aeronáuticos que requieran un mayor ancho de banda, como por ejemplo aplicaciones basadas en red (TCP/IP), videoconferencias o cualquier tipo de videocomunicación.

BIBLIOGRAFÍA

GIL VARGAS, Angela Marcela. Gestión Promina. Bogotá, 2005. Práctica empresarial.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Compendio Tesis y otros trabajos de grado. Bogotá : ICONTEC, 2005.

OACI, Procedimientos de comunicaciones, Anexo 10, Montreal (Canadá) 1998, V. II.

OACI, Sistemas de comunicaciones, Anexo 10, Montreal (Canadá) 1998, V.III. Parte I.

OACI, Servicios de Trafico Aéreo, Anexo 11, Montreal (Canadá) 1998.

TOMASI, Wayne. Sistemas de comunicaciones electrónicas. 4 ed. México: Pearson Educación de México, S.A. de C.V, 2003. 948 p. ISBN 970-26-0316-1.

SIERRA LÓPEZ, Leonardo y VANEGAS RAMÍREZ, José Alexander. Herramientas para facilitar la gestión técnica del sistema Satelital de la Aeronáutica Civil. Bogotá, 2001. Trabajo de grado (Ingeniero Electrónico). Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ingeniería. Ingeniería Electrónica.

UAEAC. Documentos internos. Bogotá, 2005.

Referencias Bibliográficas en Internet

<http://www.aerocivil.gov.co>

<http://www.cienciasmisticas.com.ar/electronica/comunicaciones/microondas/index.php>

Tipos de orbitas satelitales y estaciones terrenas, tomado de <http://www.eveliux.com/fundatel/viasat01.html>

Frecuencias, tomado de <http://www.upv.es/satelite/trabajos/pracGrupo17/frecuencias.html>

Intelsat, tomado de http://www.upv.es/satelite/trabajos/pract_8/intelsat/intro.htm

Coverage maps, tomado de <http://www.intelsat.com/resources/coveragemaps.aspx>

Jerarquía Digital Plesiócrona, tomado de <http://es.wikipedia.org/wiki/PDH>

Jerarquía Digital Síncrona, tomada de <http://es.wikipedia.org/wiki/SDH>

Esquemas de modulación digital M-QAM tomado de http://www.albertomurillo.com/MOD_Digital.htm

Anexo A. Jerarquía Digital Plesiócrona y síncrona

JERARQUÍA DIGITAL PLESIÓCRONA

La Jerarquía Digital Plesiócrona, conocida como PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy), es una tecnología usada en telecomunicaciones para transportar grandes cantidades de información mediante equipos digitales de transmisión que funcionan sobre fibra óptica, cable coaxial o radio de microondas.

El término *plesiócrono* se deriva del griego *plesio*, cercano y *chronos*, tiempo, y se refiere al hecho de que las redes PDH funcionan en un estado donde las diferentes partes de la red están *casi*, pero *no completamente sincronizadas*. La tecnología PDH, por ello permite la transmisión de flujos de datos que, nominalmente, están funcionando a la misma velocidad (bit rate), pero permitiendo una cierta variación alrededor de la velocidad nominal.

En la siguiente tabla se muestran los distintos niveles de multiplexación PDH utilizados en Norteamérica (Estados Unidos y Canadá) y Europa.

Tabla 32. Niveles de multiplexación PDH utilizados en Norteamérica y Europa

Nivel	Norteamérica		Europa	
	Mbit/s	Denominación	Mbit/s	Denominación
1	1,544	(T1)	2,048	(E1)
2	6,312	(T2)	8,448	(E2)
3	44,736	(T3)	34,368	(E3)
4	274,176	(T4)	139,264	(E4)

www.wikipedia.org

La versión americana y europea de sistemas PDH, difieren ligeramente en sus detalles de trabajo, pero los principios de funcionamiento son los mismos, por ello a continuación se describe solo la versión europea que es la empleada en la red de la Aeronáutica Civil:

La velocidad básica de transferencia de información, o primer nivel jerárquico, es un flujo de datos de 2,048 Mbps (generalmente conocido de forma abreviada por "2 megas"). Para transmisiones de voz, este flujo se divide en 30 canales de 64 Kbps (abreviado como "64K") más otros 2 canales de 64 Kbps utilizados para señalización y sincronización. De forma alternativa es posible también utilizar el flujo completo de 2 megas para usos no vocales, tales como la transmisión de datos.

La velocidad del flujo de datos 2 megas es controlada por un reloj en el equipo que la genera. A esta velocidad se le permite una variación, alrededor de la velocidad exacta de 2,048 Mbps, de +/- 50 partes por millón. Esto significa que dos flujos diferentes de 2 megas pueden estar (y probablemente lo están) funcionando a velocidades ligeramente diferentes uno de otro.

Al fin de poder transportar múltiples flujos de 2 megas de un lugar a otro, estos son combinados, o multiplexados en grupos de cuatro en un equipo multiplexor. La multiplexación se lleva a cabo tomando un bit del flujo 1, seguido por un bit del flujo 2, luego otro del 3 y finalmente otro del 4. El multiplexor además añade bits adicionales a fin de permitir al demultiplexor del extremo distante decodificar qué bits pertenecen a cada flujo de 2 megas y así reconstituir los flujos originales. Estos bits adicionales son, por un lado, los denominados *bits de justificación* o de *relleno* y por otro una combinación fija de unos y ceros que es la denominada palabra de alineamiento de trama que se transmite cada vez que se completa el proceso de transmisión de los 30+2 canales de los 4 flujos de 2 megas, que es lo que constituye una trama del orden superior (8 megas).

La necesidad de los bits de relleno o justificación es que como cada uno de los flujos de 2 megas no está funcionando necesariamente a la misma velocidad que los demás, es necesario hacer algunas compensaciones. Para ello el multiplexor asume que los cuatro flujos están trabajando a la máxima velocidad permitida, lo que conlleva que, a menos que realmente esté sucediendo esto, en algún momento el multiplexor buscará el próximo bit, pero este no llegará, por ser la velocidad del flujo inferior a la máxima. En este caso el multiplexor señalará (mediante los bits de justificación) al demultiplexor que falta un bit. Esto permite al demultiplexor reconstruir correctamente los flujos originales de los cuatro 2 megas y a sus velocidades plesiócronas correctas.

La velocidad del flujo resultante del proceso antes descrito es de 8,448 Mbps (8 megas) que corresponde al segundo nivel jerárquico.

Por procedimientos similares se llega a los niveles tercero, constituido por 4 flujos de 8 megas y una velocidad de 34,368 Mbps (34 megas) y cuarto, formado por 4 flujos de 34 megas y una velocidad de 139,264 Mbps (140 megas).

De la misma forma, mediante la multiplexación de 4 flujos de 140 megas, se forma un flujo de 565 Mbits, pero su estructura y proceso de multiplexación, al contrario de lo que sucede con los cuatro niveles precedentes, no ha sido normalizado por los organismos de normalización especializados UIT y CEPT, por lo que los flujos generados por los equipos de un fabricante pueden ser, y de hecho lo son, incompatibles con los de otro fabricante, lo que obliga a que el enlace completo de 565 Mbps esté constituido con terminales del mismo fabricante.

La velocidad de 565 Mbps es la típica de los sistemas de transmisión por fibra óptica, aunque en el pasado se ha utilizado, aunque con escaso éxito por sus estrictos requerimientos, sobre cables coaxiales.

Los equipos PDH están siendo actualmente reemplazados por equipos de tecnología SDH en la mayoría de las redes de telecomunicación debido a las mayores capacidades de transmisión de estos y a sus mejores condiciones para la operación y mantenimiento centralizado. Pero este no es el caso de la Aerocivil donde la mayoría de los enlaces de la red de microondas son con equipos PDH.

JERARQUÍA DIGITAL SÍNCRONA

La Jerarquía digital síncrona (SDH) (Synchronous Digital Hierarchy), se puede considerar como la evolución de los sistemas de transmisión, como consecuencia de la necesidad de sistemas más flexibles y que soporten anchos de banda elevados. La jerarquía SDH se desarrolló en EEUU bajo el nombre de SONET y posteriormente el CCITT en 1989 publicó una serie de recomendaciones donde quedaba definida con el nombre de SDH.

Uno de los objetivos de esta jerarquía estaba en el proceso de adaptación del sistema PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy), ya que el nuevo sistema jerárquico se implantaría paulatinamente y debía convivir con la jerarquía plesiócrona instalada. Esta es la razón por la que la ITU-T normalizó el proceso de transportar las antiguas tramas en la nueva. La trama básica de SDH es el STM-1 (Synchronous Transport Module level 1), con una velocidad de 155 Mbps.

Cada trama va encapsulada en un tipo especial de estructura denominado contenedor. Una vez se ha encapsulado se añaden cabeceras de control que identifican el contenido de la estructura y el conjunto, después de un proceso de multiplexación, se integra dentro de la estructura STM-1.

Los niveles superiores se forman a partir de multiplexar a nivel de byte varias estructuras STM-1, dando lugar a los niveles STM-4, STM-16 y STM-64.

Estructura de la trama STM-1:

Las tramas contienen información de cada uno de los componentes de la red, *trayecto*, *línea* y *sección*, además de la información de usuario. Los datos son encapsulados en contenedores específicos para cada tipo de señal tributaria. A estos contenedores se les añade una información adicional denominada *tara de trayecto* (Path overhead), que son bytes utilizados con fines de mantenimiento de la red, dando lugar a la formación de los denominados contenedores virtuales (VC). El resultado de la multiplexación es una trama formada por 9 filas de 270 octetos cada fila (270 columnas de 9 octetos). La transmisión se realiza bit a bit en el sentido de izquierda a derecha y de arriba abajo. La trama se transmite a razón de 8000 veces por segundo (cada trama se transmite en 125 μ s). Por lo tanto el régimen binario (Rb) para cada uno de los niveles es:

$$\text{STM-1} = 8000 * (270 \text{ octetos} * 8 \text{ bits} * 9 \text{ filas}) = 155 \text{ Mbps}$$

$$\text{STM-4} = 4 * 8000 * (270 \text{ octetos} * 8 \text{ bits} * 9 \text{ filas}) = 622 \text{ Mbps}$$

$$\text{STM-16} = 16 * 8000 * (270 \text{ octetos} * 8 \text{ bits} * 9 \text{ filas}) = 2.5 \text{ Gbps}$$

De las 270 columnas que forman la trama STM-1 las 9 primeras forman la denominada tara (Overhead), independiente de la tara de trayecto de los contenedores virtuales antes mencionados, mientras que las 261 restantes constituyen la carga útil (Payload). En la tara están contenidos bytes para alineamiento de trama, control de errores, canales de operación y mantenimiento de la red y los punteros, que indican el comienzo del primer octeto de cada contenedor virtual.

Ventajas y desventajas de SDH:

La SDH presenta una serie de ventajas respecto a la jerarquía digital plesiócrona (PDH).

Algunas de estas ventajas son:

- El proceso de multiplexación es mucho más directo. La utilización de punteros permite una localización sencilla y rápida de las señales tributarias de la información.
- El procesamiento de la señal se lleva a cabo a nivel de STM-1. Las señales de velocidades superiores son síncronas entre sí y están en fase por ser generadas localmente por cada nodo de la red.
- Las tramas tributarias de las señales de línea pueden ser subdivididas para acomodar cargas plesiócronas, tráfico ATM o unidades de menor orden. Esto supone mezclar tráfico de distinto tipo dando lugar a redes flexibles.
- Compatibilidad eléctrica y óptica entre los equipos de los distintos suministradores gracias a los estándares internacionales sobre interfaces eléctricos y ópticos.

En cuanto a las desventajas tenemos que:

- Algunas redes PDH actuales presentan ya cierta flexibilidad y no son compatibles con SDH.
- Necesidad de sincronismo entre los nodos de la red SDH, se requiere que todos los servicios trabajen bajo una misma referencia de temporización.
- El principio de compatibilidad ha estado por encima de la optimización de ancho de banda. El número de bytes destinados a la cabecera de sección es muy grande, lo que nos lleva a perder eficiencia.

Anexo B. Uso del software Pathloss 4.0

Con el fin de lograr el análisis de coberturas para aplicaciones de VHF alcance extendido y el análisis de perfiles para aplicaciones de Microondas, se emplea el software Pathloss 4.0, el cual la UAEAC posee la respectiva licencia.

Etapa 1: Instalación del Software Pathloss 4.0

En esta etapa se llevó a cabo la instalación del software Pathloss 4.0, la cual fue realizada en el equipo utilizado para el desarrollo de este proyecto. El software original contiene la base de datos de terreno GTOPO 30, esta base de datos presenta una precisión de aproximadamente 900 metros.

Etapa 2: Actualización de la base de datos del terreno.

En esta etapa se procedió a la actualización de la base de datos del terreno, puesto que 900 metros es una distancia considerable y se buscaba una mejor precisión. La base de datos de terreno SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission) tiene una precisión de 90 metros, la cual se considera aceptable para los análisis a realizar.

Como la base de datos SRTM no se encontraba disponible en las opciones de bases de datos del programa Pathloss, se procedió de la siguiente manera:

Se actualizó el programa pathloss con el archivo *plw40_mu.exe* que se encuentra disponible en la página www.pathloss.com después de esta actualización, en las bases de datos se encontraba disponible la opción SRTM.

Etapa 3: Descarga de los archivos para la base de datos.

Luego de actualizar la base de datos del terreno se procedió a descargar los archivos que contienen la información del terreno de la página <http://seamless.usgs.gov>. Solo se descendieron los archivos correspondientes a la región de Colombia, ya que estos son los que interesan en los análisis. El formato de estos archivos debe ser .BIL, para que lo reconozca el software Pathloss.

Etapa 4: Análisis de enlaces de Microondas

Para realizar el análisis de enlaces de microondas se deben seguir los siguientes parámetros:

- ✓ Una vez abierto el programa, en el menú *Application* de la barra de menús, se selecciona aplicación de microondas (Application microwave) y el tipo de enlace punto a punto (Link Type point to point) (Ver figura 115).

Figura 115. Selección del tipo de aplicación en Pathloss 4.0 (microondas)

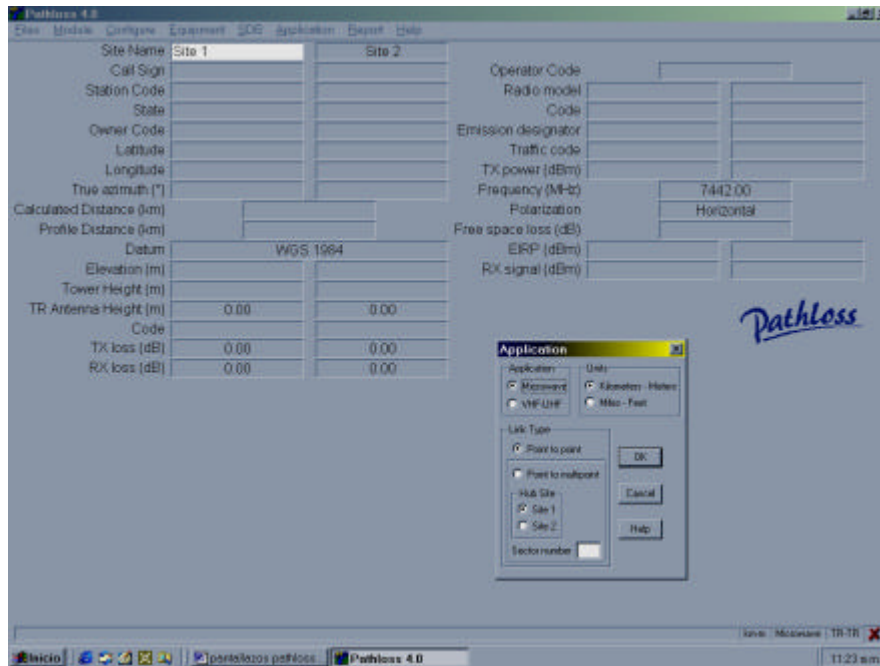


Imagen Programa Pathloss 4.0

- ✓ En el menú *Module* de la barra de menús se selecciona Summary para digitar los parámetros propios del enlace, como el nombre de los sitios, sus coordenadas geográficas potencia del transmisor, altura de las antenas, altura de las torres y la frecuencia entre otros.
- ✓ Una vez introducidos los datos, en *Module* de la barra de menús se selecciona *Terrain Data* para generar el perfil del terreno entre las dos estaciones, luego en *Operations* de la barra de menús se selecciona *Generate profile* y con un incremento de distancia de 0.1 Km se genera el perfil deseado (ver figura 116).

Figura 116. Generación de perfiles de terreno en Pathloss 4.0

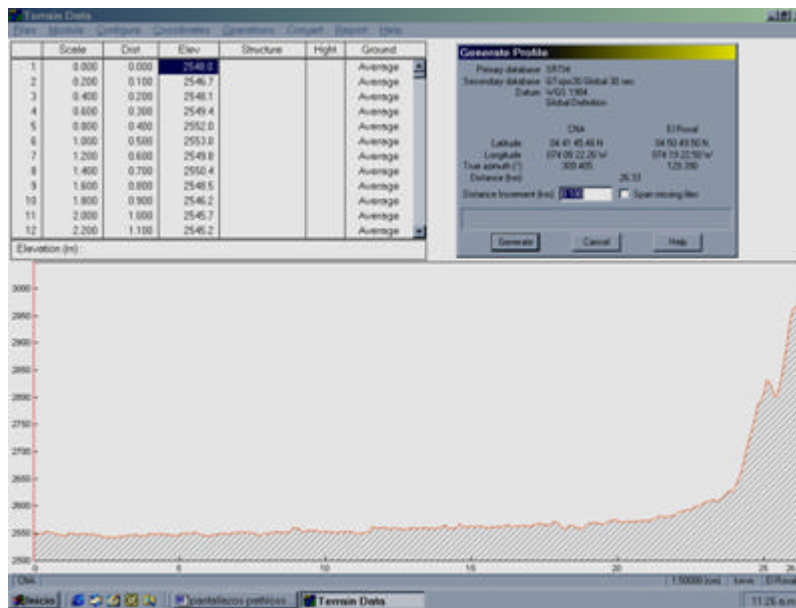


Imagen Programa Pathloss 4.0

- ✓ Finalmente, para observar el perfil con su respectiva línea de vista, la primera zona de Fresnel y el 60% de la primera zona de Fresnel se selecciona *Print Profile* del menú *Module* de la barra de menús (ver figura 117).

Figura 117. Visualización del perfil y línea de vista en Pathloss 4.0

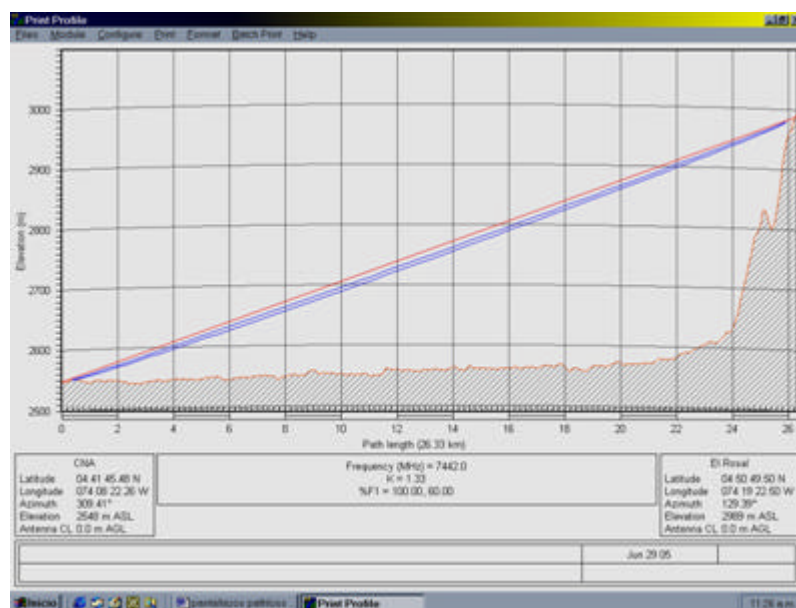


Imagen Programa Pathloss 4.0

Etapa 5: Análisis de coberturas de VHF de alcance extendido

Para realizar el análisis de coberturas de VHF de alcance extendido se deben seguir los siguientes parámetros:

- ✓ Una vez abierto el programa, en el menú *Application* de la barra de menús, se selecciona aplicación de VHF (Application VHF-UHF) y el tipo de enlace punto a multipunto (Link Type point to multipoint) con un número de sector de 1 (sector number) (ver figura 118).

Figura 118. Selección del tipo de aplicación en Pathloss 4.0 (VHF-UHF)

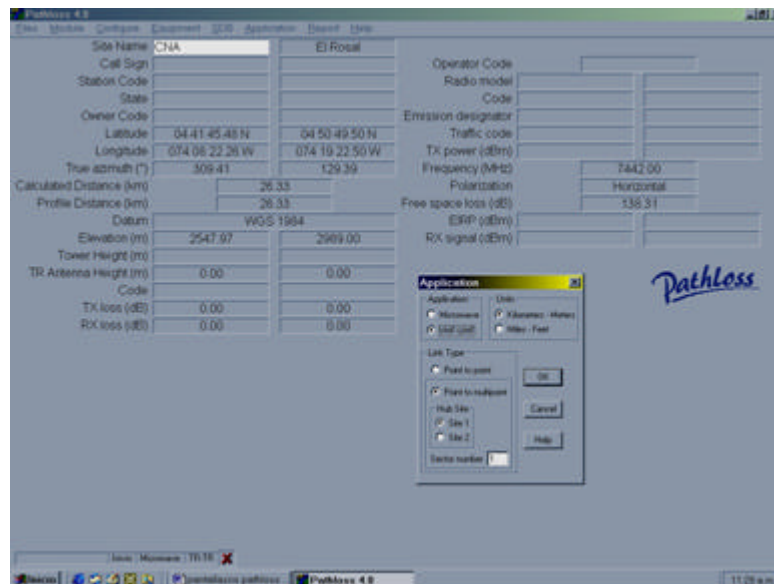


Imagen Programa Pathloss 4.0

- ✓ En el menú *Module* de la barra de menús se selecciona la opción *Network*, donde se guardan cada una de las estaciones de una misma frecuencia usando la opción *Site Data* de la barra de menús. Teniendo la red completa, se cambia a la opción *Coverage* (ver figura 119).

Figura 119. Lista de las estaciones de VHF-ER en Pathloss 4.0

Layer	Site Name	Type	Sector number	Call Sign	Latitude	Longitude	Elev
1	Barranquilla	point to point			10 53 54.00 N	074 47 06 00 W	
2	Cerro Kennedy	point to point			11 06 58 00 N	074 02 11 00 W	
3	Cerro Meco	point to point			09 53 20 00 N	075 11 55 00 W	
4	Riochacha	point to point			11 31 48 00 N	072 45 58 00 W	
5	San Andrés	point to point			12 35 18 00 N	081 42 30 00 W	
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							

Imagen Programa Pathloss 4.0

- ✓ Se elige la opción *New Project* que se encuentra en el menú *Files*, en esta opción se introduce toda la información correspondiente a cada estación como: nombre del sitio, latitud, longitud, factor de curvatura de la tierra, altura de la antena base, tipo de polarización, altura de la antena receptora, frecuencia, potencia transmitida, ganancia de las antenas, etc. (ver figura 120).

Figura 120. Introducción de parámetros de las estaciones de VHF en Pathloss 4.0

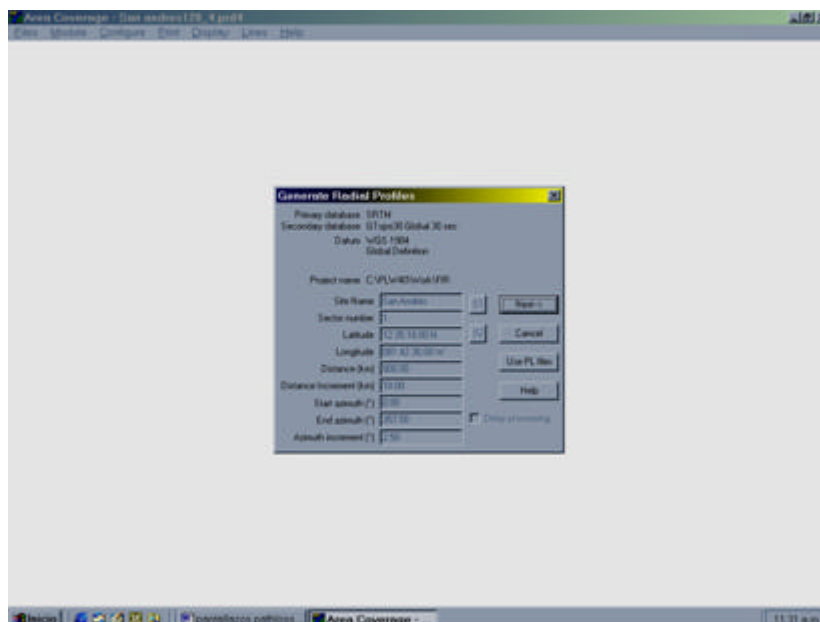


Imagen Programa Pathloss 4.0

- ✓ Una vez introducidos los datos se siguen los pasos sugeridos para generar los archivos de información .ter4 (figura 121), archivos de cálculo de cobertura .cvg4 (figura 122) y archivos de visualización de cobertura .prd4 (figura 155).

Figura 121. Generación del archivo .ter en Pathloss 4.0

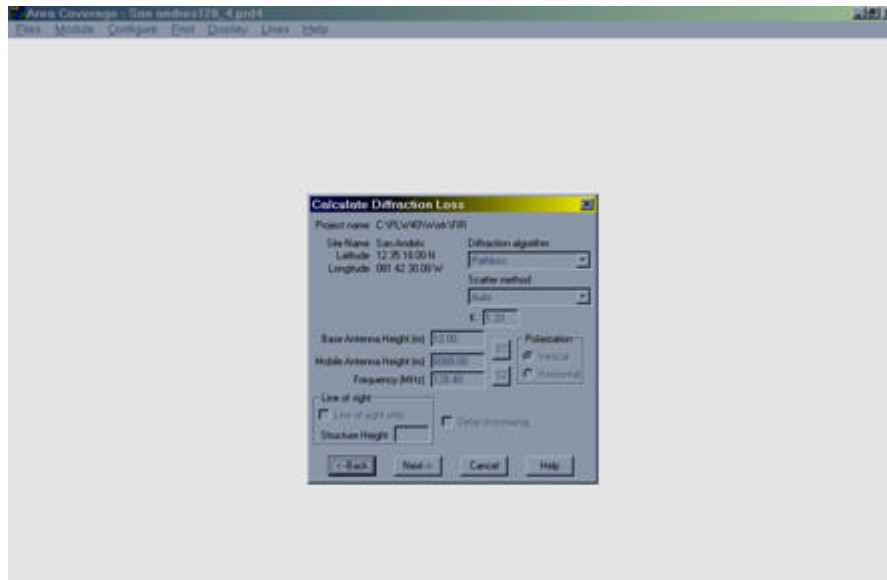


Imagen Programa Pathloss 4.0

Figura 122. Generación del archivo .cvg4 en Pathloss 4.0

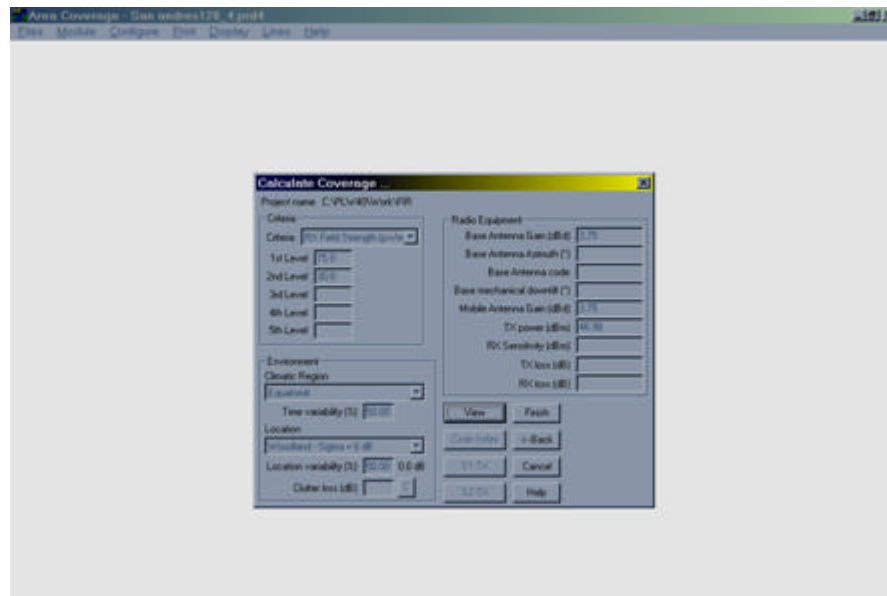


Imagen Programa Pathloss 4.0

Figura 123. Generación del archivo .prd4 en Pathloss 4.0

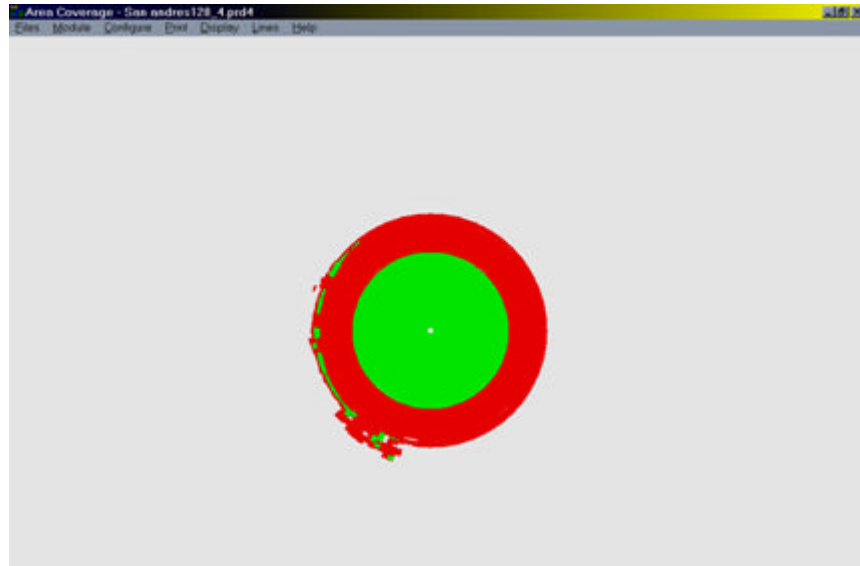


Imagen Programa Pathloss 4.0

- ✓ Después que se realiza el paso anterior a cada estación, se elige nuevamente la opción *Network* para buscar la opción *Site List* donde se encuentran todas las estaciones. Luego se importa para cada estación su correspondiente archivo de extensión *.prd4*. Una vez terminada esta etapa, se cierra la ventana y automáticamente se genera la figura con las coberturas múltiples (figura 124).

Figura 124. Importación de los archivos .prd4 para generar cobertura múltiple

The screenshot shows the 'Site List' window in Pathloss 4.0. The window title is 'Network - VHFER128_4.prd4'. The table below lists the imported sites with their coordinates and file names.

Latitude	Longitude	Elevation (m)	Show	LOS	Prd file	Structure Height (in AMSL)
10 53 54.00 N	074 47 06.00 W		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Barranquilla128_4.prd4	
11 06 58.00 N	074 02 11.00 W		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Cerro Kennedy128_4.prd4	
09 53 20.00 N	075 11 55.00 W		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Cerro maceo128_4.prd4	
11 31 48.00 N	072 45 58.00 W		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Riohacha.prd4	
12 35 18.00 N	081 42 30.00 W		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	San Andres128_4.prd4	

Imagen Programa Pathloss 4.0

- ✓ Si se desea, se puede crear un background de terreno a la red especificada en la opción de *Network* en el menú *Site Data* de la barra de menús, se selecciona *Create Background* de manera que se mostrará la cobertura de VHF sobre un mapa de terreno.

Anexo C. Sistemas de Comunicación de microondas

TERMINOLOGÍA USADA EN REDES DE MICROONDAS

Pérdidas de espacio libre (FSL). Se trata de las pérdidas de propagación que sufre la señal radioeléctrica en condiciones de espacio libre: sin ningún obstáculo en el camino, es decir, visión directa entre las antenas. En esta magnitud no suelen incluirse otras pérdidas adicionales debidas a lluvia, absorción atmosférica, etc. Estas pérdidas están relacionadas directamente con la distancia del radioenlace y la frecuencia de funcionamiento mediante la siguiente expresión:

$$FSL = 32.44 + 20\log(F) + 20\log(D)$$

Donde F es la frecuencia en MHz y D es la distancia entre las estaciones en Kilómetros

Zona de Fresnel. La llamada zona de Fresnel es una zona de despeje adicional que hay que tener en consideración además de haber una visibilidad directa entre las dos antenas. Este factor deriva de la teoría de ondas electromagnéticas respecto de la expansión de las mismas al viajar en el espacio libre. Esta expansión resulta en reflexiones y cambios de fase al pasar sobre un obstáculo. El resultado es un aumento o disminución en el nivel de señal recibido. Si hay un obstáculo en la zona de Fresnel, parte de la señal de radio se difracta o se desvía de la trayectoria en línea recta. El grosor o radio de la zona de Fresnel depende de la frecuencia de la señal (entre más alta sea la frecuencia, más pequeña es la zona de Fresnel).

Nivel de señal en la Recepción. El nivel de señal de la recepción es el nivel recibido real (usualmente medido en dBm negativos) presentado en la antena o un receptor de radio desde un transmisor remoto

Sensibilidad del Receptor. La sensibilidad del receptor es el nivel de señal RF más débil que un radio necesita recibir para demodular y decodificar un paquete de datos sin errores. Ésta suele expresarse en términos de potencia o tensión.

Ganancia de antena. La ganancia de la antena es la relación de qué tanto una antena impulsa la señal de RF sobre un radiador de baja ganancia especificado. Las antenas adquieren ganancia simplemente enfocando la energía RF. Si esta ganancia se compara con un radiador isotrópico, se mide en dBi. Si la ganancia se mide en comparación de una antena dipolo estándar, se mide en dBd. Las ganancias aplican tanto para señales transmitidas como para señales recibidas.

Potencia de Transmisión. La potencia de transmisión es la potencia RF que sale del puerto de la antena al transmisor. Se mide en dBm, Watts o miliWatts y no incluye las pérdidas de la señal del cable coaxial o la ganancia de la antena.

Potencia radiada isotrópica efectiva. Es el producto de la potencia suministrada a la antena por su ganancia en relación con una antena isotrópica en una dirección dada (ganancia isotrópica o absoluta).

Interferencia multi-trayectoria. Es el fenómeno que sucede cuando las señales llegan a una antena remota después de ser reflejadas por el suelo o refractadas nuevamente a la tierra por la atmósfera, se sustrae o añade a la señal principal y causa que la señal recibida se debilite o se refuerce.

Relación Señal a ruido (SNR). La relación señal a ruido es la relación entre la potencia de señal y la potencia de ruido que existe en algún punto específico de un sistema electrónico.

REDES DE ENLACES DE MICROONDAS

Un enlace de microondas es un sistema de comunicaciones que usa un rayo de ondas de radio en el rango de frecuencias de las microondas para transmitir información entre dos lugares fijos en tierra. Los enlaces de microondas son cruciales para varias formas de comunicación y concierne a un amplio rango de industrias. Los radiodifusores usan enlaces de microondas para enviar sus programas desde el estudio al lugar de transmisión, el cual puede estar a kilómetros de distancia. De igual forma, los proveedores de servicio de Internet usan este tipo de enlaces para proveer a los clientes acceso a Internet de alta velocidad sin necesidad de conexiones cableadas.

Una de las razones por las cuales estos enlaces son tan utilizados es por su banda ancha, es decir, pueden manejar grandes cantidades de información a altas velocidades. Otra cualidad importante es que no requieren equipo intermedio entre dos puntos terminales, así, instalar un enlace de microonda es a menudo más rápido y menos costoso que una conexión cableada.

Finalmente, las redes de microondas se pueden usar casi en cualquier parte, siempre y cuando la distancia de separación esté dentro del rango de operación del equipo y haya una vía libre y despejada (es decir, sin obstáculos) entre las estaciones.

La banda espectral de las microondas se divide en sub-bandas tal como se muestra en la tabla 33.

Tabla 33. Bandas de frecuencia de microondas

BANDA	FRECUENCIA (GHz)	LONGITUD DE ONDA APROXIMADA (Cm)
S	1.5 a 8	10
X	8 a 12.5	3
K	12.5 a 40	1.1
Q	40 a 50	0.8

Adaptación de los autores

Los sistemas de microondas son usados en enlaces de televisión, en multienlaces telefónicos y general en redes con alta capacidad de canales de información. Debido a que atraviesan fácilmente la ionosfera, estos sistemas de microondas también son usados en comunicaciones por satélites.

ELEMENTOS DE UN ENLACE DE MICROONDAS

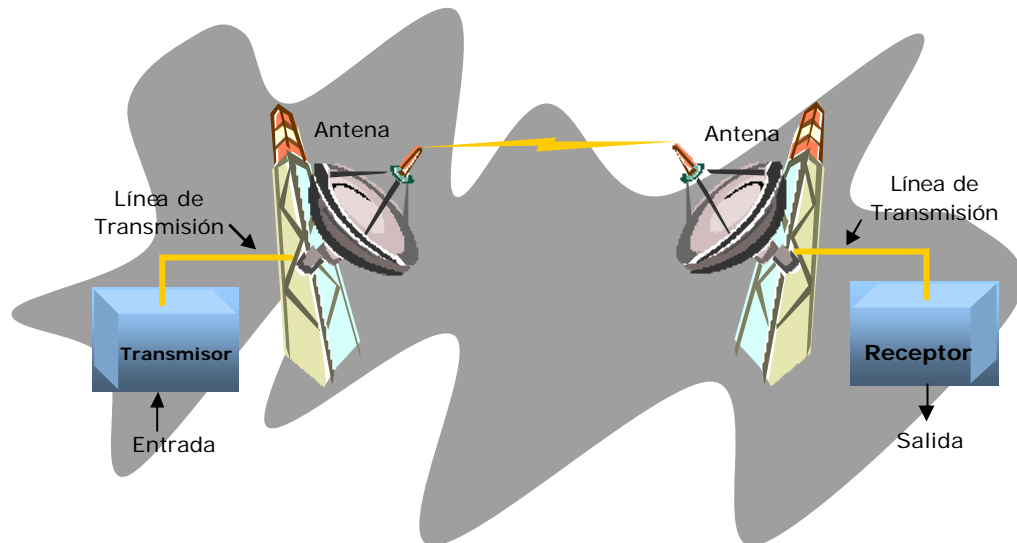
Básicamente un enlace vía microondas consiste en cuatro componentes fundamentales: un transmisor, un receptor, líneas de transmisión y antenas. Estos elementos básicos existen en cada sistema de comunicaciones de radio, incluyendo teléfonos celulares, radios full dúplex, redes inalámbricas y radiodifusión comercial. Sin embargo, la tecnología usada en enlaces de microondas difiere grandemente de la usada a frecuencias menores en el espectro radioeléctrico; Por ejemplo, las técnicas y componentes que trabajan correctamente a bajas frecuencias son inservibles a frecuencias más altas. Por otra parte, las frecuencias de microondas permiten a los ingenieros tomar ventaja de ciertos principios que son imprácticos de aplicar a frecuencias bajas. Un ejemplo es el uso de una antena parabólica para enfocar un rayo de radio de microondas. Tales antenas se pueden diseñar para operar a frecuencias mucho más bajas, pero tendrían que ser demasiado grandes para ser una solución económica para muchos propósitos.

En la figura 125 se muestra un esquema del sistema de comunicación de un enlace de microondas desde una estación transmisora que envía información (entrada) hacia una estación receptora y cuyos elementos se definen a continuación:

El Transmisor. En un enlace de microondas el transmisor tiene dos tareas fundamentales: generar la energía y nivel de potencia de microondas en la frecuencia para su transmisión y modularla con la señal del mensaje para transportar la información requerida. La modulación se lleva a cabo variando algunas características de la energía en respuesta a la entrada del transmisor.

Hacer parpadear una luz para transmitir un mensaje en código Morse es un ejemplo de modulación: las diferentes duraciones de los parpadeos (los puntos y rayas), y los intervalos de oscuridad entre ellos, llevan la información (en este caso un mensaje de texto).

Figura 125. Sistema de comunicación de un enlace microondas.



Adaptación de los autores

El Receptor. En el receptor, la información de la señal de microonda se extrae y se recupera en su forma original. Para esto, el receptor debe demodular la señal para separar la información. El receptor debe ser capaz de detectar muy pequeñas cantidades de energía, porque la señal pierde mucha fuerza en su recorrido. Este proceso completo toma lugar a velocidades cercanas a la de la luz, por lo tanto, la transmisión se hace virtualmente instantánea incluso a largas distancias.

Líneas de transmisión. Las líneas de transmisión llevan la señal del transmisor a la antena y en el extremo receptor del enlace, de la antena al receptor. Una línea de transmisión es cualquier dispositivo que conduzca corriente de un punto a otro: cables de equipos, líneas de alta tensión y cables telefónicos son líneas de transmisión comunes. Pero en frecuencias de microondas, estos medios debilitan mucho la señal; en su lugar, se usan cables coaxiales y, especialmente, conductos o canales de comunicación huecos llamados guías de onda.

La guía de onda es esencialmente una tubería metálica, a través de la cual se propaga el campo electromagnético sin prácticamente atenuación, dependiendo ésta del material de que la misma esté fabricada; así, a una frecuencia determinada, y para una geometría concreta, la atenuación será tanto menor cuanto mejor conductor sea el material.

Las Antenas. La antena emite la señal de microonda desde la línea de transmisión al espacio libre¹. En el sitio receptor, la antena que apunta hacia la estación transmisora recoge la energía de la señal y la lleva hacia la línea de transmisión para ser procesada por el receptor.

¹ "Espacio Libre" es un término para el vacío entre la antena transmisora y la antena receptora

Las antenas usadas en los enlaces de microondas son altamente direccionales, lo cual contrasta con antenas usadas en otros sistemas de comunicaciones, como la radiodifusión.

MODULACION EN MICROONDAS

Los generadores de microondas son generadores críticos en cuanto a la tensión y la corriente de funcionamiento. Uno de los medios de modular es no actuar sobre el generador o amplificador sino utilizar un dispositivo diodo pin en la guía de salida, modulando directamente la amplitud de la onda. Otro medio es utilizar un desfasador de ferrita y modular la onda en fase. En este caso es fácil obtener modulación en frecuencia a través del siguiente proceso:

En una primera etapa, se modula en FM una portadora de baja frecuencia, por ejemplo 70 MHz. En una segunda etapa, esta portadora modulada es mezclada con la portadora principal en frecuencia de GHz, por ejemplo 10 GHz. Un filtro de frecuencias deja pasar la frecuencia suma, 10070 MHz con sus bandas laterales de 3 MHz y por lo tanto la banda pasante será de 10067 a 10073 MHz que es la señal final de microondas.

En el receptor se hace la mezcla de esta señal con el oscilador local de 10 GHz seguido de un filtro que aprovecha la frecuencia de diferencia 70 MHz la cual es amplificada y después detectada por las técnicas usuales en FM.

PARÁMETROS DE DISEÑO DE UN ENLACE DE MICROONDAS

Una trayectoria despejada es crítica para el éxito del enlace de microondas. Ya que las microondas viajan esencialmente en línea recta, diferentes obstáculos como árboles, edificios o cualquier estructura que perturbe las zonas de Fresnel y que podría bloquear la señal deben ser sobrepasados por la altura de las estructuras de las antenas. El terreno plano puede crear reflexiones indeseadas, las precipitaciones pueden absorber o dispersar parte de la energía de las microondas. Se deben tener en cuenta todos los problemas existentes y potenciales cuando se diseña un enlace de microondas.

La distancia cubierta por enlaces microondas puede ser incrementada por el uso de repetidoras, las cuales amplifican y redireccionan la señal, es importante destacar que los obstáculos de la señal pueden ser superados a través de reflectores pasivos.

Primer paso para planear un enlace. Ya sea que el enlace sea punto a punto o punto a multipunto, el primer paso es verificar que no solamente haya una línea de vista clara, sino que al menos el 60 por ciento de la primera zona de Fresnel esté despejada y libre de obstrucciones (entre más larga sea la distancia mayor es la importancia de esto). Si la zona de Fresnel está bloqueada, se tendrá un nivel de señal más bajo en la recepción de lo esperado, incluso si se cuenta con línea de vista entre las antenas.

Cuando se planea enlaces de microonda de largo alcance donde no se esté seguro que se obtenga una línea de vista sin obstrucción y zona de Fresnel clara, se debe hacer un análisis de trayectoria de RF. Existen diversos software disponibles que tienen una base de datos del terreno y pueden crear un perfil de la trayectoria a partir de las coordenadas de latitud y longitud.

Consideraciones de las características del terreno. Los enlaces se hacen básicamente entre puntos visibles, es decir, puntos altos de la topografía. Cualquiera que sea la magnitud del sistema de microondas, para funcionamiento correcto es necesario que los recorridos entre enlaces tengan una altura libre adecuada para la propagación en toda época del año, tomando en cuenta las variaciones de las condiciones atmosféricas de la región.

Para poder calcular las alturas libres debe conocerse la topografía del terreno, así como la altura y ubicación de los obstáculos que puedan existir en el trayecto.

Antes de hacer mediciones en el terreno puede ser necesario estudiar los planos topográficos de la zona. Por lo general el estudio minucioso de los mapas y de los planos facilita las labores, sobre todo en sistemas extensos con gran número de repetidoras y donde existe una gran variedad de rutas posibles. Por proceso de eliminación y de selección ha de llegarse a la escogencia de la ruta más favorable. Hoy en día se cuenta con herramientas computacionales que facilitan los estudios de la topología del terreno, ya que se disponen de bases de datos de prácticamente cualquier parte del planeta para consideraciones de perfiles de terreno entre estaciones de microondas.

Análisis de perfil de terreno. Una vez escogidos los sitios de ubicación propuestos para las torres de las antenas, y habiéndose determinado la elevación del terreno comprendido entre dichos sitios, se prepara un diagrama de perfiles.

En la mayoría de los casos solo es necesario los perfiles de los obstáculos y de sus alrededores, donde pueda obstruirse la línea visual. Las señales de radiotransmisión en las frecuencias de microondas generalmente se propagan en línea recta en la forma de un haz dirigido de un punto a otro. Sin embargo, el haz puede desviarse o curvarse hacia la tierra por efecto de la refracción de las ondas en la atmósfera. La magnitud de la curvatura se ha tenido en cuenta al calcular el factor K^1 .

Puede emplearse un perfil de trayecto dibujado sin mostrar la curvatura de la tierra, y con el haz de microondas en línea recta entre las dos antenas. Dicho perfil representa el caso en el cual la curvatura del haz es igual a la del terreno y el radio de la tierra es infinito. Esta es una de las condiciones extremas que deben investigarse al estudiar el efecto de las condiciones atmosféricas anormales sobre la propagación de las microondas. Sobre el mismo gráfico se dibujan los recorridos del haz para otros

¹ Como la onda radioeléctrica se curva hacia abajo en una atmósfera normal, se define el factor de radio ficticio de la Tierra K que permite suponer a la onda en una propagación rectilínea y a la Tierra con un radio aparente R_a distinto al radio real R_o mediante la relación $R_a = K \cdot R_o$ donde R_o es 6370 Km.

posibles valores de K entre ellos el normal que es 4/3. El trazado de las curvas con diversos valores de K se hace con plantillas normalizadas. Traza el elipsoide de Fresnel para verificar si ocurre obturación.

Determinación del despeje de las zonas de Fresnel. Una vez se obtiene al perfil del terreno entre las estaciones, se tiene que definir si la primera zona de Fresnel está libre al menos un 60%. Para calcular los radios de las zonas de Fresnel, se tiene la siguiente ecuación:

$$R_f = \sqrt{\frac{n \lambda d_1 d_2}{d_1 + d_2}} \text{ [m]}$$

Donde:

R_f = Radio de la n -ésima zona de Fresnel en metros.

λ = Longitud de onda en metros.

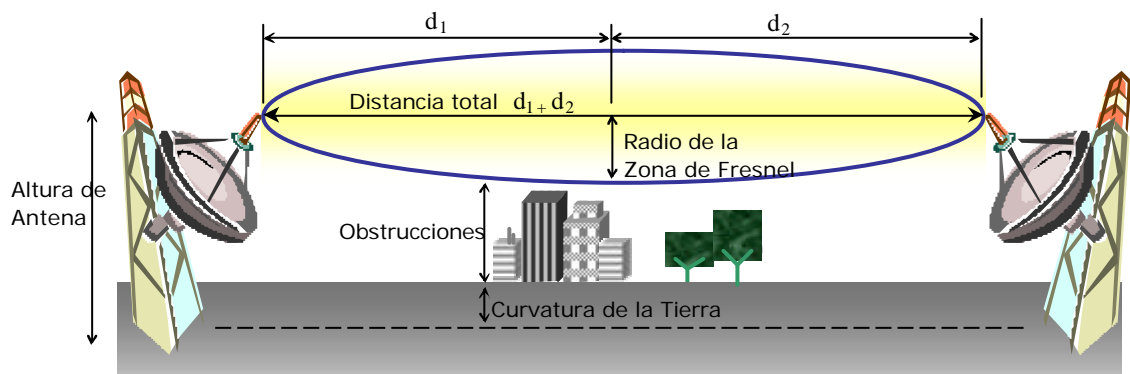
d_1 = Distancia del transmisor al punto considerado en metros.

d_2 = Distancia del punto considerado al receptor en metros.

n = Número de la zona de Fresnel.

Entonces, se calcula el radio para la primera zona de Fresnel ($n=1$) y se multiplica por 0.6. Como se puede apreciar en la figura 126, no debe existir ningún obstáculo que perturbe el área que da el radio de la zona de Fresnel para garantizar el éxito del enlace, de lo contrario, el enlace estará sujeto a efectos de difracción que debilitará la señal en el receptor.

Figura 126. Zona de Fresnel de un enlace de microondas



Adaptación de los autores

Consideraciones de atenuaciones en un enlace microondas. La señal de microondas transmitidas es distorsionada y atenuada mientras viaja desde el transmisor hasta el receptor, estas atenuaciones y distorsiones son causadas por una pérdida de potencia dependiente a la distancia, reflexión y refracción debido a obstáculos y superficies reflectoras, y a pérdidas atmosféricas.

El problema de las reflexiones interferentes es prácticamente inexistente ya que, para las ondas centimétricas todo terreno es áspero y no da buena reflexión según el criterio de Rayleigh.

El único caso peligroso es cuando existe un espejo de aguas mansas como un lago, bahía o río, en cuyo caso, se debe hacer un análisis de reflexión.

- *Criterio de Rayleigh*

El criterio de Rayleigh se usa para determinar la rugosidad de una superficie respecto a la radiación y se expresa de la forma

$$h \leq \frac{\lambda}{8 \cos \theta}$$

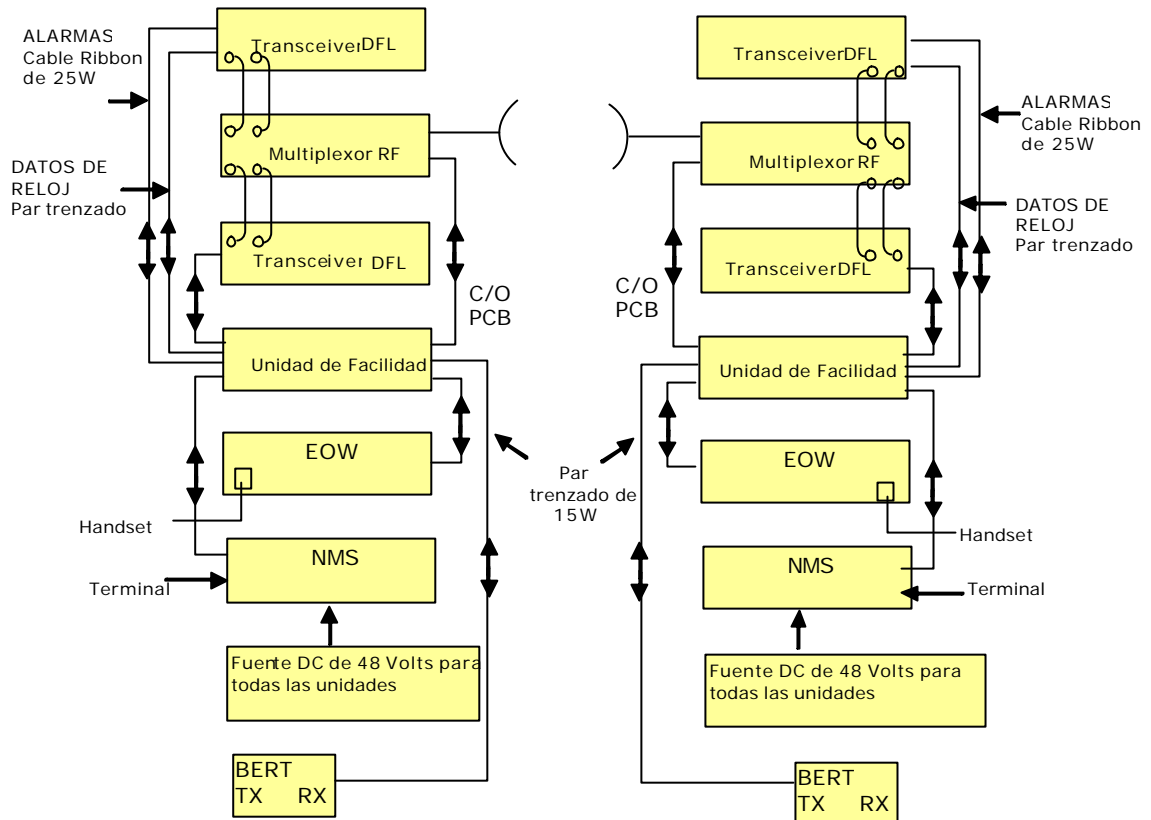
Donde h es la altura de la irregularidad en la superficie (medida en ángstroms), θ es el ángulo de incidencia (medida desde la normal o perpendicular de la superficie) y λ es la longitud de onda (medida en ángstroms).

Si es menor que la superficie actúa como un reflector difuso y si es mayor que la superficie es especular.

Descripción de los componentes de una estación. El equipo de microondas de Continental ofrece enlaces de video de banda ancha para aplicaciones de radar; opciones de modulación digital COFDM, 8PSK y QPSK; diagnóstico comprensivo y sistemas de alarmas.

Una estación de microondas de la UAEAC tiene una estructura básica como se muestra en la figura 127, debido a que un conjunto de elementos corresponde a un enlace con cierta estación anterior y el otro conjunto de elementos corresponde al enlace con la estación posterior para ir así conformando la red de microondas.

Figura 127. Diagrama de bloques de los componentes de una estación microondas



Actas de Revisión y evaluación contrato OACI-CML. Documento Interno UAEAC

Los componentes de describen a continuación:

- *Equipos de radio:* La estación cuenta con una configuración de radio principal y radio de backup. Tanto el radio principal como el de backup están disponibles en un transceiver para asegurar operaciones ininterrumpidas.
- *Multiplexores de canal:* se disponen de un equipo de multiplexación para los diferentes servicios que llegan a una estación. Cabe anotar que si la estación maneja pocos servicios y éstos ocupan un ancho de banda menor que el proporcionado por el enlace, se puede omitir el uso del multiplexor.
- *Sistemas de gestión:* Es el equipo necesario para el sistema de gestión de la red (NMS) que se requiere para monitorear el estado de los equipos y su administración.
- *Unidad de facilidad:* es la unidad que muestra el estado y control del transmisor, el receptor y el equipo multiplexor.

Anexo D. Sistemas de Comunicación Satelital

CONCEPTOS FUNDAMENTALES DE LAS COMUNICACIONES SATELITALES

En términos astronómicos, un satélite es un cuerpo celeste que gira en órbita en torno a un planeta (por ejemplo, la luna es un satélite de la tierra). Sin embargo, en términos aeroespaciales un satélite es un vehículo espacial lanzado por humanos, que describe órbitas alrededor de la tierra o de otro cuerpo celeste. Los satélites de comunicaciones son fabricados por el hombre y giran en órbita en torno a la tierra, permitiendo efectuar una multitud de comunicaciones hacia una gran variedad de consumidores, incluyendo suscriptores militares, gubernamentales, privados y comerciales.

En esencia, un satélite de comunicaciones es una repetidora de microondas en el cielo, formada por una diversa combinación de uno o más de los siguientes dispositivos: receptor, transmisor, regenerador, filtro, computadora de a bordo, multiplexor, demultiplexor, antena, guía de onda y casi cualquier otro circuito de comunicaciones electrónicas que se haya desarrollado. Un sistema satelital consiste en uno o más vehículos espaciales, una estación en la tierra para controlar el funcionamiento del sistema y una red de estaciones usuarias en la tierra que proporcionan las instalaciones de interfaz para transmitir y recibir el tráfico de comunicaciones terrestres a través del sistema satelital.

Categoría de elevación de los Satélites. Los satélites se clasifican por tener ya sea una órbita terrestre baja (LEO, por Low Earth orbit), órbita terrestre intermedia (MEO, por Medium Earth orbit) o una órbita terrestre geosíncrona (GEO, por geosynchronous Earth orbit).

La mayoría de los satélites LEO trabaja en el intervalo de frecuencias de 1.0 a 2.5GHz. Iridium, el sistema telefónico satelital de Motorola, es un sistema LEO que usa una constelación de 66 satélites que orbitan a unas 480 millas sobre la superficie terrestre. La principal ventaja de estos satélites es que la pérdida de trayectoria entre las estaciones terrestres y los vehículos espaciales es mucho menor que para satélites que giran en órbitas de altura intermedia o grande. La menor pérdida de trayectoria equivale a menores potencias de transmisión, menores antenas y menor peso.

Los satélites MEO trabajan en la banda de frecuencias de 1.2 a 1.66GHz, y giran entre 6000 y 12000 millas sobre la tierra. El sistema satelital NAVSTAR, del Departamento de Defensa en Estados Unidos para posicionamiento global es MEO, con una constelación de 21 satélites funcionales y 6 de reserva, que giran a unas 9500 millas sobre la tierra. Los satélites geosíncronos son de órbita terrestre de gran altura, que funcionan principalmente en el espectro de frecuencias de 2 a 18GHz, cuyas órbitas están a 22300 millas sobre la superficie terrestre. La mayoría de los satélites de comunicaciones están en órbita geosíncrona.

Los satélites geosíncronos o geoestacionarios son aquellos que giran en círculo con velocidad angular igual a la de la tierra. Tienen un tiempo de órbita aproximado de 24 horas, igual que la tierra; así, los satélites geosíncronos parecen estacionarios, porque quedan en una posición fija con respecto a determinado punto en la tierra.

Órbitas de Satélites. Los satélites asíncronos giran en torno a la tierra en órbitas elípticas o circulares. En una órbita circular, la velocidad de rotación es constante; sin embargo, en órbitas elípticas la velocidad depende de la altura del satélite sobre la tierra. Es mayor cuando el satélite está cerca de la Tierra que cuando esta más lejos.

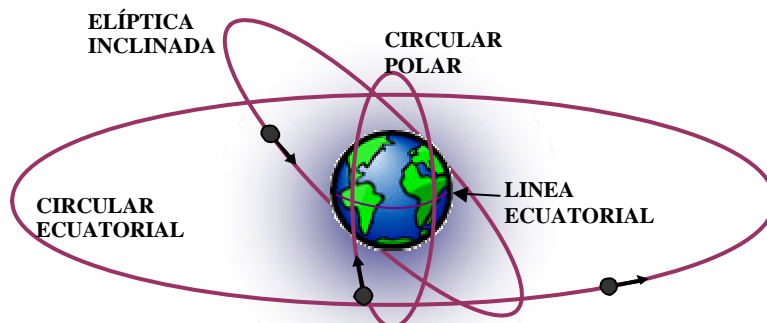
Si el satélite describe su órbita en la misma dirección que la rotación de la tierra (en el sentido de las manecillas del reloj) y su velocidad angular es mayor que la de la tierra, la órbita se llama prógrada o posígrada. Si su órbita tiene dirección contraria a la de la rotación de la tierra, o la misma dirección, pero con una velocidad angular menor que la de la tierra, la órbita del satélite es retrógrada.

La mayoría de los satélites asíncronos gira en torno a la tierra con órbitas prógradas. Por consiguiente, su posición cambia en forma continua con respecto a un punto fijo de la tierra. Por lo mismo, los satélites asíncronos se deben usar cuando están disponibles, lo cual puede ser sólo de 15 minutos por órbita. Otra desventaja de estos satélites es la necesidad de equipo complicado y costoso de rastreo en las estaciones terrestres, para poder localizar al satélite cuando se avista en cada órbita, y entonces enganchar la antena al satélite y seguirlo a medida que va pasando. Sin embargo, una gran ventaja de los satélites orbitales es que no se requieren a bordo cohetes de propulsión para mantenerlos en sus órbitas respectivas.

Trayectorias Orbitales. Aunque hay una cantidad infinita de trayectorias orbitales, sólo tres son útiles para los satélites de comunicaciones. Las trayectorias que puede seguir un satélite al girar en torno a la tierra son: inclinada, ecuatorial y polar.

Todos los satélites giran en torno a la tierra describiendo una órbita que define un plano que pasa por el centro de gravedad de la tierra, el llamado geocentro. Las órbitas circular ecuatorial, circular polar y elíptica inclinada se ven en la figura 128.

Figura 128. Trayectorias orbitales para los satélites de comunicación



Adaptación de los autores

Las órbitas inclinadas son virtualmente todas, excepto las que van directamente arriba del ecuador o directamente arriba de los polos Norte y Sur. El ángulo de inclinación de la órbita satelital es el ángulo que forma el plano ecuatorial terrestre con el plano orbital de un satélite, medido en dirección de las manecillas del reloj, en el punto de la órbita donde cruza el plano ecuatorial yendo de sur a norte. Los ángulos de inclinación varían de 0 a 180°. Para proporcionar cobertura a regiones de grandes latitudes, las órbitas inclinadas suelen ser elípticas.

De acuerdo con la segunda ley de Kepler, la velocidad angular del satélite es menor en su apogeo (es el punto de una órbita que está más alejado de la tierra). Por consiguiente, el satélite permanece visible durante un mayor intervalo de tiempo en las grandes latitudes, si el apogeo está sobre la región de gran latitud.

Una órbita ecuatorial es cuando el satélite gira en órbita directamente arriba del ecuador, por lo general es una trayectoria circular. En una órbita ecuatorial, el ángulo de inclinación es 0°. Todos los satélites geosíncronos están en órbitas ecuatoriales.

Una órbita polar es cuando el satélite gira en una trayectoria que lo hace pasar sobre los polos Norte y Sur, en una órbita perpendicular al plano ecuatorial. Los satélites de órbita polar siguen una trayectoria de baja altura, cercana a la tierra, y que pasa sobre y muy cerca de los polos Norte y Sur. El ángulo de inclinación de un satélite en órbita polar es de casi 90°.

La Tierra no es una esfera perfecta porque se ensancha en el ecuador. Un efecto importante del ensanchamiento ecuatorial es que causa que las órbitas elípticas giren de tal manera que el apogeo y el perigeo (es el punto de una órbita que está más próximo a la tierra) giren en torno a la tierra. A este fenómeno se le llama rotación de la línea de los ápsides; sin embargo, si el ángulo de inclinación es 63.4°, la rotación es cero. Entonces los satélites que deban tener un apogeo sobre determinada región se lanzan en órbitas con ángulos de inclinación de 63.4°, y a eso se le llama la ranura de 63°.

Satélites Geoestacionarios. Los satélites geosíncronos describen órbitas sobre el ecuador, con la misma velocidad angular que la tierra. En consecuencia, los satélites geosíncronos (llamados también estacionarios o geoestacionarios) parecen estar en un lugar fijo sobre un punto de la superficie terrestre.

Debido a ello, no necesita equipo espacial de antenas de rastreo; las antenas de las estaciones terrestres sólo se apuntan al satélite en forma permanente. Un solo satélite geosíncrono de gran altitud puede proporcionar comunicaciones confiables aproximadamente a un 40% de la superficie terrestre.

Los satélites permanecen en órbita como resultado del equilibrio entre las fuerzas centrífuga y gravitacional. Si un satélite viaja a demasiada velocidad, su fuerza centrífuga supera a la de la gravedad de la tierra, y el satélite sale de órbita y escapa al espacio. A menores velocidades, la fuerza centrífuga del satélite no es suficiente, y la gravedad tiende a atraer el vehículo hacia la tierra. Es obvio que hay un equilibrio delicado entre aceleración, velocidad y distancia, con el que se balancean exactamente los efectos de las fuerzas centrífuga y gravitacional.

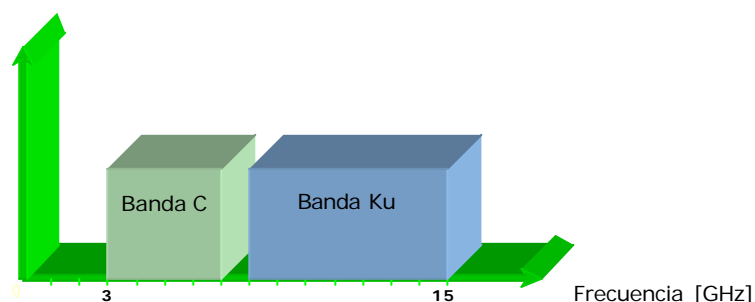
Mientras más cerca de la tierra gira un satélite, la fuerza gravitacional es mayor, y la velocidad necesaria para evitar que caiga a tierra es mayor. Los satélites de baja altura que giran en órbita a 100 millas sobre la tierra viajan a una velocidad aproximada de 17500 millas por hora. A esta velocidad tardan más o menos hora y media en dar la vuelta a la tierra. En consecuencia, el tiempo durante el cual el satélite esta en la línea de vista de determinada estación es 0.25 horas o menos, por órbita. Los satélites de órbita terrestre de altura intermedia tienen un periodo de rotación de 5 a 12 horas y permanece en la línea de vista de determinada estación terrestre entre 2 y 4 horas por órbita. Los satélites terrestres de gran altitud, en órbitas geosíncronas, se mueven a unas 6840 millas por hora, y completan una revolución en torno a la tierra en unas 24 horas.

Las órbitas geosíncronas son circulares y, por consiguiente, la velocidad orbital es constante. Sólo hay una órbita geosíncrona terrestre; sin embargo, esta ocupada por gran cantidad de satélites. De hecho, la órbita geosíncrona es la más se usa, por la razón obvia que de que los satélites en órbitas geosíncronas permanecen en una posición fija respecto a la tierra y, en consecuencia, no deben ser rastreados por antenas en estaciones terrestres.

Hay varios requisitos para los satélites en órbitas geoestacionarias. La primera y mas obvia es que deben tener un ángulo de inclinación de 0°. El satélite también debe recorrer su orbita en la misma dirección que la rotación de la tierra (hacia el este, hacia el sol naciente), con la misma velocidad angular (de rotación): una por día. Los satélites en órbita geosíncrona giran en círculo directamente arriba del ecuador, a 42164 Km del centro de la tierra, es decir, a 35800 km sobre la superficie terrestre a una velocidad 11.033 km/h (6840 mph).

Bandas de Frecuencia. El satélite recoge el campo electromagnético incidente y retransmite las portadoras moduladas a modo de enlace descendente. Se debe tener en cuenta que el nivel de ruido celeste disminuye entre las frecuencias de 2GHz a 10GHz. Los nombres de las bandas y el rango de frecuencias se muestran en la tabla 34 y en la figura 129 se especifican los anchos de banda para el caso satelital.

Figura 129. Rango de frecuencias para las comunicaciones satelitales



Adaptación de los autores

Tabla 34. Bandas y rangos de frecuencia en los sistemas de comunicación

Nombre de la Banda de Frecuencia.	Rango de Frecuencias.
Banda HF	1.8 – 30MHz
Banda VHF	50 – 146MHz
Banda P	0.23 – 1.00GHz
Banda UHF	0.43 – 1.30GHz
Banda L	1.53 – 2.7GHz
Radio Digital de la FCC	2.31 – 2.36GHz
Banca S	2.7 – 3.5GHz
Banda C	Canal descendente: 3.7 – 4.2GHz Canal Ascendente: 5.925 – 6.425GHz
Banca X	Canal descendente: 7.25 – 7.745GHz Canal Ascendente: 7.9 – 8.395GHz
Banda Ku (Europa)	Canal descendente: FSS: 10.7 – 11.7GHz DBS: 11.7 – 11.7GHz Canal Ascendente: DBS: 17.3 – 18.1GHz FSS y Telecom: 14.0 – 14.8GHz
Banda Ku (América)	Canal descendente: FSS: 11.7 – 12.2GHz DBS: 12.2 – 12.7GHz Canal Ascendente: FSS: 14.0 – 14.5GHz DBS: 17.3 – 18.1GHz
Banda Ka	18 – 31GHz

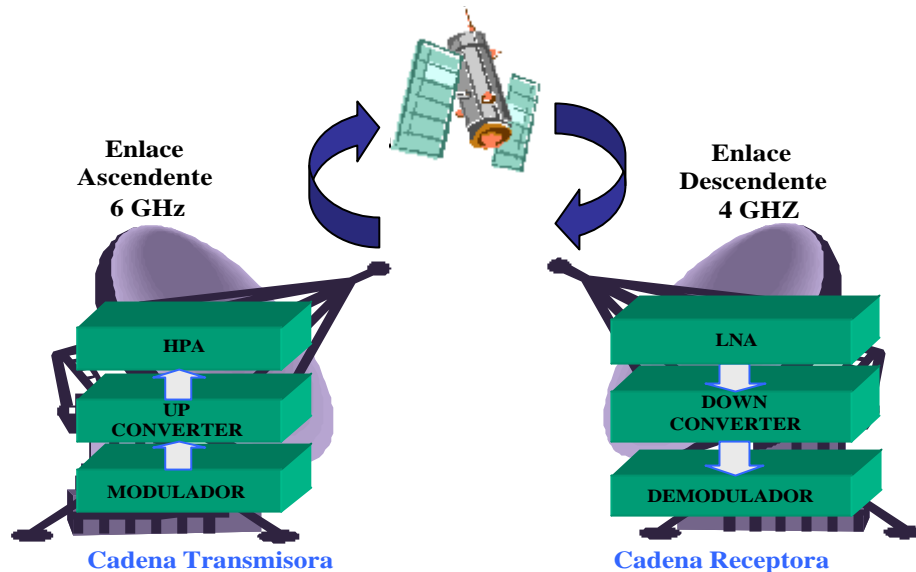
Adaptación de los autores

CONFIGURACIÓN DEL ENLACE SATELITAL

El enlace satelital se conforma por la cadena transmisora (enlace de subida), la cadena receptora (enlace de bajada) y el satélite. En la figura 130 se muestra un diagrama general de esta configuración. La cadena transmisora consta del modulador, el up-converter (dispositivo para adecuar la señal a una frecuencia de transmisión) y el HPA (High Power Amplifier – amplificadores de potencia). La cadena receptora consta del LNA (Low Noise Amplifier – amplificador de bajo ruido), el down-converter (dispositivo para adecuar la señal a una frecuencia para la recepción) y el demodulador.

La frecuencia de de la portadora ascendente es diferente a la frecuencia de la portadora descendente debido a que la primera se utiliza para la transmisión y la segunda para la recepción.

Figura 130. Esquema general de un sistema de comunicación satelital



Documentos internos UAEAC.

Modelo de enlace de subida. El principal componente de la sección de enlace de subida de un sistema satelital es la estación terrestre transmisora. Una estación transmisora terrestre consiste de un modulador de FI, un convertidor elevador (up converter) de frecuencia de FI a microondas RF, un amplificador de alta potencia (HPA, de high-power amplifier) y algún medio de limitar la banda del espectro final de salida (es decir, un filtro de pasabandas de salida).

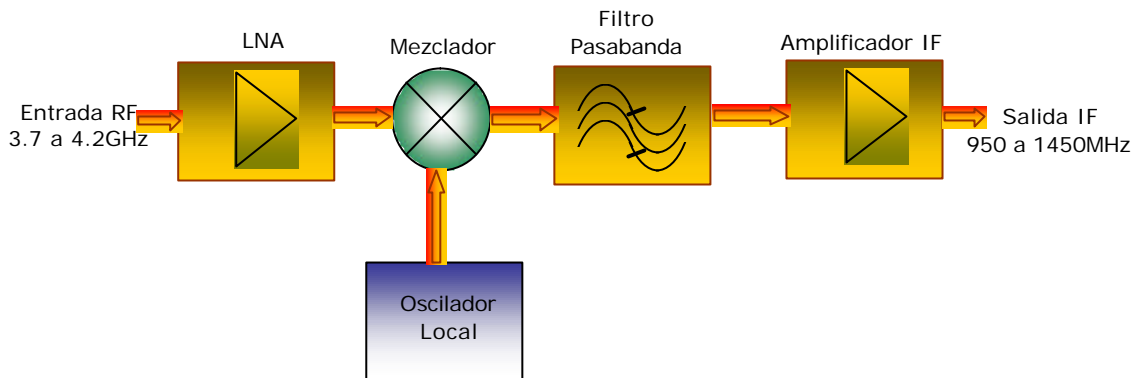
El modulador de FI convierte las señales de banda base que entran a una frecuencia intermedia modulada PSK o QPSK. El up converter, que es un mezclador y un filtro pasabanda, convierte la FI a una RF adecuada de portadora. El HPA proporciona la sensibilidad adecuada de entrada y la potencia de salida para propagar la señal hasta el satélite. La capacidad de potencia de un HPA oscila desde unos cuantos cientos de vatios hasta varios kilovatios.

Modelo de enlace de bajada. Un receptor en la estación terrestre comprende un filtro pasabanda de entrada, un LNA, un convertidor descendente de RF a FI y un demodulador (PSK o QPSK) para obtener la salida de banda base.

El filtro de entrada limita la potencia de entrada de ruido al LNA. Este es un dispositivo de gran sensibilidad, bajo ruido y amplio ancho de banda, como un amplificador de diodo túnel o un amplificador paramétrico. El convertidor descendente de RF a FI es una combinación de de mezclador y filtro pasabanda, que convierte la señal de RF recibida a una frecuencia FI.

Con el LNA y el convertidor reductor se obtiene la configuración de la cadena receptora que se observa en la figura 131.

Figura 131. Diagrama de bloques de la cadena receptora de un canal satelital

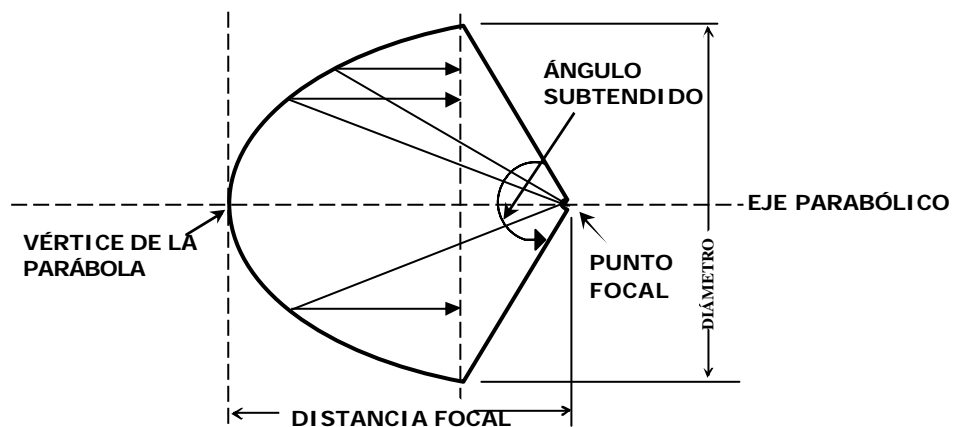


Adaptación de los autores

Antena de la estación terrena. Las antenas de reflector parabólico proporcionan ganancias y directividades extremadamente altas (Ver figura 132), por estas razones son muy usadas en los enlaces de comunicaciones por radio y satélite.

Las estaciones terrenas de comunicaciones por satélite emplean antenas parabólicas de 0.5 a 30 metros de diámetro. El contorno de una superficie parabólica satisface el requisito de que toda la energía radiada hacia la superficie, desde un alimentador en el punto focal, será reflejada para formar un frente de onda plano en concordancia de fase en toda la abertura del reflector parabólico.

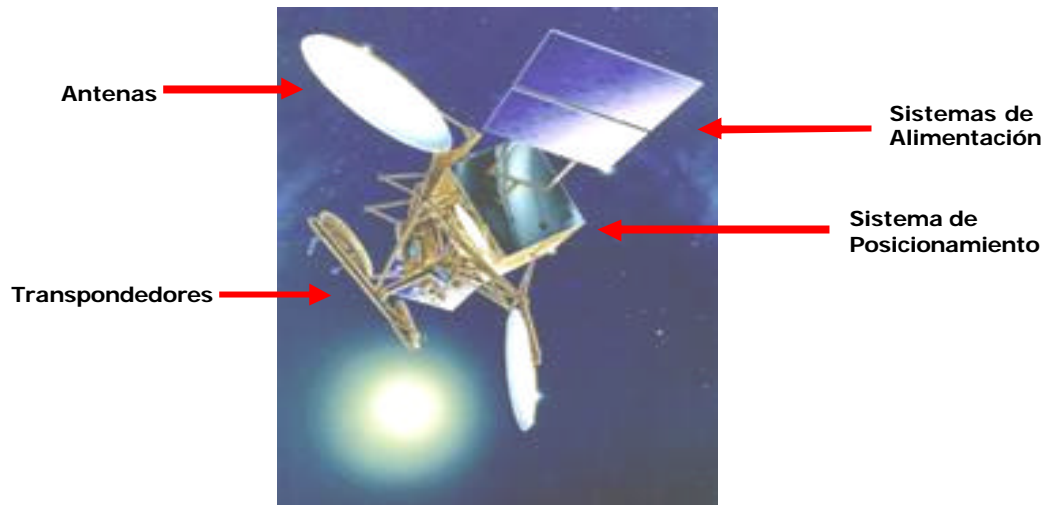
Figura 132. Antena parabólica de una estación terrena.



Adaptación de los autores

Modelo de un Satélite. Los componentes principales de un satélite se aprecian en la figura 133 y son los transpondedores, las antenas, los sistemas de alimentación y el sistema de posicionamiento. Estos componentes se aprecian en la figura 133 y se especifican a continuación:

Figura 133. Principales componentes de un satélite



Documentos internos UAEAC

- **TRANSPONDER:** Las bandas de frecuencias explotadas por el satélite se dividen en secciones llamadas transponders o transpondedores. El transponder recibe la portadora transmitida por la estación terrena, limita la banda de entrada (filtro pasabanda), la amplifica con un LNA, la convierte a la frecuencia de enlace descendente apropiada (desplazador de frecuencia) y la retransmite a la tierra, por medio de amplificadores de alta potencia y un filtro pasabanda.

El transpondedor es una repetidora RF a RF. El filtro pasabanda de entrada limita el ruido total aplicado a la entrada del LNA. Un dispositivo que se usa con frecuencia como LNA es un diodo túnel. La salida del LNA se alimenta a un desplazador de frecuencia, que es un oscilador de desplazamiento y un filtro de pasabanda, que convierte la frecuencia de de banda alta de enlace de subida, en frecuencia de banda baja del enlace de bajada.

El amplificador de potencia de bajo nivel, que suele ser un tubo de onda viajera, amplifica la señal de RF para su transmisión por el enlace de bajada, hacia las estaciones receptoras terrestres. Cada canal de RF requiere un transpondedor por separado.

- **SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO:** Determina y controla, la posición y orientación del satélite.

- **SISTEMA DE ALIMENTACIÓN:** Es el que provee la potencia eléctrica. Suministra electricidad con los niveles adecuados de tensión y corriente.

- **ANTENAS:** Reciben y transmiten señales de radiofrecuencia.

- **MÓDULO DE SEGUIMIENTO, TELEMETRÍA Y TELEMANDO:** Intercambia información con el control en tierra para mantener el funcionamiento del satélite.

- **CONTROL TÉRMICO:** Regula la temperatura del conjunto.
- **PROPULSIÓN:** Proporciona incrementos y disminuciones de velocidad para corregir la posición y orientación.

LA RED SATELITAL VSAT (VERY SMALL APERTURE TERMINAL).

Las redes VSAT han crecido enormemente en países industrializados como Estado Unidos donde existe infraestructura terrestre de alta calidad. Con más razón crecen en Centro América y América Latina donde cubrir grandes distancias sólo es posible vía satélite.

Las redes VSAT son redes privadas de comunicación de datos vía satélite para intercambio de información punto a punto o punto a multipunto (broadcasting) o interactiva. Entre sus principales características están el aprovechamiento de las ventajas del satélite por el usuario de servicios de telecomunicación a un bajo coste y fácil instalación, las antenas montadas en los terminales necesarios son de pequeño tamaño (menores de 2.5 metros), las velocidades disponibles suelen ser del orden de 56 a 64 Kbps, permite la transferencia de datos, voz y video, cobertura global e inmediata y la fácil y rápida implantación en lugares de difícil acceso.

La red puede tener gran densidad (1000 estaciones VSAT) y está controlada por una estación central llamada HUB que organiza el tráfico entre terminales, y optimiza el acceso a la capacidad del satélite.

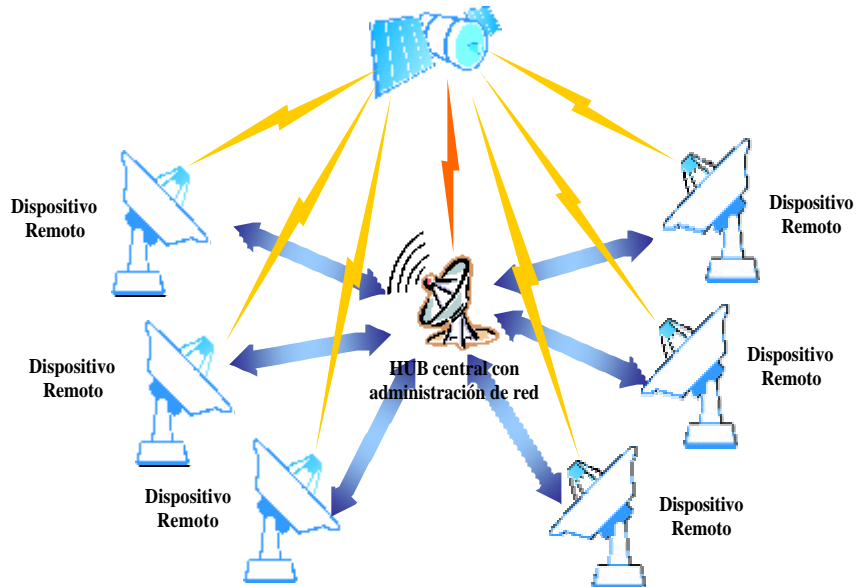
Las bandas de funcionamiento suelen ser K o C, donde se da alta potencia en transmisión y buena sensibilidad en recepción. Debido a esto, entra a competir directamente con redes como la red pública de transmisión de paquetes X.25, o la red digital de servicios integrados.

Topologías típicas de una estación VSAT. Básicamente, las redes VSAT se pueden disponer en topología de estrella, de malla o una topología híbrida, las cuales se especifican a continuación:

- **Topología en estrella.** Se llama topología en estrella por la manera en que está configurada lógicamente la red, como se muestra en la figura 134, cada una de las estaciones está comunicada con el Hub central y no existe comunicación directa entre estaciones (dispositivos remotos) formando una estrella lógica.

Se habla de redes estrella bidireccionales cuando las aplicaciones requieren que se comuniquen los VSATs con el HUB y viceversa, es decir, existen tanto inbounds (transferencia de información desde un VSAT al HUB) como outbounds (transferencia de información desde el HUB a un VSAT). Por el contrario en las redes estrella unidireccional sólo hay comunicación desde el HUB hacia los VSATs (sólo hay outbounds).

Figura 134. Topología en estrella de una red VSAT.

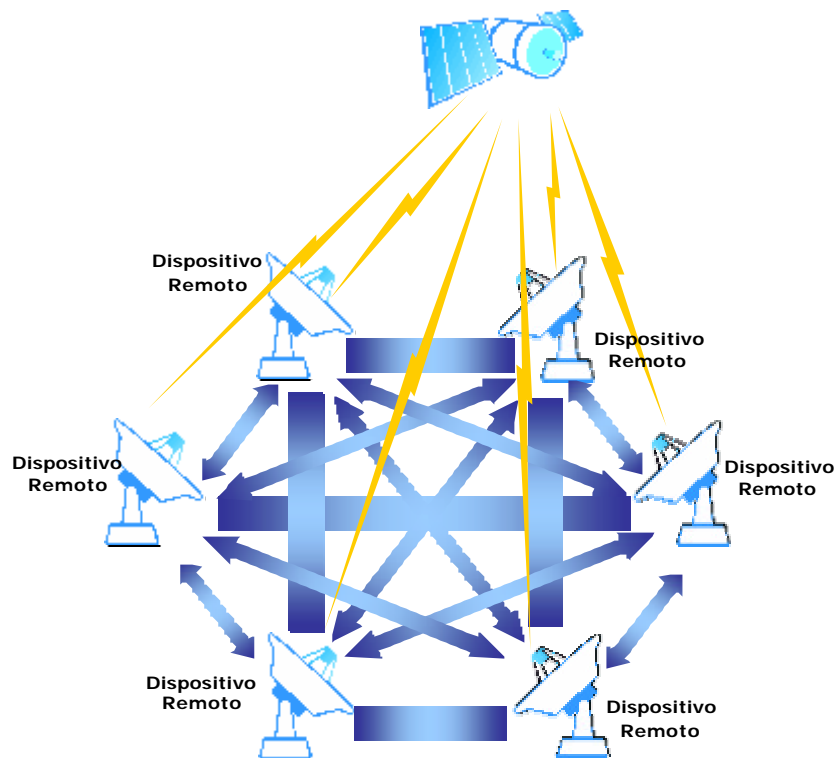


Adaptación de los autores

- *Topología en malla.* Cuando es posible establecer un enlace directo entre dos VSATs (cuando aumenta el tamaño de las antenas o la sensibilidad de los receptores) hablamos de redes VSAT en malla. Naturalmente con una red en estrella bidireccional se puede implementar una red en malla pura pero con el problema del retardo (0.5 s debido al inevitable doble salto mientras que en una red en malla pura sería sólo de 0.25s). La figura 135 muestra un esquema de la configuración en malla para una Red VSAT.

- *Topología híbrida.* La configuración híbrida ofrece la posibilidad de combinar las características de las redes en estrella y las redes en malla, de manera que unas estaciones VSAT se comunican en malla mientras otras lo hacen en estrella, permitiendo así, a las terminales con mayor demanda de tráfico poder configurarse en malla a fin de reducir el gasto del equipo adicional en la estación central y de los recursos satelitales para el doble salto, mientras que el resto de la red puede comunicarse con estas terminales mayores o entre sí por medio de una topología en estrella.

Figura 135. Topología en malla de una red VSAT.



Adaptación de los autores

Protocolos de Usuario. Las VSAT conectan computadoras anfitrionas con terminales de datos vía satélite. Las redes terrestres por lo general funcionan con bajo retardo y con base a circuitos mientras que las redes VSAT tienen retardo satelital inherente y en consecuencia utilizan protocolos optimizados para este entorno.

El enlace satelital convierte entonces los datos del cliente a un protocolo satelital eficiente para asegurar una entrega adecuada y un retardo mínimo. Es importante resaltar que el protocolo satelital es exclusividad del fabricante.

El procesador de banda base de la VSAT y el FEP de la terminal central se encargan del procesamiento del protocolo de los datos del usuario. Las tarjetas de interfaz por lo general ejecutan el procesamiento por software.

La topología en estrella de una red VSAT no limita la conectividad del tráfico, además, si un servicio requiere conectividad de malla total, la central hará una conexión virtual de malla encaminando el tráfico de VSAT a VSAT mediante un doble salto.

Técnicas de Acceso al Medio. Los métodos de acceso al medio básicos que se manejan en una red VSAT son:

- *FDMA (Acceso Múltiple por División de Frecuencia)*. Ya que el ancho de banda total de 500 MHz de un satélite se divide en varios transpondedores, y que una forma usual de hacerlo es con ranuras de 36 MHz, significa que el amplificador de cada transpondedor puede darle cabida a una gran diversidad de información que ocupe en total un ancho de banda de 36 MHz. Sin embargo, cada estación terrena que transmite desde la Tierra no tiene necesariamente el suficiente tráfico para generar información que ocupe todo ese ancho de banda y que pueda enviar con una sola frecuencia portadora determinada.

Por esta razón, se divide la banda asignada en el transpondedor en sub-bandas o canales que se asignan dinámicamente para permitir el uso simultáneo del transpondedor por varias estaciones terrenas. Esta es la técnica de acceso más simple utilizada por las VSAT, permite que la red comparta la capacidad satelital utilizando una asignación de frecuencia diferente para cada portadora.

- *FDMA con asignación permanente (PAMA)*: este acceso provee una configuración rígida e invariable, pues cada estación debe transmitir siempre con la misma frecuencia central o portadora, y es usada generalmente cuando se puede garantizar que, durante la mayor parte del tiempo, cada una de ellas ocupará activo ese ancho de banda que se le asignó; por esta razón, se le llama acceso múltiple con división de frecuencia con asignación fija o permanente.

- *FDMA con asignación por demanda (DAMA)*: cuando el tráfico generado en los puntos geográficos que comparten un segmento de un transpondedor es intermitente y esporádico, la capacidad de ese segmento de transpondedor no se estaría aprovechando con eficiencia si se emplease la técnica anterior, y en este caso se requiere emplear otra versión de acceso múltiple que brinde mayor flexibilidad; la alternativa se denomina acceso múltiple por división de frecuencia con asignación por demanda o DAMA.

La técnica de acceso múltiple DAMA permite aprovechar al máximo las ranuras de frecuencia del segmento satelital y la potencia del satélite cuando el tráfico que genera cada estación es esporádico, pues las ranuras se asignan a las estaciones terrenas solamente durante el tiempo que las necesitan para establecer comunicación; en el momento en que alguna deja de transmitir, esa ranura se libera y queda disponible para cualquier otra de las estaciones del sistema que la solicite temporalmente. Cuando minutos u horas después, la estación terrena que liberó la ranura quiera transmitir más información, podría darse el caso de que la ranura de frecuencia que usó previamente dentro del amplificador esté ocupada en ese instante por la señal de otra estación; pero puede haber otras ranuras vacías en ese momento, y de ser este el caso, la estación terrena en cuestión podría utilizar cualquiera de ellas. Es decir, la frecuencia de la portadora transmitida por cada estación terrena cambia en el tiempo, moviéndose de lugar en el espectro radioeléctrico del amplificador y, por supuesto, la estación debe estar debidamente equipada para hacerlo.

Desde luego que la ocupación de cualquier ranura vacía no se puede hacer en forma arbitraria, sino a través de una estación central que coordina el banco de frecuencias disponibles. Cada vez que una estación terrena desee iniciar una transmisión, debe solicitarle antes al banco de frecuencias que le asigne una de ellas para su portadora; este mismo banco de frecuencias se comunica con el punto de destino para informarle

que se le va a transmitir y en qué frecuencia debe sintonizarse para que reciba la señal; solamente hasta que la estación transmisora y la receptora hayan recibido la asignación de sus frecuencias de operación, se puede iniciar el enlace.

- *Canal único por Portadora (SCPC-Single Channel per Carrier)*. En la tecnología SCPC cada ranura tiene su propia frecuencia portadora y su ancho de banda es ocupado por un solo canal modulado, esta forma de transmisión se le llama canal único por portadora o SCPC, se emplea con asignación por demanda y con asignación fija. Así mismo, e independientemente de sí se tenga asignación fija o por demanda, un canal SCPC puede conducir telefonía analógica, contener un canal telefónico digitalizado o un canal de datos de baja velocidad transmitido con modulación digital, de la cual hay varias ocupaciones utilizadas a la vez en la práctica. El servicio SCPC provee al cliente de un enlace dedicado transparente al protocolo de comunicaciones o aplicación que utilice su red privada. El servicio establece una portadora por cada enlace (a manera de un canal dedicado), el cual por lo general es de naturaleza Point to Point (punto a punto), lo que quiere decir que interconecta 2 puntos fijos a través de un canal privado, utilizado para la o las aplicaciones que el cliente requiera. El circuito en sí es transparente (clear channel) al tipo de aplicación a utilizarse, dependiendo ésta de los terminales y los controladores de comunicaciones que se instalen en los extremos del circuito permitiendo así la comunicación de todo tipo de información (voz, datos, fax y vídeo).

El SCPC usa un único canal por portadora para cursar el tráfico. Cuando hay tráfico las portadoras se asignan en pares, una de la estación central a la VSAT y otra de la VSAT a la central, para el canal de retorno.

El servicio SCPC está dirigido principalmente a transmisiones medianas y pesadas de datos, lo cual no significa que el canal no pueda ser multiplexado para brindar a través del mismo enlace servicio de voz, datos y vídeo. En general la utilización que se le dé al enlace depende 100% de la capacidad de los terminales a utilizarse. Un requerimiento típico es el de los clientes que desean enlazar su casa matriz con bodegas o centros de procesamiento ubicados en localidades que no cuentan con acceso telefónico o de existir, es deficiente; se aprovecha así el enlace satelital para tener un medio de comunicación confiable y disponible a tiempo completo para además de cubrir la necesidad fundamental de transferencia de datos, utilizar una fracción del ancho de banda asignado también para un servicio de voz a manera de conexión telefónica.

La tecnología SCPC ofrece ventajas como:

- ✓ Enlaces satelitales nacionales e internacionales con velocidades desde 9.6 kbps hasta 2.048 Mbps, con posibilidad de utilizar Frame Relay.
- ✓ Enlaces punto a punto entre las ciudades por medio de estaciones terrenas ubicadas estratégicamente.
- ✓ Administración de la capacidad del canal de acuerdo a sus características de tráfico.
- ✓ Alta disponibilidad, confiabilidad y seguridad de la información transmitida.

- *Múltiples canales por Portadora (MCPC-Multiple Channel Per Carrier)*. Una portadora multicanal transporta muchos canales que han sido previamente combinados en forma adecuada, y la ranura de frecuencia necesaria para ubicarla es angosta o muy ancha, dependiendo del número total de canales que contenga; estos pueden ser analógicos o digitales, con multiplexaje en frecuencia o en el tiempo respectivamente. Por ejemplo, puede haber portadoras multicanal con 12 canales telefónicos cada una, otras con 24, 36, 48, ..., y así sucesivamente dependiendo del tráfico de cada estación terrena transmisora.

- *TDMA (Acceso Múltiple por División en el Tiempo)*. El acceso múltiple por división de tiempo o TDMA es una técnica totalmente digital mediante la cual varias estaciones terrenas acceden u ocupan un transpondedor o parte de él. A diferencia del acceso múltiple por división en frecuencia, en donde cada estación transmisora tiene asignada una ranura de frecuencias dentro del transpondedor, normalmente con un ancho de banda diferente, en esta nueva técnica todo un grupo de estaciones tiene asignada una misma ranura, con cierto ancho de banda fijo, y se comparte entre ellas secuencialmente en el tiempo; es decir, cada estación tiene asignado un tiempo T para transmitir lo que guste dentro de la ranura, y cuando su tiempo se agota debe dejar de transmitir para que lo hagan las estaciones que le siguen en la secuencia, hasta que le toque nuevamente su turno.

El tiempo T asignado a cada estación no es necesariamente igual en todos los casos, puesto que algunas estaciones conducen más tráfico que otras y, por lo tanto, la ranura de tiempo que se les asigne debe ser más larga que la de las estaciones chicas. Estos tiempos asignados pueden ser fijos por estación, en cuyo caso se tiene acceso múltiple por división el tiempo con asignación fija, o bien puede variar con el tiempo cuando algunas estaciones tengan exceso de tráfico (horas pico). En estas condiciones, es preciso reorganizar la distribución de los tiempos con una nueva estructura de marco o trama de transmisión, dándole ranuras de tiempo más largas a las estaciones con exceso de tráfico y ranuras más cortas a las de poco tráfico; la nueva estructura de marco se repite secuencialmente hasta que haya necesidad de hacer otro cambio. Hay otros varios métodos para cambiar los marcos de transmisión según la demanda, pero la más común es mediante un programa establecido con base en las estadísticas de tráfico.

En cualquiera de los casos anteriores, de la duración usual de un marco o ciclo es de unos cuantos milisegundos y se requiere contar con un mecanismo confiable de sincronización, para que no haya traslapes entre las transmisiones de las diversas estaciones.

Un sistema TDMA es más complejo que uno de FDMA y necesita una buena coordinación entre todas las estaciones terrenas de la red que lo usan y una estación de referencia; además, como las estaciones funcionan en ráfaga e intervalos con duración de una pequeña fracción de milisegundo (un marco de transmisión dura varios milisegundos, por lo general de 5 a 20 ms, y dependiendo del número de estaciones que lo compartan, el tiempo por estación puede ser menor de un milisegundo), deben contar con módulos de almacenamiento de información digital, que funcionan como memorias de amortiguamiento y que van liberando la información por paquetes en cada ráfaga. Una de las grandes ventajas de esta técnica es que durante cada ranura de tiempo se pueden transmitir en forma multiplexada

digitalmente, y por paquetes, porciones de canales telefónicos, de datos y hasta de video sobre la misma portadora de la ráfaga.

La modalidad de TDMA que se utiliza más en la práctica es la de ocupación del transpondedor completo por la portadora modulada; como sólo hay una portadora presente en cada instante dentro del amplificador de potencia de transpondedor, no hay ruido de intermodulación y se puede aprovechar al máximo la potencia de salida, beneficiándose de esta forma todas las estaciones terrenas que lo utilizan. Sin embargo, en varias situaciones, el tráfico manejado por una red de estaciones no es tan grande como para justificar la ocupación total de un transpondedor (por ejemplo un transpondedor de 36 MHz tienen capacidad de operar con 60 Mbps y uno de 72 MHz con 120 Mbps), sino solamente una fracción de él; en estos casos se comparte el ancho de banda del transpondedor en FDMA con los servicios prestados por otras estaciones independientes de la red TDMA, por ejemplo, video y telefonía SCPC, sin perderse la flexibilidad que brinda el sistema TDMA totalmente digitalizado. Por supuesto, si se utiliza esta última configuración, ya no es posible trabajar en saturación para aprovechar al máximo la potencia de salida del transpondedor, por que el amplificador se debe operar con una reducción con respecto a la saturación para que el ruido de intermodulación sea bajo.

La técnica TDMA, al igual que la FDMA, no es más que una forma mediante la cual las estaciones terrenas comparten un transpondedor o parte de él. Independientemente del tipo de acceso que se utilice, es necesario que los canales de video, voz y datos que se van a transmitir pasen por varias etapas de procesamiento a partir de su estado de banda base, principalmente las etapas de multiplexaje y modulación, de las cuales hay una gran diversidad. Por ejemplo, un enlace FDM/FM/FDMA significa que en la estación terrena transmisora primero se multiplexan o combinan en frecuencia varios canales originalmente en banda base (FDM), después el resultado modula en frecuencia a una portadora (FM), y posteriormente ésta accesa al transpondedor del satélite (FDMA); en el punto receptor o destinatario se tiene que efectuar el proceso inverso para recuperar los canales en su forma original o banda base, es decir, demodular en frecuencia y después demultiplexar en frecuencia. Otro ejemplo sería un enlace TDM/QPSK/TDMA, en el que primero se multiplexan en el tiempo varios canales digitales (TDM), después el resultado modula digitalmente con desplazamiento de fase en cuadratura a la portadora (QPSK), y por último esta accesa al transpondedor (TDMA).

- *CDMA (Acceso Múltiple por División de Código)*. Además de las técnicas de acceso múltiple FDMA y TDMA, que son las de mayor uso en los satélites comerciales de comunicaciones existe una tercera alternativa en la que el transpondedor completo es ocupado por varias estaciones que transmiten a la misma frecuencia y al mismo tiempo. Esta técnica, denominada acceso múltiple por diferenciación de código o CDMA, y que aparentemente resulta imposible, es particularmente útil en transmisiones confidenciales o altamente sensitivas a la interferencia; al igual que TDMA, es totalmente digital, y que presenta la ventaja de que las antenas terrenas transmisoras y receptoras pueden ser muy pequeñas, sin importar que sus ganancias sean bajas y sus haces de radiación muy amplios. Por otra parte, presenta el inconveniente de que ocupa mucho ancho de banda (un transpondedor completo), pues cada bit de información como los que se transmiten en modalidad TDMA se

transforma en un nuevo tren de bits muy largo, de acuerdo con un código determinado previamente.

La comunicación por el sistema Code Division Multiple Access (Acceso Múltiple por División de Códigos), es la norma más difundida para sistemas inalámbricos. Codifica, transmite y decodifica ráfagas de información en una fracción de tiempo que se requiere para producir sonido. Ocho suscriptores pueden compartir el mismo canal, transmite mensajes de datos y fax hasta 9.600 bits por segundo y permite técnicas avanzadas de encriptación para evitar la interceptación de llamadas.

En virtud de que el ancho de banda que utiliza el sistema de CDMA es muy amplio, por la expansión del espectro en frecuencia de la señal al codificar cada bit de información en nuevo tren de bits, también se le denomina acceso múltiple con espectro expandido o SSMA.

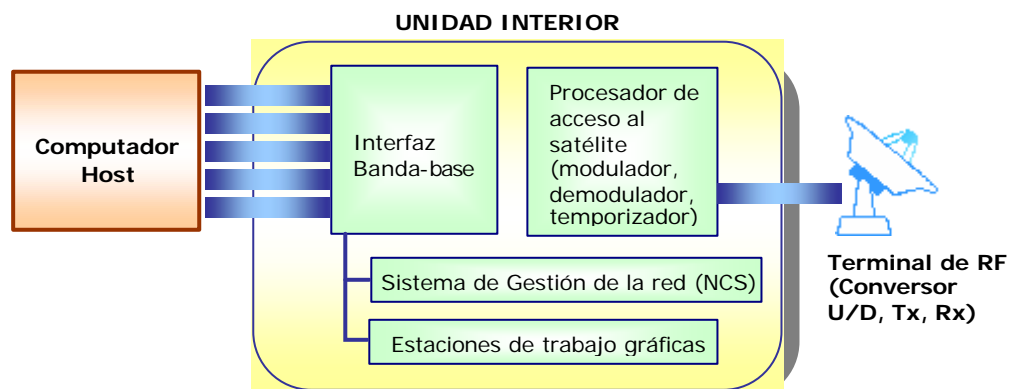
Elementos de una Red VSAT. Los elementos de una Red VSAT son:

- *El Hub.* El HUB es una estación más dentro de la red pero con la particularidad de que es más grande (la antena típicamente es 4 a 10 metros y maneja más potencia de emisión - PIRE¹). Habitualmente el HUB esta situado en la sede central de la empresa que usa la red o en su centro de cálculo.

Este punto es el que supone un mayor desembolso para una empresa por lo que se tiene la posibilidad de tener el HUB en propiedad o alquilado.

El Diagrama de bloques de una estación HUB se observa en la figura 136.

Figura 136. Estructura del HUB de una estación VSAT



www.upv.es/satelite/trabajos/pract_4/

¹ PIRE (Potencia isotrópica radiada efectiva) →Potencia isotrópica irradiada equivalente del satélite en dirección de la estación terrena receptora que corresponde a la potencia aparente de una estación transmisora, y que es igual al producto de la potencia real a la entrada de la antena. Sus siglas en inglés son EIRP.

El HUB esta compuesto por una unidad de RF y una unidad interna (Indoor Unit IDU) los cuales se especifican a continuación:

Unidad de RF: La unidad de RF se encarga de transmitir y recibir las señales.

Unidad interna: Esta unidad puede estar conectada a la computadora que se encarga de administrar la red corporativa. Esta conexión puede ser directa o bien a través de una red pública conmutada o una línea privada dependiendo de si el HUB es propio o compartido.

- Sistema de Gestión de Red (NMS). Desde el HUB se monitoriza toda la red de VSATs. De ello se ocupa el Network Management System (NMS). El NMS es un computador o estación de trabajo que realiza diversas tareas como:

- ✓ Configurar la red (puede desearse funcionar como una red de broadcast, estrella o malla).
- ✓ Control y alarma.
- ✓ Monitorización del tráfico.
- ✓ Control de los terminales:
- ✓ Habilitación y deshabilitación de terminales existentes.
- ✓ Inclusión de nuevos terminales.
- ✓ Actualización del software de red de los terminales.
- ✓ Tareas administrativas:
- ✓ Inventario de los terminales.
- ✓ Mantenimiento.
- ✓ Confección de informes.
- ✓ Tarifación (en caso de ser un HUB compartido).

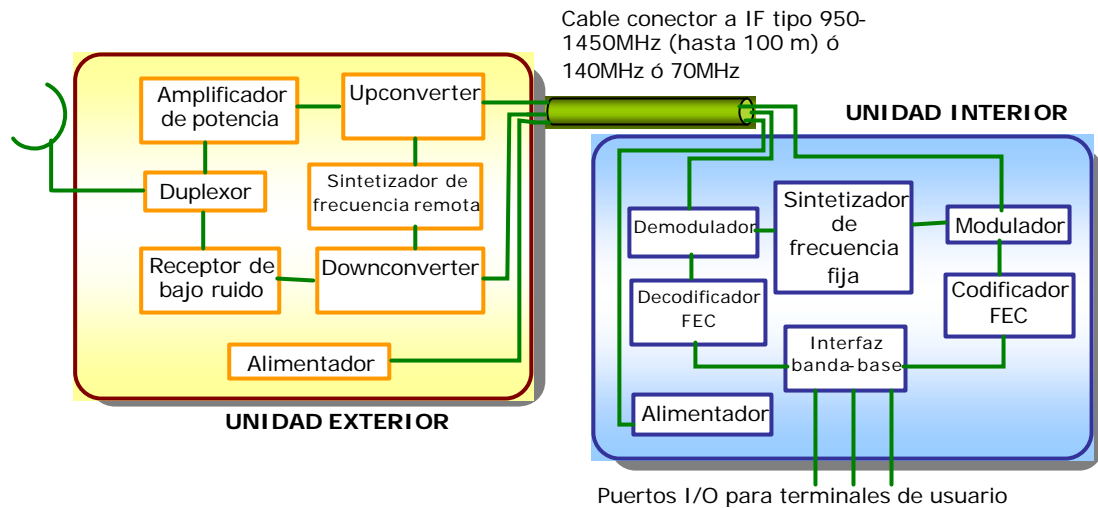
Por lo que se ve, gran parte del éxito de una red VSAT radica en la calidad del NMS y en su respuesta a las necesidades de los usuarios.

- *Segmento Espacial.* El segmento espacial es el punto clave de una red VSAT:

- ✓ Es el único canal por donde se realiza la comunicación.
- ✓ Es un canal compartido por lo que se necesita usar alguna técnica o protocolo de acceso al medio (FDMA, TDMA, DA-TDMA...).
- ✓ Es el único punto de la red que no puede ser manejado con total libertad por el instalador de una red VSAT. Debe ser contratado a empresas o consorcios proveedores de capacidad espacial.

- *Estaciones Terrenas.* Como se observa en la figura 137 una estación VSAT está compuesta por dos elementos: la unidad exterior (*Outdoor Unit*), que es el interfaz entre satélite y VSAT; y la unidad interior (*Indoor Unit*), que es el interfaz entre el VSAT y el terminal de usuario o LAN.

Figura 137. Diagrama de los componentes de una estación VSAT



www.upv.es/satellite/trabajos/pract_4/

- *La unidad exterior.* Básicamente la unidad exterior se compone de la antena (ver figura 26), sistemas electrónicos, amplificadores de transmisión, receptor de bajo ruido, sintetizador de frecuencia¹, osciladores para variar la frecuencia, un duplexor² y amplificadores de potencia.

Los parámetros utilizados para evaluar la unidad exterior son:

- La finura espectral del transmisor y del receptor para el ajuste de la portadora en transmisión y para sintonizar adecuadamente la portadora en recepción.
- PIRE que condiciona la frecuencia del enlace de subida. El PIRE depende de la ganancia de antena y la potencia de salida.

¹ A diferencia de los radiorreceptores tradicionales en los que se usa sintonización manual para definir el canal deseado, la estación VSAT usa un circuito sintetizador de frecuencia de precisión que puede ajustarse a cualquiera de los canales asignados por el NCS. El canal seleccionado en un momento dado está determinado por el módulo lógico de control. En la Red DAMA las frecuencias de transmisión y recepción se cambian tomando en cuenta los canales disponibles y las instrucciones que indican qué frecuencias cambiar son recibidas como señales de información por los canales de control.

El circuito sintetizador de frecuencia de canal por lo general consta de un oscilador de base que trabaja conjuntamente con un sintetizador de frecuencia de recepción y un oscilador de frecuencia de transmisión. El sintetizador de frecuencia de recepción recibe una señal digital de control de módulo lógico de control y produce un voltaje proporcional a la frecuencia deseada. Un oscilador controlado por voltaje, o Vco, convierte el voltaje proporcional en la señal del oscilador. El circuito de portadora de transmisión es similar. Las señales digitales de control del módulo lógico de control establecen un voltaje que es proporcional a la frecuencia deseada. El voltaje proporcional excita a un Vco que produce la frecuencia del oscilador.

² El duplexor es el que permite hablar y escuchar simultáneamente. Para adaptarse y poder entablar enlace semi o full duplex en la línea dispone de un DUPLEXOR. Cada VSAT tiene 2 etapas: Transmisor (Tx) y Receptor (Rx). El duplexor deriva la Tx por un lado y Rx por el otro.

- El diagrama de radiación de la antena, ya que la amplitud de los lóbulos secundarios (principalmente de los laterales) condiciona los niveles de interferencia recibida y producida.
- Temperatura ambiental de operación.
- Otros factores ambientales como humedad.

Figura 138. Unidad Exterior de una estación VSAT.



www.upv.es/satelite/trabajos/pract_4/

- *La unidad interior.* Los parámetros necesarios para especificar la unidad interior (ver figura 27) son:

- ✓ Número de puertos.
- ✓ Tipo de los puertos: mecánicos, eléctricos, funcionales, procedurales.
- ✓ Velocidad de los puertos. Es la máxima velocidad (*bps*) del flujo de datos entre el terminal de usuario y la unidad interior de VSAT en un puerto dado.

Figura 139. Unidad Interior de una estación VSAT



www.upv.es/satelite/trabajos/pract_4/

Proveedor del servicio satelital. El proveedor del servicio satelital es Intelsat. INTELSAT es el mayor proveedor de servicios de comunicaciones por satélite del mundo. Su sistema global de satélites lleva telefonía, televisión, y servicios de

distribución de datos a billones de personas en todos los continentes. INTELSAT fue la primera, y sigue siendo la única organización que proporciona una extensa cobertura global de satélites y conectividad para un amplio abanico de servicios de telecomunicaciones.

INTELSAT fue creado en 1964 por once naciones las cuales se unieron estableciendo un sistema comercial global de comunicaciones por satélite que estaría disponible a todas las naciones de acuerdo a una base no discriminatoria. En 1973, el acuerdo inicial fue reemplazado por uno permanente, cuando éste fue adoptado por 54 de las entonces 83 naciones miembros de INTELSAT. Estas naciones decidieron que había numerosos beneficios políticos, financieros y operacionales, que podrían derivarse de la unión de sus recursos y de trabajar juntos para lograr mutuas metas en comunicaciones espaciales. Los gobiernos miembros de INTELSAT se reúnen al menos una vez cada dos años y continúan apoyando la organización y los principios sobre los que fue creado.

INTELSAT posee y opera un sistema de satélites que proporciona cuatro grandes servicios principalmente, para usuarios en más de 200 países, en todos los continentes. Estas categorías son: servicio público de telefonía conmutada, línea privada (red de servicios para negocios), servicios de retransmisión (Audio y video), servicios nacionales y regionales.

INTELSAT establece una serie de estándares para las estaciones terrestres que cualquier usuario de INTELSAT debe cumplir. Miles de estaciones terrestres, que van desde los 30 metros hasta las más pequeñas de medio metro acceden al sistema INTELSAT. Debido a sus extensos recursos de satélites y espectro de uso, INTELSAT ofrece una conectividad global única, con la posibilidad de unir dos o más puntos en cualquier lugar del mundo.

INTELSAT tiene más satélites operativos que cualquier otra organización comercial, una flota de más de 20 satélites de alta potencia, técnicamente avanzados en órbita geostacionaria. Trece satélites más serán lanzados en los próximos tres años. Estos dispositivos representan cuatro generaciones de avances técnicos y progreso: La serie INTELSAT V/V-A; la serie INTELSAT VI, la serie INTELSAT VII/VII-A; y la INTELSAT VIII. Además de un satélite en servicio en la banda Ku, conocido como INTELSAT K.

INTELSAT es una organización internacional sin ánimo de lucro formada por más de 130 naciones miembros, que actúan de acuerdo a principios comerciales. Los propietarios contribuyen con capital en proporción a su uso relativo de los sistemas y reciben un retorno sobre su inversión. Los usuarios pagan un cargo por todos los servicios de INTELSAT.

Las tarifas varían dependiendo del tipo, cantidad y duración del servicio. Cualquier nación puede utilizar los servicios de INTELSAT, tanto si es miembro como si no. Muchas de las decisiones entre las naciones miembro referidas al sistema INTELSAT se hacen bajo consenso, un notorio logro para una organización tan extensa.

EQUIPOS DE UNA ESTACIÓN VSAT DE LA UAEAC

Cada estación remota VSAT en la red satelital de la Aerocivil como muestra la figura 31 cuenta con los equipos y dispositivos necesarios con el fin de poder establecer a comunicación con las otras estaciones. Los dos principales bloques que conforman una estación son:

Equipo Externo. El equipo externo consta de las siguientes partes:

- *Terminal de radio frecuencia (RF).* Consiste de una antena y de los dispositivos que trasladan la señal de IF a RF, al igual que del cable IFL (Interfacility link), el cual permite unir los equipos internos con los de la antena (Ver figura 31).

La lista de equipos sería antena, cable IFL, sintetizadores de frecuencia, upconverter, amplificadores de potencia, downconverter, receptor de bajo ruido, duplexor y alimentador.

Equipo Interno. El equipo interno consta de las siguientes partes:

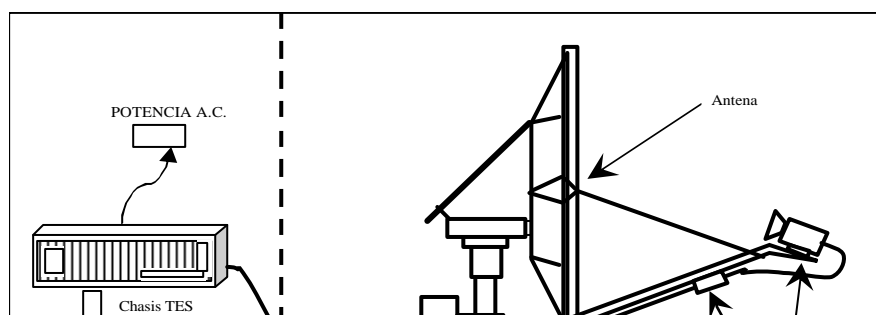
- *Indoor Unit.* Consiste de un chasis o más, dependiendo de la cantidad de unidades de canal que existan en la estación remota y los equipos de distribución de frecuencia intermedia. Cuando el chasis tiene capacidad de gestión de sólo 4 unidades de canal (3 para cursar servicios y 1 para control), se denomina LDC (Low Density Chasis) ó Chasis de baja densidad. Si por el contrario, el chasis puede albergar hasta 14 unidades de canal (13 para cursar servicios y 1 para control), se denomina HDC (High Density Chasis) ó chasis de alta densidad.

Cuando hay más de un chasis solo se requiere de una unidad de canal para control, es decir, no se necesita una unidad de canal para control en cada chasis.

En la figura 140 se muestra una instalación típica de una estación remota, consistente en 1 solo chasis (LDC).

Tanto para LDC como HDC el chasis distribuye la señal de IF para todas las unidades de canal y éste se comunica con los equipos de RF instalados en la antena a través del cable IFL. En las estaciones de Bogotá y Barranquilla se cuentan con chasis HDC, ya que en estos sitios es donde se concentra el grueso del tráfico de la red. La parte de RF de la estación trabaja en banda C y se compone de varios subsistemas, que permiten amplificar la señal que va hacia el satélite y modularla con una frecuencia mayor.

Figura 140. Instalación típica de una estación remota.



Documentos internos UAEAC

- *Unidades de Canal (Channel Units)*. Son las principales componentes de todo el sistema, desarrollan varias funciones como proveer la interfaz para la comunicación con los equipos del usuario, realizan el procesamiento de la señal de banda base, modulan y demodulan la señal, generan el reloj para las comunicaciones sincrónicas y codifican el canal. Estas se pueden configurar de varias formas: para el transporte de datos o de voz en aplicaciones telefónicas y para cumplir las funciones de monitoreo y control a través del NCS. Soportan varios tipos de interfaces y de protocolos, dependiendo de la aplicación del usuario.

- *Equipo Multiplexor*. Debido a la cantidad de servicios aeronáuticos que se transmiten a través de la red VSAT de la Aerocivil, fue necesario multiplexar la información, con el fin de hacer un uso más eficiente en los recursos, específicamente de las unidades de canal (CU), que son las que cursan el tráfico en la red. Estos multiplexores se conectan a la unidad de canal a través de una tarjeta que se conoce como el agregado y a través de la cual se cursan todas las aplicaciones de las estaciones donde exista multiplexor. Generalmente las velocidades del agregado van desde 19.2Kbps usando la interfaz RS232 hasta los 64Kbps usando la interfaz V.35, dependiendo de la cantidad de servicios aeronáuticos con que cuente la estación.

Para el transporte de las aplicaciones aeronáuticas, el multiplexor cuenta con una serie de tarjetas que le permiten manejar los distintos tipos de tráfico existentes, tanto de voz como de datos, para cada uno de los servicios existe un determinado tipo de tarjeta, que se define de acuerdo al tipo de tráfico y a la interfaz física que usa la aplicación. Un chasis TES (Telephony Earth Station) que contiene las unidades de canal puede estar conectado a uno o más chasis de multiplexor.

FUNCIONAMIENTO DEL ENLACE VSAT

El funcionamiento de las estaciones VSAT de la Aerocivil es el siguiente:

Dependiendo de la cantidad de servicios que cursa una estación se emplea un equipo multiplexor. Esto es por lo siguiente, una unidad de canal tiene una capacidad máxima de 64 Kbps, si se usa un equipo multiplexor se pueden cursar varios servicios por la unidad de canal y aprovechar al máximo la capacidad de 64 Kbps. Si no se usa el equipo multiplexor entonces cada servicio independiente ocuparía una unidad de canal y se perdería ancho de banda. Este es el caso de algunas estaciones que requieren de pocos servicios, entonces, se ahorra el multiplexor pero las unidades de canal no se usan a su capacidad máxima. La figura 141 muestra el esquema de un enlace VSAT para datos y voz empleando equipos multiplexores en las dos estaciones. En el sentido de transmisión, los servicios son multiplexados por las tarjetas de voz y datos ubicadas en el equipo multiplexor, se envían a las unidades de canal por medio del protocolo RS-232 o V.35 de acuerdo a la velocidad de transmisión. De las unidades de canal la información se modula y se envía a los equipos externos (modulación RF y después pasa a la antena) para finalmente partir hacia el satélite.

En el sentido de recepción, la información la recibe del satélite el equipo externo (antena y demodulador RF) y se envía a las unidades de canal para ser demodulada, después pasa al equipo multiplexor por medio del protocolo RS-232 o V.35 de acuerdo a la velocidad de transmisión donde finalmente son distribuidos cada uno de los servicios. La figura 142 muestra el esquema de un enlace VSAT para datos y voz empleando equipo multiplexor en una estación.

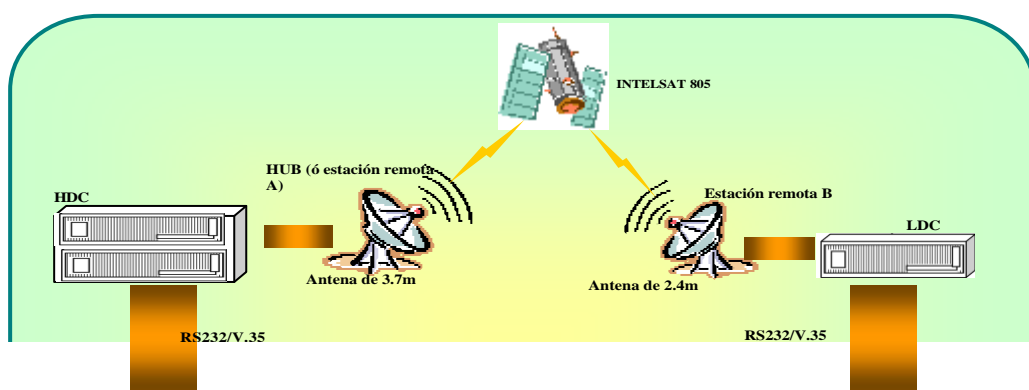
Para la estación VSAT con equipo multiplexor:

En el sentido de transmisión, los servicios son multiplexados por las tarjetas de voz y datos ubicadas en el equipo multiplexor, se envían a las unidades de canal por medio del protocolo RS-232 o V.35 de acuerdo a la velocidad de transmisión. De las unidades de canal la información se modula y se envía a los equipos externos (modulación RF y después pasa a la antena) para finalmente partir hacia el satélite. En el sentido de recepción, la información la recibe del satélite el equipo externo (antena y demodulación RF) y se envía a las unidades de canal para ser demodulada, después pasa al equipo multiplexor por medio del protocolo RS-232 o V.35 de acuerdo a la velocidad de transmisión donde finalmente son distribuidos cada uno de los servicios.

Para la estación VSAT sin equipo multiplexor:

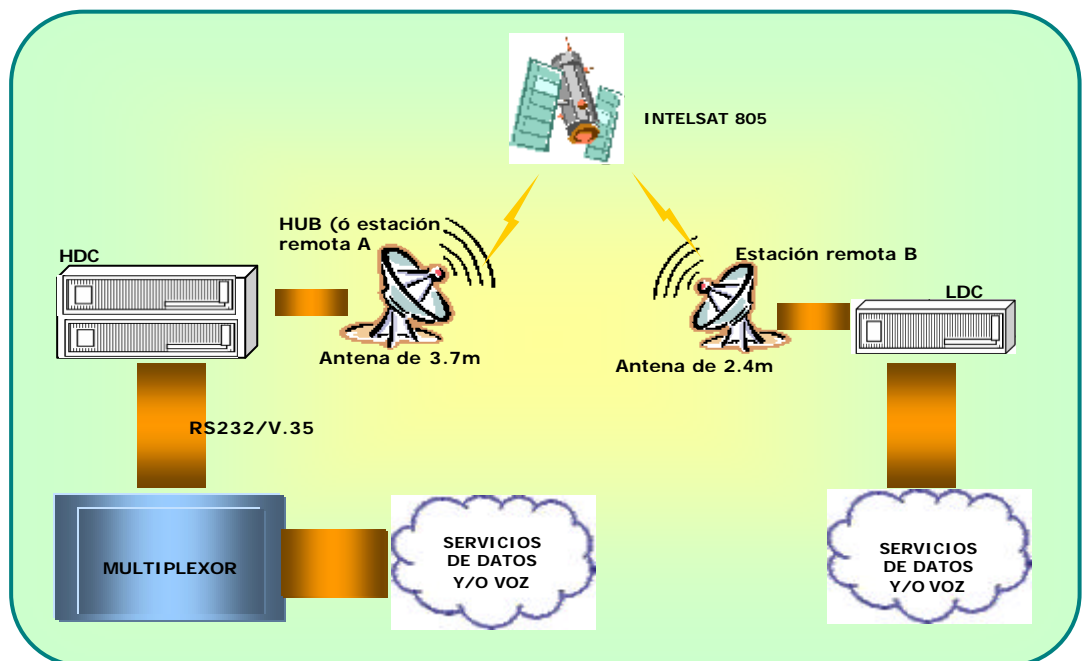
En el sentido de transmisión, los servicios no son multiplexados porque se conectan directamente a las unidades de canal. De las unidades de canal la información se modula y se envía a los equipos externos (modulación RF y después pasa a la antena) para finalmente partir hacia el satélite. En el sentido de recepción, la información la recibe del satélite el equipo externo (antena y demodulación RF) y se envía a las unidades de canal para ser demodulada, finalmente son distribuidos cada uno de los servicios directamente desde las unidades de canal.

Figura 141. Sistema de comunicación VSAT con multiplexores en ambas estaciones.



Adaptación de los autores

Figura 142. Sistema de comunicación VSAT con multiplexor en una estación



Adaptación de los autores

Programación de un enlace de voz. Para el establecimiento de un canal de voz entre dos estaciones VSAT se deben realizar los siguientes procedimientos tanto en el Hub como en la estación remota.

En el Hub:

1. Creación de ancho de banda y circuitos de usuario para el servicio de voz.
 - En la pantalla BwplvCfg para crear los anchos de banda que usan 8k VCELP, Rata FEC $\frac{1}{2}$, modulación QPSK y espaciamiento de portadora de 15 kHz. Presionar la tecla Modify y ejecutar la función READ para verificar que el ancho de banda es adicionado.
 - Abrir la pantalla UcircCfg para adicionar los dos circuitos de usuario para cada ancho de banda que se creo. Presionar la tecla Modify y ejecutar la función READ para verificar que los circuitos de usuario están creados.
2. Creación de los Perfiles de voz.
 - Abrir la pantalla SubsSig. Crear un perfil para cada uno de los dos anchos de banda y nombrarlos como ssig8k y ssig8kf respectivamente. Presionar crear en cada caso y verificar la creación con la función READ.
3. Asignación de perfiles a las unidades de canal (CU).
 - Abrir la pantalla CuCfg. Asignar el perfil ssig8k a las dos unidades de canal en la misma NUG en anticipación del establecimiento de una llamada de voz entre ellos. Presionar Modify y comprobar con la función READ que la modificación es satisfactoria.
 - Abrir la pantalla CuCntrl y hacer un 'checkload' de cada CU.
 - Verificar que las CUs se adapten e inicien la descarga del nuevo firmware¹.

En la estación remota:

4. Realizar una llamada de la VCU (unidad de canal de voz) remota a la VCU asignada en el Hub.
 - Configurar una llamada de la estación remota al VCU del Hub. Verificar que la ruta de la llamada se establezca y que la calidad de la voz sea buena.
 - Finalizar la llamada y verificar que ambas CUs retornen a un estado ocioso.

En el Hub:

5. Realizar una llamada de la VCU del hub a la VCU de la estación remota.
 - Configurar una llamada del hub a la VCU remota. Verificar que la ruta de la llamada se establezca y que la calidad de la voz sea buena.
 - Finalizar la llamada y verificar que ambas CUs retornen a un estado ocioso.

¹ Ver Glosario de términos.

Configuración de un enlace de Datos. El proceso para la configuración de un canal de datos es similar al de la configuración de voz. Pero en este caso se configuran DCUs (unidades de canal de datos) tanto en el Hub como en la estación remota. En el Hub se configura el circuito de datos con la apropiada tasa de transferencia, tipo de modulación, rata FEC, parámetros de Sincronía/Asincronía. Después de creados los perfiles se asignan a las unidades de canal de datos para la creación del enlace de datos.

Topología de la red LAN del sistema de gestión de la red satelital. La información necesaria para realizar la gestión técnica de la red satelital se obtiene de uno de los equipos DEC con procesador VAX que se encuentra en el centro de control de gestión de Bogota. Para obtener la información, es necesario prolongar la LAN existente, la cual consta de dos estaciones de trabajo VAX Digital (control redundante local), 1 bridge que realiza la comunicación con Barranquilla (control geográfico redundante) y 2 servidores DEC que son los componentes que hacen de interfaz entre las estaciones de trabajo VAX y el chasis de control de toda la red, que contiene los canales de control ICC y OCC. La implementación de la red LAN se hace sobre Ethernet, el cual es un medio de comunicación poco costoso y que provee transporte de datos a altas velocidades a distancias de hasta 183 metros.

Tiempo de respuesta

El tiempo transcurrido entre el momento en que la estación central o VSAT recibe una solicitud, y el momento en que la central o VSAT entrega la respuesta al usuario. En una red de datos, el tiempo de respuesta será el tiempo que lleva conseguir los datos de un extremo distante. Para una red de voz, el tiempo de respuesta consistirá en el tiempo de establecimiento de una canal de voz. Cuando se tienen en cuenta el tiempo de respuesta, es importante calcular el tiempo de propagación satelital de viaje de ida y vuelta es 520 milisegundos.

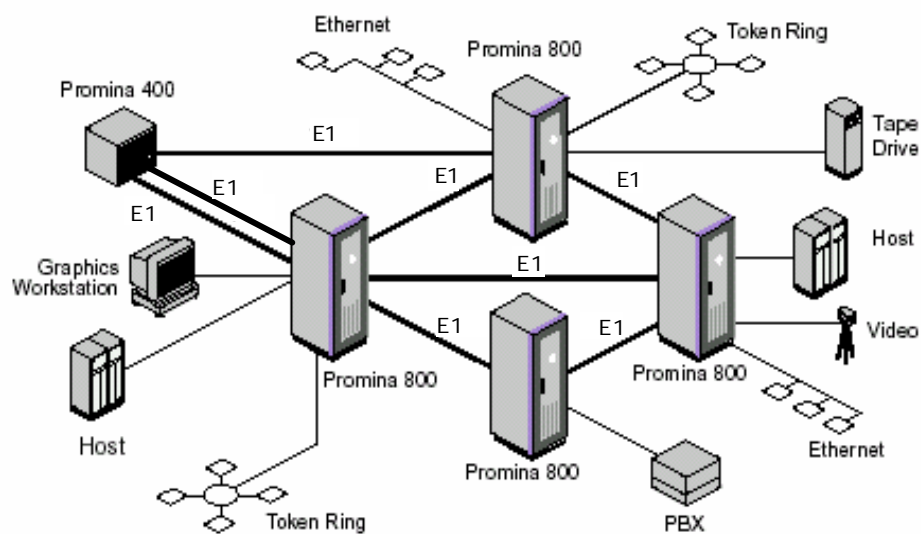
Caudal

Para los usuarios, el caudal representa el tiempo que esperan que tarden sus aplicaciones para lograr una respuesta dada. Mientras que para los proveedores de servicios VSAT, indica la eficiencia de la red. El término "caudal" describe la velocidad de datos procesados por un sistema por segundo. El caudal indica la eficiencia del uso de una portadora. El ideal es tener un caudal del 100% pero, debido a la necesidad de protocolos de acceso múltiple, este 100% nunca se alcanzará. Los valores porcentuales de caudal con protocolos de acceso múltiple indican la velocidad máxima de datos del usuario que puede cursar una portadora entrante, los protocolos por competencia no permiten el control del tiempo de transmisión de ninguna VSAT; por esta razón se selecciona un caudal bajo a propósito, para reducir la probabilidad de colisión y mejorar el desempeño del sistema. Así de esta forma, una portadora entrante de 64Kbps con un 18% de caudal cursa solamente como promedio 11.5 Kbps de datos del usuario. La velocidad real de datos y la velocidad del paquete en la portadora son de 64 Kbps, pero el porcentaje de tiempo que los paquetes de la VSAT utilizan la portadora es de solamente el 18%.

Anexo E. Sistema de Multiplexores Promina

Generalidades De Una Red Promina. Las redes de multiplexores de la serie Promina de Network Equipment Technologies Inc se basan en los modelos Promina 800, Promina 400, Promina 200 y Promina 100. Un esquema general de una red Promina se muestra en la figura 143, en donde se aprecian las salidas de la red hacia otras redes Ethernet, Token Ring, PBX etc.

Figura 143. Esquema de una red Promina.



Documentos internos UAEAC

La topología de la red Promina se basa en nodos y troncales de datos, cada uno de los nodos está conformado por un equipo Promina (modelo 800, 400, 200 ó 100) en donde se gestiona el direccionamiento y procesamiento de los datos los cuales se envían en paquetes de bits por la red. La troncal se refiere al enlace entre dos nodos Promina que como se menciona anteriormente puede ser por vía microonda o satelital.

Las aplicaciones IP soportadas por la red Promina se resumen a continuación:

- ✓ SNMP (Simple Network Management Protocol).
- ✓ FTP (File Transfer Protocol) para transferencia de archivos.
- ✓ NFS (Network File System).
- ✓ Telnet/rlogin.

MODELOS PROMINA UTILIZADOS EN LA RED DE LA UAEAC

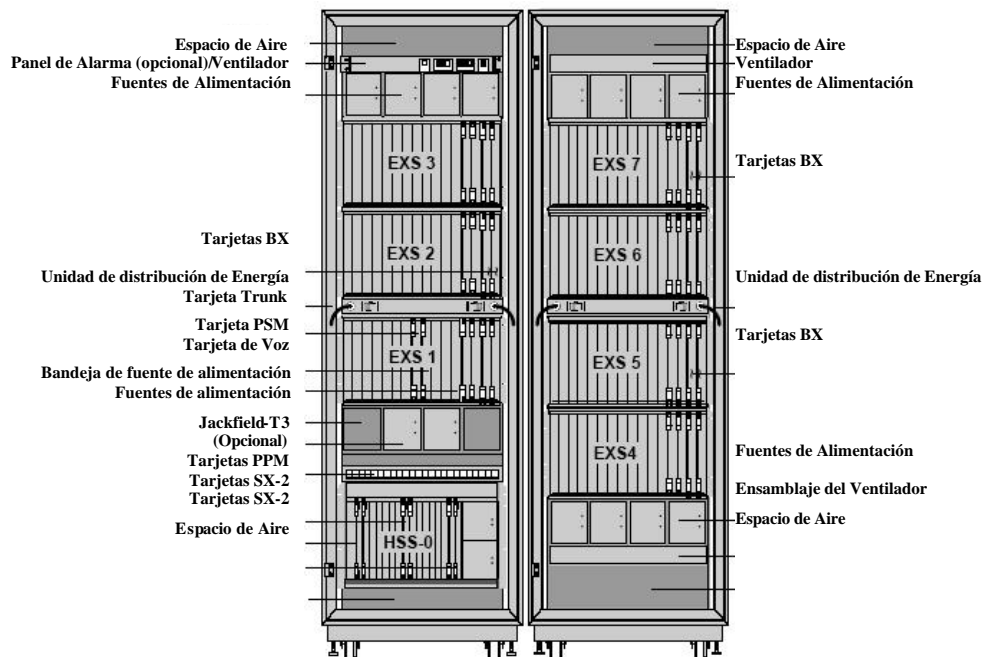
Promina 800. Este modelo está disponible en dos versiones: la versión STS (Shelf estándar de 12 slots) y la versión EXS (Shelf de expansión de 16 slots). La Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil dispone de la versión EXS en todos los nodos que conforman la red a nivel nacional.

Características del PROMINA 800 EXS: Entre las principales características físicas del equipo Promina 800 EXS se encuentran:

- ✓ 16 slots físicos y 16 slots lógicos.
- ✓ Soporta los Módulos¹ BX (Bus Extender), PSM (Promina Server Module), PPM (Promina Processor Module), T3/E3 y SX-2 (Switch Exchange).
- ✓ El Shelf de alta velocidad (HSS-2) tiene 16 slots físicos y lógicos.

En la figura 144 se puede observar el gabinete Promina 800, además se muestran los 8 shelves de expansión y la ubicación de las diferentes tarjetas. La tarjeta BX (Bus Extender) se encarga de conectar el HSS-2 con los otros Shelves.

Figura 144. Gabinete Promina 800 versión EXS.



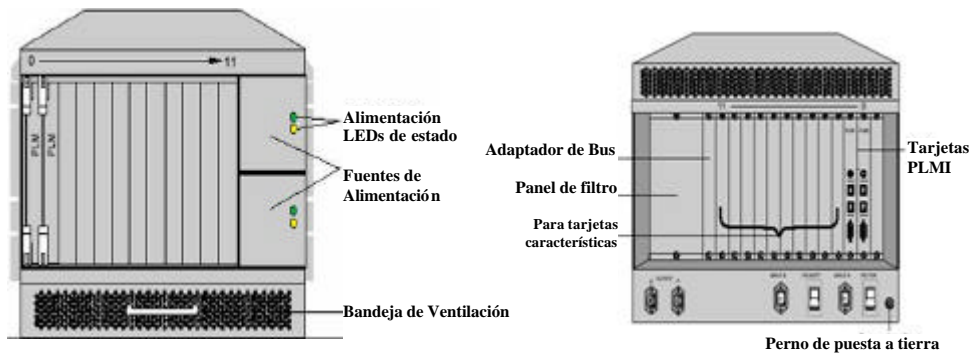
Documentos internos UAEAC

¹ Para detalles de los módulos remitirse a la sección 3.3

Promina 400. El modelo Promina 400 está disponible en dos versiones: La versión Promina 400 Processor Unit, la cual soporta 12 slots y la versión Promina 400 Expansion Unit, que constituye una unidad de expansión de 24 slots. En las figura 145 y 146 se muestran los detalles de los gabinetes Promina 400 en sus dos versiones. Las características generales del Promina 400 son:

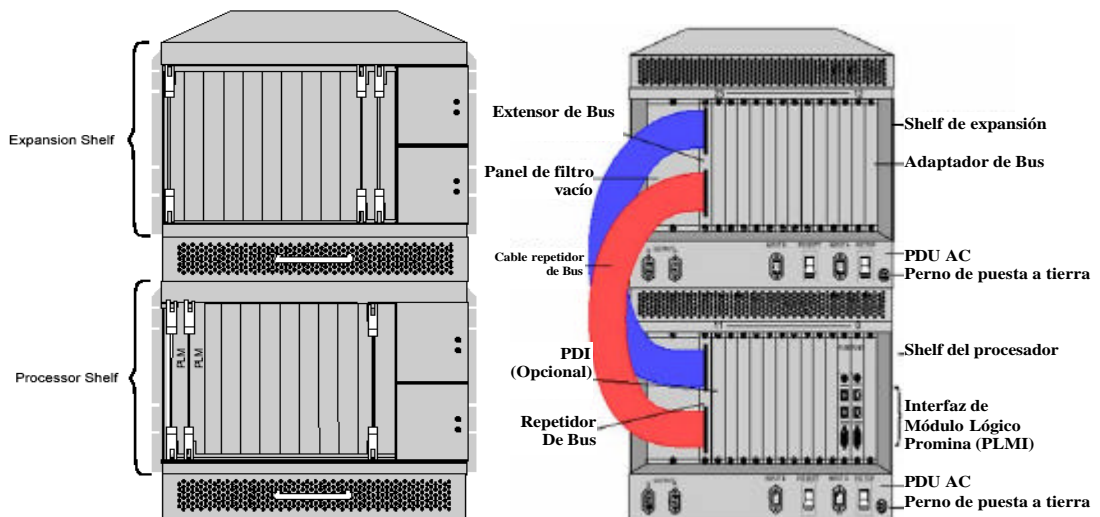
- ✓ La PLM (Promina Logic Module) contiene la unidad de procesamiento.
- ✓ La unidad de expansión se adiciona para proporcionar más slots físicos.
- ✓ El slot 0 es reservado para la PLM en todos los modelos del Promina 400/200.
- ✓ Si el slot 1 no es usado para una PLM de redundancia, cualquier otro tipo de módulo puede usarse en ese slot.

Figura 145. Promina 400 Processor Unit (a) Vista Frontal. (b) Vista Trasera.



Documentos internos UAEAC

Figura 146. Promina 400 Expansion Unit (a) Vista Frontal. (b) Vista Trasera.



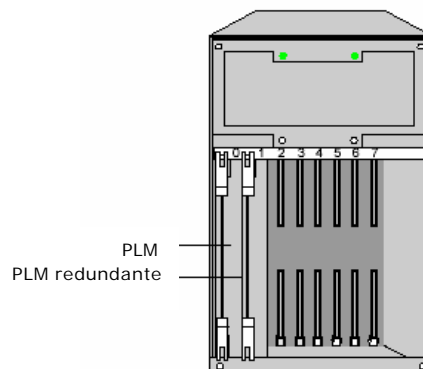
Documentos internos UAEAC

Promina 200. La serie Promina 200 posee las siguientes características:

- ✓ Tanto el módulo PLM como la fuente de alimentación redundantes son opcionales.
- ✓ El slot 0 es reservado para la PLM en todos los modelos del Promina 400/200.

En la figura 147 se muestra la vista posterior del equipo Promina 200 en donde se aprecian los 8 slots disponibles.

Figura 147. Gabinete Promina 200.

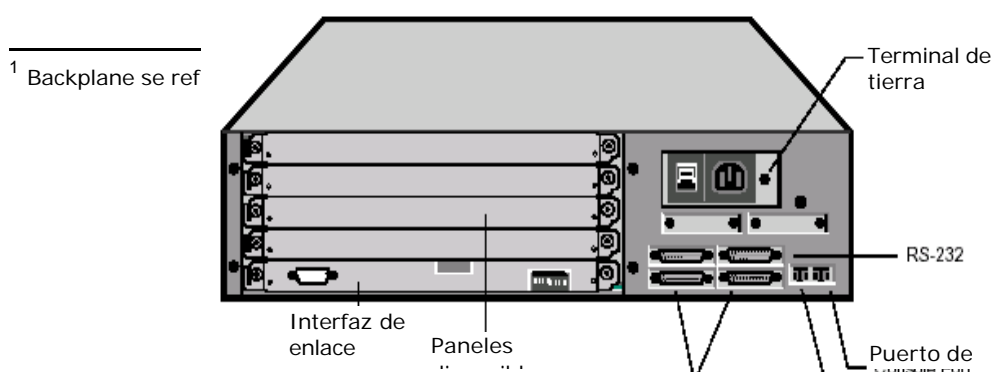


Documentos internos UAEAC

Promina 100. Este modelo está disponible en dos versiones o modelos, soporta como máximo 7 slots de los cuales 4 son físicos y 3 son lógicos. Este modelo se aprecia en las figuras 148 y 149 en su versión 1 y 2 respectivamente. Las Principales características son:

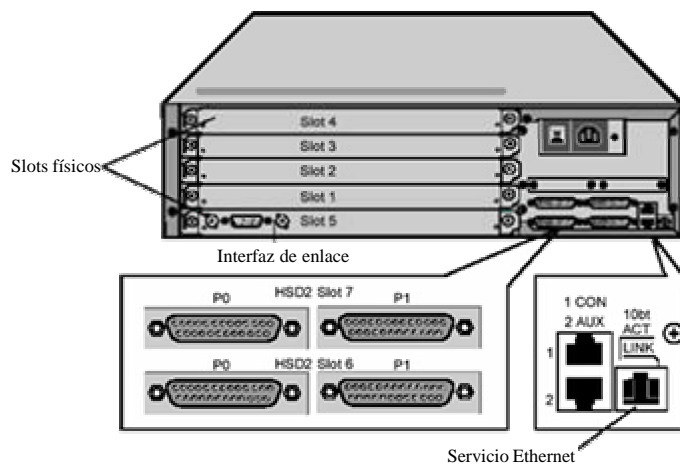
- ✓ El Promina 100 usa un backplane¹ integrado llamado midplane (tablero de circuito).
- ✓ El ancho de banda en el respaldo (midplane) es de 32.768 Mb/s.
- ✓ Como las tarjetas/puertos son instaladas en el nodo, el ancho de banda (T-Bus) es asignado según los requerimientos de las tarjetas/puertos (slots lógicos) hasta que el nodo este cerca de la capacidad (32.768 Mbps).
- ✓ El Promina 100 no puede ser configurado con una PSM (Promina Server Module).
- ✓ El Promina 100 no ofrece redundancia ni en procesamiento ni en fuentes de alimentación y las tarjetas no son insertables en caliente. Para instalar o remover tarjetas es necesario apagar el equipo.

Figura 148. Vista posterior del Promina 100 modelo 1.



Documentos internos UAEAC

Figura 149. Vista posterior del Promina 100 modelo 2.



Documentos internos UAEAC

MÓDULOS DEL SISTEMA PROMINA

Módulos de Procesamiento. El módulo de Procesamiento depende del modelo utilizado. Para la descripción de los módulos de procesamiento de la serie Promina se tienen consideraciones diferentes con respecto al funcionamiento del módulo procesador y por lo tanto para lograr tener un mayor entendimiento cada uno se explica por separado.

- *Módulo PPM (Promina Processor Module).* Este módulo es empleado por la serie Promina 800. El módulo PPM consiste de una tarjeta PPM frontal y una tarjeta PPM de

interfaz. Todos los nodos Promina tienen un agente SNMP¹ (Simple Network Management Protocol) y un Operador de Interfaz (OI) para habilitar la administración del nodo. Las PPMs tienen la infraestructura para soportar requerimientos de comunicación NMS (Network Management Services) entre nodos, lo que permite que toda la red sea gestionada por una única conexión NMS.

La PPM puede ser instalada en cualquier slot del Shelf de alta velocidad HSS-2 (High-Speed Shelf), que no esté reservado para una tarjeta SX-2 que es la que provee el reloj.

Existen dos clases de PPMs: una es asignada como maestro y la otra es asignada como coprocesador. Cuando una PPM maestro reinicia, el nodo completo se reinicia. Cuando una PPM coprocesador reinicia, solamente las tareas en esa PPM se reinician. Las tareas se pueden comunicar entre si independientemente de su localización.

Algunas tareas como las de TBus Manager² y las de Call Controller (controlador de llamada), se ejecutan solamente en la PPM maestra. La PPM maestra se comunica con otros nodos esclavos por medio del sistema PBus/CBus³ y con otros nodos por medio del TBus.

- *Módulo PSM (Promina Server Module)*. En el caso particular de la Aeronáutica Civil la tarjeta PSM va instalada en el slot 29. Esta tarjeta tiene un puerto externo para Ethernet, lo que permite conectarse con el NMS (Network Management Services).

El Promina 800 es un servidor de archivos inteligente de la red, la PSM está instalada en un Promina 800 STS o EXS y es opcional en el Promina 400. Dentro de las funciones de la PSM se encuentran las siguientes:

- ✓ Actúa como un punto central de almacenamiento de datos.
- ✓ Interfaz con el disco duro, conexión Ethernet interna con las tarjetas PPM y PLM, y provee conexión Ethernet externa con una estación de trabajo NMS.
- ✓ Usa un sistema de archivos compatible DOS para el almacenamiento del código del sistema, configuración de la base de datos, registro de eventos y administración de datos de la red.
- ✓ Soporta dos puertos seriales DTE para módem y conectividad terminal estándar, tasa de transmisión en Baudios, programable hasta 38.4 Kbps.

El puerto externo Ethernet conecta a la PSM con la estación de trabajo NMS o una LAN y soporta una rata máxima de bits de 10Mbps. Este puerto autocensa entre el puerto 10Base2 y el puerto 10BaseT. Solamente un tipo de puerto Ethernet puede ser usado, no los dos al tiempo.

¹ Actual estándar para administración de redes.

² TBus Manager o administrador del TBus: bus de transporte usado para llevar los datos en un tiempo real

³ PBus: en un Promina 800 maneja el módulo y el sistema de control que provee la comunicación entre las tarjetas (similar al CBus).

CBUS: (Control Bus) lleva la señalización y controla la información entre los módulos.

- *Módulo SX-2 (Switch Exchange)*. Este módulo es utilizado por la serie Promina 800 la cual tiene dos buses llamados Dominios: "A" y "B". Las tarjetas SX-2 son instaladas en pares:

- ✓ El Dominio A es cableado como una imagen espejo del Dominio B.
- ✓ En la SX-2 los slot 0 y 1 son "paridad" y son agentes del Dominio A y los slots 14 y 15 son "paridad" y agentes del Dominio B.

La SX-2 provee las funciones de reloj y de conmutación para el HSS-2 en un Promina 800. Esto además permite proporcionar ancho de banda adicional a la tarjeta troncal T3/E3¹ para completar las limitaciones del ancho de banda del TBus. Cada tarjeta SX-2 proporciona más de 128 Mbps de ancho de banda conmutados (256 Mbps para dos SX-2). Cuatro shelves proveen 128 Mbps y ocho shelves proveen 256 Mbps de capacidad. Tanto la información de TBus como la de PBus pasa a través de la SX-2.

El Promina 800 contiene dos pares de SX-2 por nodo, para redundancia. Estas tarjetas pueden soportar shelves adicionales y tarjetas troncales T3/E3. Si llega a fallar la SX-2 primaria, la SX-2 que esta en backup entra a funcionar automáticamente.

- *Módulo PLM (Promina Logic Module)*. Este módulo es empleado por la serie Promina 400/200. Entre sus principales características se encuentran:

- ✓ La PLM (Promina Logic Module) contiene la unidad de procesamiento.
- ✓ El slot 0 está reservado para la PLM en todos los modelos del Promina 400/200. Si se desea instalar otra PLM para redundancia ésta debe ser instalada en el slot 1.
- ✓ El módulo de PLM provee la plataforma de procesamiento, el reloj y la conmutación.
- ✓ Las tarjetas PLM son insertables en caliente.
- ✓ Genera todos los sistemas de frecuencia de reloj.
- ✓ Tiene puerto interno Ethernet para la comunicación intranodal con otras PLMs y la PSM.

- *Módulo PLMI (Promina Logic Module Interface)*. La interfaz del módulo Lógico Promina PLMI es empleada por la serie Promina 100 y varía de acuerdo al modelo:

Modelo 1:

La PLMI integra y soporta tres subsistemas en un único circuito montado. Los tres subsistemas son el procesador, las troncales y puerto de datos.

Procesador: El módulo procesador proporciona la plataforma de procesamiento y la matriz de conmutación para el Promina 100. El sincronismo es derivado de una referencia externa. La PLMI no soporta comunicación Ethernet interna o externa, pero en cambio puede utilizar comunicación TCP/IP usando el Protocolo Punto a Punto (PPP) y un Módem.

¹ T3 troncal a 44.736 Mbps; E3 troncal a 34.368 Mbps.

Troncales: El subsistema de troncales del Promina 100 (Modelo 1), soporta una TRK-2 integrada y una de las siguientes interfaces de tarjetas troncales:

- ✓ BEZS
- ✓ CEPT
- ✓ RS-422

Puertos De Datos: El subsistema de puerto de datos soporta una QASD integrada y las siguientes funciones de los puertos:

- ✓ Velocidad Asíncrona por encima de 19.2 Kbps.
- ✓ Velocidad sincrónica por encima de 64 Kbps.
- ✓ Cuatro puertos de datos:
- ✓ Dos interfaces DCE RS-232
- ✓ Dos interfaces DCE RS-530

Modelo 2:

Troncales: El subsistema de troncales del Promina 100 Modelo 2 tiene integrado un modulo de troncal TRK-3, esta interface a baja velocidad facilita soportar servicios de T1/E1 o servicios fraccionados de T1/E1 (dependiendo de la interfaz de la tarjeta.

Velocidad de Interfaz: El modulo TRK-3 transporta una o mas bundles¹ troncales, cada uno contiene una o mas DSOs². Esto lleva a cabo la multiplexación en tiempo real y la sincronización de los bundles, y contiene el control lógico del procesamiento de más de 6 bundles troncales propietarios.

Puerto de Datos: En modelo 2 del Promina 100 las tarjetas de datos High Speed Synchronous Data-2 (HSD-2A) pueden soportar las siguientes características:

- ✓ Transmision y recepción cronometradas.
- ✓ Velocidad de puertos adicional, puede soportar velocidad de datos por encima de 2.048 Mbps.
- ✓ En modo nativo, los puertos HSD-2 pueden soportar velocidad de datos por encima de 1.344 Mbps en formato Nx56 kbps (N = 1 a 64) y de 2.048 Mbps en formato Nx64 kbps (N = 1 a 64).

Módulos de Datos. Un módulo de datos es la combinación de una tarjeta de datos y una tarjeta de interfaz compatible. Las tarjetas de datos soportan una variedad de aplicaciones y velocidades de transmisión. Para implementar varios estándares de señalización las tarjetas de interfaz pueden conectar un rango amplio de equipos de clientes a un nodo Promina.

Todos los módulos de datos del Promina tienen las siguientes características:

- ✓ Capacidad de Originar y Responder.

¹ Bundle es un término que describe un grupo de time slots de 64 kbps en un medio T1/T3; es soportado en los módulos TKR-3

² DSO – Digital Signal level 0 (64 kbps)

- ✓ Información del estado del puerto.
- ✓ Protocolos de señales de origen y de destino.
- ✓ Opciones de Encriptación, satélite/terrestre y enrutamiento por fibra.
- ✓ Eventos de señales.

• *Módulo HSD-2 (High-Speed Synchronous Data 2)*. Las características básicas que soporta un módulo de datos HSD-2 son:

- ✓ Temporización en la transmisión y recepción.
- ✓ Velocidades del puerto adicionales, incluyendo el soporte de transmisión de datos de hasta 2.048 Mbps.
- ✓ Datos canalizados en el formato Nx56/64 Kbps (N=1 a 64).
- ✓ Programación de un Loop local o remoto por medio del switch de la tarjeta o por medio del OI (Operator Interface).
- ✓ Interfaz DCE RS-530 dual y velocidad de transmisión de datos de 1.2 Kbps a 1.544 Mbps.
- ✓ En modo nativo, los puertos HSD-2 pueden soportar tasas de transmisión de datos de hasta 1.344 Mbps en el formato Nx56, y tasas de transmisión de datos de hasta 2.048 Mbps en el formato Nx64.

• *Módulo QASD (Quad Asynchronous/Synchronous Data)*. El módulo QASD soporta las siguientes características:

- ✓ Velocidades de puerto adicionales.
- ✓ Capacidad asíncrona y sincrónica para los cuatro puertos, cuando se configura la Interfaz DCE/DTE en las tarjetas.
- ✓ Transmisión asíncrona de datos, de 75 bps a 19.2Kbps en cualquiera de los cuatro puertos.
- ✓ Velocidades de puerto sincrónicas de 12, 12.8, 16.8, 24, 57.6 y 64 Kbps.

Interfaz RS-232 DTE/DCE: Las tarjetas usadas en el nodo Promina de interfaz RS -232 entre el DCE y DTE se usan para convertir las señales TTL (transistor-to-transistor logic) al estándar EIA¹ RS-232, estas señales son usadas por los usuarios de equipos de datos.

La interfaz RS-232 DTE/DCE de las tarjetas QASD tienen cuatro puertos RS-232.

Interfaz V.35 DTE/DCE: La interfaz V.35 de la tarjeta QASD esta instalada en todos los sistemas Promina. La interfaz V.35 está recubierta por un escudo de metal para reducir las emisiones electromagnéticas.

Módulos de Voz. Los módulos de servicios de voz contribuyen a mejorar la eficiencia de las llamadas por medio de mecanismos de compresión, lo que proporciona un aumento en el número de llamadas que se pueden cursar en una troncal. Sin compresión una llamada requiere 64 kbps de ancho de banda, pero con un algoritmo de compresión es posible reducir el ancho de banda a 8 kbps para algunas llamadas.

¹ EIA – Electronic Industries Alliance; Asociación de industrias internacional mejor conocida por publicar artículos sobre electricidad y estándares de transmisión

Las tarjetas de voz reciben las llamadas desde el puerto de las tarjetas de voz en formato PCM¹ de 64 kbps. Estas llamadas son comprimidas y luego enviadas a la tarjeta troncal para ser transmitidas, cuando la llamada comprimida es recibida en el nodo destino, la señal comprimida es analizada y posteriormente se reconstruye la señal original.

Las tarjetas de voz de Promina y la combinación de sus componentes crean una aplicación de compresión de voz en el sistema. Los puertos de las tarjetas de voz proporcionan y administran las llamadas entrantes y salientes de la red. Estos sirven como interfaz entre los equipos de comunicaciones de voz externos y el resto de la red.

Un sistema de compresión de voz típico está integrado por los siguientes elementos:

- ✓ Puerto de la tarjeta de voz.
- ✓ TMCP (Two-Megabit Channelized Port).
- ✓ PVA/C (PrimeVoice Analog [con compresión])
- ✓ Tarjeta de compresión de voz (no necesariamente con una PVA/C)
- ✓ Cancelador de Eco.
- ✓ PVEC (PrimeVoice Echo Canceller card).
- ✓ ECHOX (Tarjeta canceladora de eco)

Condiciones que se deben tener en cuenta sobre los elementos que componen el sistema de compresión:

- ✓ La tarjeta ECHOX o PVEC se debe instalar solamente en el nodo destino.
- ✓ La tarjeta de compresión de voz puede estar localizada en dos sitios:
 1. Una en el lado del extremo originador usada para la compresión.
 2. Una en el lado del extremo de destino usada para la descompresión.

Interfaces de Voz:

- ✓ FXS²: Esta interfaz "simula" una línea urbana, a la que se puede conectar un teléfono analógico. También es posible conectar un puerto de línea urbana de una PBX.
- ✓ FXO³: Esta interfaz "simula" un teléfono, a la que se puede conectar una línea urbana. También es posible conectar un puerto de interno de una PBX.
- ✓ E&M: Esta interfaz se conecta a PBX, con señalización E&M⁴

¹ PCM – Pulse Code Modulation. Codifica la forma de onda con una precisión de N bits por muestra. Se trata de la codificación básica de la telefonía pública a 64 kbps

² El FXS (Foreign Exchange Station - Estación de intercambio remota) es una interfaz que controla al teléfono. A los interfaces FXS se conectan teléfonos, proporcionan carga y proporcionan el ringring. Los interfaces FXS son provistos de señalización FXO.

³ El FXO (Foreign Exchange Office - Oficina de intercambio remota) es una interfaz que se conecta a la línea telefónica. Proporcionan a una Centralita acceso a la red de telefonía pública. Los interfaces FXO utilizan señalización FXS.

⁴ Señalización E&M.- Sistema de transmisión de voz que utiliza caminos separados para la señalización y las señales de voz. El hilo "M" (mouth) transmite señales al extremo del circuito, mientras que el "E" (ear) recibe las señales entrantes. Cuando se dice que un enlace usa E&M a seis hilos es porque se tienen dos hilos para transmisión, 2 hilos para recepción, uno para E y otro para M. Un E&M a dos hilos usa uno para transmisión, el mismo para recepción y otro para E y también para M. El primero se conoce como Full Duplex, el segundo se llama Half Duplex.

✓ T1 / E1: Esta interfaz provee canales telefónicos a través enlaces digitales T1 (24 canales) o E1 (32 canales), típicamente con señalización CAS (Channel Associated Signaling) o ISDN PRI.

- *Two-Megabit Channelized Port (TMCP)*. El módulo TMCP es un canal de voz que opera con una velocidad de transmisión de 2,048 Mbps. La TMCP soporta PBX digital, Oficina Central o Banco de canales. A través del OI, el módulo TMCP puede soportar protocolos de conversión de las llamadas hacia destinos internacionales.

Puertos TMCP

La TMCP tiene 62 puertos (0 a 63, con el 0 y el 32 inválidos). Los puertos 16 y 48 son válidos para la tarjeta TMCP si el modo está instalado el Tlink. En el modo Tlink los puertos 16 y 48 pueden ser configurados como permanentes si la compresión no está habilitada y el parámetro de No Signals esta fijado como True.

Señalización de la TMCP: El módulo TMCP soporta el estándar de canal asociado (CAS) bit A y bit B basados en la norma G.704 y sistemas de señalización de mensajes orientados, para el modo Tlink. Por lo tanto se puede realizar una conexión con el módulo servidor DBO y el módulo de datos HSD-2.

Módulos de voz redundantes

Se puede configurar un módulo de voz TMCP para proporcionar un sistema redundante 1:1 instalando y cableando una segunda tarjeta de voz del mismo tipo. El cambio a la tarjeta redundante ocurre en un digrupos¹ base. El usuario no tiene que configurar el cambio de tarjeta a través del OI, en caso de que la tarjeta principal falle. Sin embargo, sí es necesario utilizar el OI para activar la tarjeta redundante y específicamente el número del slot que usa ésta tarjeta. El fallo de un digrupos causa que el otro digrupos se active. El digrupos inactivo mantiene una condición de loop-in en la interfaz de línea. Las tareas del digrupos inactivo permanecen, y se hace una prueba periódica del hardware. Cuando una tarjeta en un par redundante es modificada, la tarjeta en línea o la de redundancia debe ser deshabilitada y, luego, activada de nuevo para que cargue de la base de datos la configuración tanto del puerto como de la tarjeta.

Características:

- Soporta dos señales de entrada, cada una provee una interface bipolar de señal.
- Cada conector soporta un digrupos o 32 timeslots.
- Dos de los 32 timeslots son usados para señalización, sincronización y comprobación de error.
- Cada tarjeta soporta un total de 60 canales o puertos de voz.

- *PrimeVoice Analog con Compression (PVA/C)*. Tanto el módulo de voz PVA y PVA/C proporcionan cancelación de eco, interfaz CBus/TBus y la funcionalidad de

¹ Digrupos e n la jerarquía europea soporta 15 canales del PCM de 64 Kbps o su equivalente en otros servicios. Dos digrupos soportan 30 canales de voz o su equivalente en otros servicios para 2.048 Mbps.

detección y generación de tono. La mayor diferencia entre los dos tipos de tarjetas es que la PVA/C lleva a cabo la compresión de voz usando algoritmos PrimeVoice Plus¹.

Con excepción de la compresión de voz, la PVA y la PVA/C son tarjetas idénticas y proveen las funciones de cancelación de eco, cuatro puertos por interfaz, soporta niveles de compresión de acuerdo a la ley A y agente SNMP para soportar la administración de la red. La conversión A/D y D/A, señalización y otras aplicaciones características de la voz son implementadas en varias interfaces de la tarjeta trasera de la PVA/C.

- *PrimeVoice Analog sin compresión (PVA)*. Las características de esta tarjeta son similares a las de la PVA/C. Tanto la tarjeta PVA como la PVAC proveen:
 - ✓ Cuatro (4) puertos por interfaz.
 - ✓ Cancelación de eco.
 - ✓ Compresión de voz en la PVAC.
 - ✓ Agente SNMP para soportar la administración de la red.
 - ✓ La PVA/C soporta los siguientes módulos traseros:
 - Foreign Exchange Unit, Office End (FXO).
 - Foreign Exchange Unit, Station End (FXS).
 - Two/Four Wire (2/4W) Earth and Magnet (E&M).

Módulos Troncales. Los nodos del Promina están conectados entre si por medio de un módulo troncal (Una troncal es un recurso físico de ancho de banda, interconectando dos nodos). Estos módulos son puntos por medio de los cuales una llamada (voz o datos) sale del nodo e ingresa a la red, o llega desde un nodo a la red. Los módulos troncales soportan un número de facilidades de transmisión tales como T1, E1, T1 fraccionado, T3, E3, y conmutación a 56K y 64K.

Los módulos troncales proporcionan funciones de procesamiento para un nodo específico y además permiten tener controles de fiabilidad y eficiencia. Estos módulos troncales constan de los siguientes componentes:

- ✓ Una tarjeta frontal que contiene el firmware asociado con las funciones específicas de procesamiento del módulo.
- ✓ Una tarjeta trasera que proporciona la conexión física entre el nodo y otra troncal de un equipo externo.

Tanto la tarjeta frontal como la tarjeta trasera están conectadas a través del backplane. Las conexiones entre los nodos por medio de módulos troncales se llaman enlaces y para cada nodo que hace parte del enlace existe una configuración de su nodo vecino específico.

Los módulos troncales (excepto la tarjeta TRK-3) pueden instalarse como redundantes o no redundantes. En caso de que exista redundancia, las dos tarjetas se habilitan y se activan, pero solo una de ellas esta en línea, la otra tarjeta permanece ociosa y en el momento que se presente una falla la tarjeta entra a trabajar.

¹ PrimeVoice Plus provee un alto grado de compresión de voz con calidad de 8 kbps y 9.6 kbps basado en el estándar ITU-TG.729

- *Tarjeta Troncal TRK-3.* La interfaz del modulo troncal TRK-3 facilita el soporte del servicio T1/E1 completo y servicio del T1/E1 fraccionados (dependiendo de la interfaz de la tarjeta).

El modulo TRK-3 lleva uno o mas bundles troncales, cada uno contiene 1 o mas DS0s. Esta realiza multiplexación en tiempo real, sincronización de los bundles y contiene la lógica para controlar y procesar mas de 6 bundles troncales propietarios.

Tipos De Bundles:

Los bundles soportados por el modulo TRK-3 son los siguientes:

- ✓ Propietario.
- ✓ Propietario TMCP.
- ✓ Clear channel port.

Aplicaciones especiales de los módulos troncales

- ✓ Tarjeta troncal TRK-3(44.736 Mbps)
- ✓ Existe un limite de 4 T3s por nodo Promina, esto se debe al ancho de banda permitido por el TBus.
- ✓ En el modo de alta eficiencia (HE) la TRK-3 soporta hasta 52 circuitos de 1.2 Kbps por DS0.
- ✓ El modo HE soporta ratas de transmisión de datos que sean múltiplos de 1.2 Kbps o 8 Kbps. Siendo 1.2 Kbps la mínima velocidad soportada.

- *Tarjeta Troncal E3 (34.368Mbps).* El Módulo Troncal E3 está diseñado específicamente para el HSS-2 (Shelf de Alta Velocidad) en el Promina 800. El ancho de Banda del TBus no se obtiene del backplane, sino de la conexión a un único puerto de la tarjeta SX-2.

El Módulo Troncal E3 controla el empaquetamiento y trabaja junto con el Módulo de Procesamiento (PPM) para controlar la distribución y asignación del ancho de banda. Este módulo proporciona:

- ✓ Multiplexación en tiempo real.
- ✓ Sincronismo.
- ✓ Alarmas Roja, Amarilla y Azul.
- ✓ Paquetes E3 basados en la recomendación G.751 de la CCITT.

- *Tarjeta Trocal TRK-2.* El modulo Troncal TRK-2 soporta la troncal T1 a 1.544 Mbps usando la tarjeta interfaz trasera BEZS (Bandwidth Efficient Zero Suppression). Esta permite multiplexación y sincronización en tiempo real y contiene el control lógico de asignación de los canales de la troncal.

La Troncal TRK-2 soporta otras interfaces traseras para diferentes aplicaciones. Esta tarjeta Troncal permite una rata de transferencia máxima de 2,048 Mbps. Usa la tarjeta CEPT como interfaz con la microondas.

Anexo F. Sistemas de Comunicaciones VHF-ER

El estudio de las comunicaciones de voz aire-tierra de VHF de alcance extendido (VHF-ER) constituye un aspecto primordial para las comunicaciones entre aeronaves y los centros de control. Por este motivo, la Aeronáutica Civil debe mantener un completo control sobre este sistema de comunicaciones para garantizar la calidad del servicio del mismo. Para cumplir este objetivo, se vio la necesidad, en primera instancia, de realizar una documentación de los fundamentos de este sistema de comunicaciones para luego introducirse en el sistema empleado por la UAEAC, ya que no se disponía de una documentación de este tipo que es base para el estudio de propuestas y mejoras al sistema VHF -ER.

La finalidad más importante del sistema de comunicaciones VHF-ER consiste en asegurar la buena cobertura de señal para las rutas aéreas tanto en niveles inferiores como niveles superiores de vuelo. Debido a la difícil tarea de comprobación de estas coberturas para todas las frecuencias de operación a lo largo de todo el territorio nacional, la UAEAC buscó establecer sus propios métodos que condujo a la utilización de un sistema de planeación de coberturas basado en la simulación con herramientas computacionales como el caso de Pathloss 4.0 y Radiomobile 7.0, permitiendo de una manera empírica, conocer el comportamiento en términos de cobertura de la señal propagada por las distintas estaciones base en tierra que conforman el sistema de alcance extendido.

Las características de propagación de las frecuencias VHF son ideales para comunicaciones terrestres de corta distancia, con un rango algo más que la línea de vista desde el transmisor (de 15 a 20 km). A diferencia de las ondas de alta frecuencia (HF), la ionosfera usualmente no refleja las ondas VHF y por lo tanto las transmisiones se restringen a un área local (y no interfieren con transmisiones a miles de kilómetros de distancia). La frecuencia VHF es menos afectada por el ruido atmosférico y la interferencia de equipos eléctricos que frecuencias más bajas. Aunque VHF es bloqueado más fácilmente por las características del terreno que HF y frecuencias inferiores, es menos afectado por edificios y otros objetos menos substanciales que frecuencias superiores.

La banda de frecuencias de las comunicaciones aeronáuticas VHF (Very High Frequency) yace entre los 108.000MHz y 136.975MHz. (Una reciente expansión de la banda aeronáutica ha tomado el límite superior de 135.975 a 136.975MHz pero aún no todos los radios de las aeronaves o receptores locales están en la capacidad de sintonizar este espectro expandido). Este espectro de frecuencia se puede dividir en un rango superior e inferior. El rango inferior entre 108.000MHz y 117.975 MHz se usa primariamente para ayudas a la navegación tales como ILS (Instrument Landing System), DME (Distance Measuring Equipment) y VORs (Very High Frequency Omni range). El rango inferior ofrece muy poco en comunicaciones de voz, sin embargo le proporciona a quien trabaje con código Morse la oportunidad de identificar varias balizas. El rango superior de la banda aeronáutica 118.000 MHz a 136.975 MHz es donde la mayoría de las comunicaciones de voz se pueden monitorear. Las comunicaciones en la banda VHF se transmiten en modo AM. Las frecuencias en el

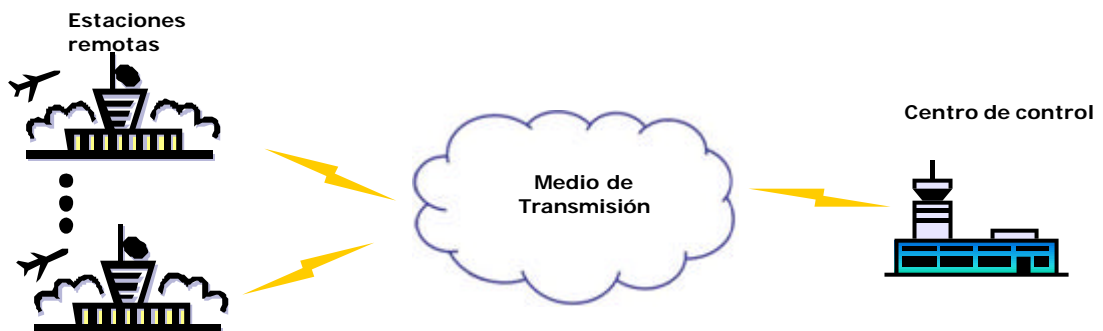
rango aeronáutico están espaciadas en incrementos de 25kHz, así, se encuentran transmisiones de 118.000, 118.025, 118.050 MHz etc.

COMPONENTES DEL SISTEMA DE VHF-ER

Como se ilustra en la figura 150, un sistema de VHF alcance extendido esta compuesto por un grupo de estaciones remotas y un centro de control para la operación y monitoreo del sistema. El medio de transmisión usado para la comunicación entre el centro de control y las estaciones remotas es la red de microonda y/o la satelital.

El sistema de comunicación de VHF-ER consta de equipos transmisores, receptores, en configuración (1+1) RSE (Remote Site Equipment) y antenas, ubicados en las estaciones remotas y los equipos MARC (Control Remote Access Monitoring) ubicados en la sala técnica o centro de control respectivo.

Figura 150. Esquema general del sistema VHF-ER



Adaptación de los autores

Comunicaciones tierra/aire/tierra. Cuando el controlador aéreo desea transmitir un mensaje a la aeronave, usa su equipo de radio y activa la señal PTT (Push to Talk), esta señal automáticamente activa los transmisores de las estaciones remotas para la transmisión del mensaje en la modalidad de portadora desplazada. La señal de audio del controlador aéreo es codificada por PCM y por medio de modulación QPSK es multiplexada y transmitida vía microonda y/o satelital a las estaciones remotas donde se emplea el sistema de portadora desplazada. En las estaciones remotas se recupera la señal de audio del controlador y se modula en AM para la comunicación con la aeronave. En el centro de control hay equipos retardadores que se encargan de que todas las estaciones remotas transmitan en el mismo instante de tiempo.

Cuando la aeronave desea comunicarse con el controlador aéreo, su audio se modula en amplitud (AM). En las estaciones remotas donde hay cobertura para la aeronave, se activa la señal de silenciamiento que activa los receptores de dichas estaciones remotas. El audio en las estaciones remotas se codifica por PCM y por medio de modulación QPSK es multiplexada y transmitida vía microonda o satelital al centro de control. El equipo Voting escoge la mejor señal de audio entre las estaciones remotas

que presentan señal de silenciamiento. La mejor señal de audio finalmente se pasa al controlador aéreo.

Equipo usado en las estaciones remotas.

- *Configuración del sitio.* Las estaciones remotas son configuradas con dos canales, el principal y el de reserva. Cada canal tiene dos transmisores y dos receptores. Una antena se provee para cada canal con protección contra rayos.
- *Rack.* El Rack es un gabinete diseñado para ubicar los transmisores y receptores. Además posee una unidad RSE2, para seleccionar el radio que será conectado al sistema MARC (sistema de monitoreo). El Rack posee la instalación eléctrica para la alimentación de los diferentes equipos.
- *Transmisores.* Los transmisores son tipo PAS (los usados actualmente son los PAE¹ 5000 y PAS² T6) de 50W. Estos transmisores multimodo de VHF son compatibles con los modos de modulación análoga AM y digital 8PSK. La modulación empleada para la comunicación entre aeronaves y las estaciones remotas es AM. Los transmisores producen una salida de 50 W que puede ser reducida en pasos de 1 ó 5 W. Los transmisores operan en un rango de frecuencias de 118-136.975 MHz y poseen una característica multicanal que permite almacenar y renombrar un máximo de 100 canales.

Estos son equipos muy modernos de estado sólido, con excitadores de alta precisión incorporados, los cuales pueden ajustarse para la operación con portadora "offset", para su uso en aplicaciones de cubrimiento de área con múltiples transmisores.

En los transmisores, la designación de los canales y todas las operaciones fijadas pueden ser seleccionadas desde el panel frontal o a través de un compatible sistema de datos y control tal como el control remoto de múltiple acceso PAE (MARC).

- *Receptores.* Los receptores son tipo PAS (actualmente se usa PAE 5000 y PAS T6) de 50W. Estos receptores multimodo de VHF son compatibles con los modos de modulación análoga AM y digital 8PSK. Los receptores tienen una máxima entrada de RF de 5 Vrms ó de 15 Vrms pero por 20 segundos. Los receptores operan en un rango de frecuencias de 118-136.975 MHz y poseen una característica multicanal que permite almacenar y renombrar un máximo de 100 canales.

En los receptores, la designación de los canales y todas las operaciones fijadas pueden ser seleccionadas desde el panel frontal o a través de un compatible sistema de datos y control tal como el control remoto de múltiple acceso PAE (MARC).

¹ Park Air Electronics

² Park Air System.

Son diseño moderno y especialmente adecuado para funcionar dentro de un mismo sitio con los transmisores. La construcción incluye un blindaje muy efectivo de las secciones de RF e IF del receptor. Esto evita el que se capten directamente las interferencias irradiadas.

- *RSE2*. Esta unidad puede operar como un controlador autónomo del equipo principal y el de reserva o, como en este caso, formar parte del sistema de control remoto de acceso múltiple (MARC).

EL RSE2 provee la interfaz de datos serial RS-422 entre los equipos de radio y el sistema MARC. Un RSE2 puede controlar un máximo de 8 equipos de radio Park Air y se pueden conectar en serie hasta 4 RSE2 para controlar 32 radios.

El RSE2 permite al sistema MARC acceder al control individual de radios y ajustar la alimentación, modulación, fijar niveles etc.

Adicionalmente, el RSE2 selecciona entre las líneas de audio de los radios principal y los de reserva en caso de que un radio falle. El cambio de radio se puede seleccionar desde el panel frontal del RSE2 o desde el sistema MARC. El cambio puede fijarse también para que se realice automático en cualquier caso, es decir, el RSE2 detecta el fallo del radio, lo cambia e informa al sistema MARC.

- *Filtros de cavidad resonante y aisladores de ferrita*. Evitan interferencias debido a la intermodulación de los canales en uso, proximidades entre transmisores y receptores, y canales con separación mínima. Los aisladores de ferrita son incluidos en el circuito transmisor de la antena como protección contra la generación de potencial debida a los productos de intermodulación.

- *Protección contra rayos*. Para la protección de los radios de los efectos de los pulsos electromagnéticos causados por rayos, un detector de sobrecargas es conectado en el cable alimentador de la antena. Un detector de sobrecargas se compone de: un adaptador bulkhead y una cápsula llena de gas que se atornilla al adaptador. La antena será conectada al final del detector que contiene la cápsula y en el otro extremo se conecta el circuito de radio.

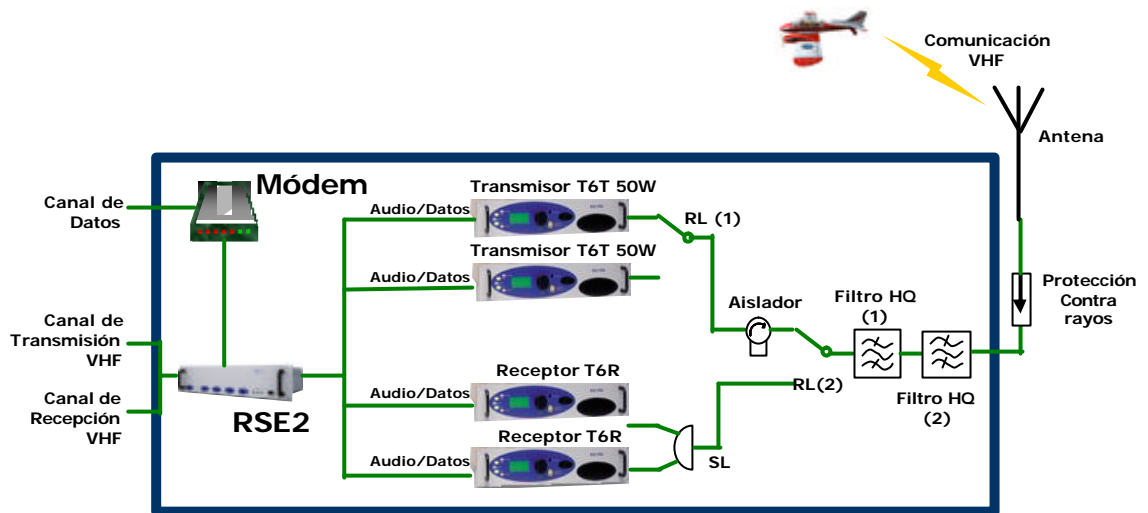
- *TORRES DE LAS ANTENAS*: Cada torre se equipa con protección para rayos instalada en el punto más alto de la estructura y conectada a tierra y un sistema de tierra.

- *CABLE ALIMENTADOR COAXIAL DE RF*: Presenta características de conductor externo corrugado anularmente sólido y conductor interno sólido lo que permite excelentes características de atenuación y mayor protección que cables trenzados.

- *ANTENAS PAE*: Hay varias clases de antenas como un dipolo alimentado en un extremo envuelto en fibra de vidrio y que tiene un patrón de radiación omnidireccional en el plano horizontal. También hay antenas formadas por cuatro dipolos tipo SM.4 doblados en hilera sobre un mástil de aluminio con un patrón omnidireccional.

En la figura 151, se muestra la interconexión de los equipos de la estación remota nombrados anteriormente. Esta configuración es la que se emplea para una sola frecuencia en una estación remota. Para la transmisión se emplea un solo transmisor, pero en la recepción se emplean los dos receptores, el principal y el de reserva.

Figura 151. Modelo del equipo utilizado en la estación remota de VHF



Adaptación de los autores

Equipo en el centro de control. En cada centro de control se encuentra una consola MARC, un equipo para la selección de receptores, un circuito de retardo.

- *CCE.* Es una consola del operador MARC que comprende una estación de trabajo bajo ambiente Windows (NT), cargada con el software del configurador y las aplicaciones MARC. Además contiene un monitor, una unidad drive de backup, interfaz para redes LAN, tarjetas de sonido y parlantes para sonidos de alarmas.

El PC MARC provee la interfaz de usuario, en este PC se presenta la información del estado de todos los equipos en las estaciones remotas. Las diferentes informaciones visualizadas en el PC, en el despliegue total del sistema, pueden ser fraccionadas para mostrar cada estación independiente, o hasta cada equipo individual.

Cualquier problema en estos sitios es indicado sobre la pantalla por medio de una señalización de color rojo. Desde esta pantalla los sitios pueden ser seleccionados y examinados. Cuando un sitio es seleccionado, es presentada una ilustración de todos los equipos de radios principales y de reserva de ese sitio. Desde esta pantalla, el switch de principal o reserva puede ser manualmente controlado. Seleccionando un equipo individual se puede examinar detalladamente datos y cambiar parámetros.

- *MRE.* Es una unidad equipada con 8 puertos seriales RS232, para distribuir los mensajes desde la CCE hacia las unidades RSE instaladas en los sitios remotos y viceversa (Ver Figura 51), y/o para la conexión entre centros de control.

El MRE se comunica por RS232 con el PC MARC, si este se encuentra en el mismo cuarto. Si el PC esta en un sitio distante se usa el RS422 o MODEM. Los datos MARC desde el MRE se enrutan vía MODEM a los sitios remotos.

- *Equipo para la selección de receptores (voting equipment).* Cuando se emplea un sistema con la tecnología de portadora desplazada se requiere de un equipo Voting. Para cada frecuencia operada por el sistema "offset" desde el centro de control, el audio recibido se enrutan hacia este equipo. La relación señal/ruido (S/N) de todas las señales recibidas, se comparan, y la señal recibida con el nivel mas alto y la mejor relación S/N pasa al equipo del usuario. La selección de la mejor señal se efectúa normalmente en 140 milisegundos, antes de que el audio mezclado de todas las procedencias pase al usuario.

- *Unidad de retardo.* Una unidad de retardo es requerida en las trayectorias de audio de los sitios remotos para igualar la diferencia de retardos de las líneas de transmisión entre el centro de control y los sitios remotos durante la transmisión y recepción en el sistema de portadora desplazada.

Por ejemplo, cuando las estaciones remotas están conectadas al centro de control a través de un satélite geoestacionario, habrá un retardo de 0.25 segundos aproximadamente en las señales de audio. Esto se debe a la longitud del trayecto que deben recorrer, tierra/satélite/tierra, de cerca de 70000 kilómetros.

Cualesquiera canales que empleen portadora "offset" tendrán retardos diferenciales entre los transmisores conectados a través de líneas físicas y enlaces microondas con el centro de control, y los transmisores enlazados vía satélite. Por consiguiente se incluyen circuitos compensatorios de retardo en los circuitos de audio, en aquellos donde existan enlaces directos entre los centros de control y las estaciones remotas.

Estos circuitos son necesarios para evitar el efecto de eco que de otro modo se presentaría en un receptor de un avión localizado a media distancia entre un transmisor conectado directamente vía terrestre y otro conectado vía satélite.

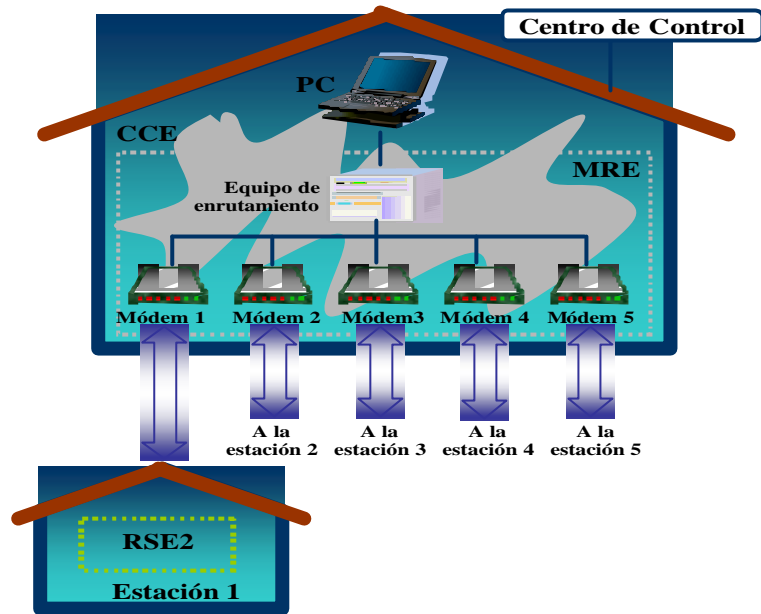
En forma similar, los retardos en el audio también se incluyen en los circuitos de los receptores, para evitar los efectos del eco en las posiciones ATCC (Centro de control de tránsito aéreo).

- *Combinador de línea.* La unidad combinador de línea es un combinador activo el cual en este caso combina el audio transmitido del VCCS y luego envía la misma señal a las estaciones remotas que tenga a cargo el centro de control.

En la figura 152, se muestra un esquema global del sistema MARC. Esta figura resalta como el MRE monitorea cada estación remota a través del equipo de enrutamiento y los módem.

Para resaltar el sistema de monitoreo, en la figura 152 se omite la unidad Voting para seleccionar la mejor señal en el centro de control y la comunicación del MRE con otros centros de control.

Figura 152. Equipo en el centro de control de VHF



Adaptación de los autores

Anexo G. Red de Comunicación de voz ATS

ANTECEDENTES DEL SISTEMA ATS

En octubre de 1945, el Departamento de reglamento del aire y control de tránsito aéreo (RAC) hizo recomendaciones en su Primera Conferencia para el establecimiento de normas, métodos y procedimientos para el control de tránsito aéreo. El Comité de Aeronavegación, que entonces existía, las examinó y el Consejo las aprobó el 25 de febrero de 1946. Se publicaron bajo el título "Recomendaciones para el establecimiento de normas, métodos y procedimientos - Control del Tráfico Aéreo" en la segunda parte del Doc 2010 publicado en febrero de 1946.

El Departamento RAC, en su Segunda Conferencia celebrada en diciembre de 1946 - enero de 1947, examinó el Doc 2010 y propuso normas y métodos recomendados para el control del tránsito aéreo. Sin embargo, se estimó que no era posible completar esas normas antes de que el Departamento RAC estableciera principios básicos para la organización de los servicios correspondientes.

En su Tercera Conferencia de abril mayo de 1948, el departamento RAC estableció esos principios y luego se sometió a los Estados un proyecto de Anexo. Este se adoptó por el Consejo el 18 de mayo de 1950 de conformidad con el Artículo 37 del Convenio sobre Aviación Civil Internacional (Chicago, 1944), designándolo como Anexo 11 del Convenio con el título "Normas y Métodos Recomendados Internacionales - Servicios de Tránsito Aéreo". Surtió efecto a partir del 1 de octubre de 1950. Se prefirió el nuevo título Servicios de Tránsito Aéreo - al título anterior Control del Tráfico Aéreo, con el fin de aclarar que el servicio de control de tránsito aéreo es parte de los servicios previstos por el Anexo 11, junto con el servicio de información de vuelo y el servicio de alerta.

OBJETIVOS DE LOS SERVICIOS DE TRÁNSITO AÉREO

Los objetivos de los servicios de tránsito aéreo son:

- a) Prevenir colisiones entre aeronaves.
- b) Prevenir colisiones entre aeronaves en el área de maniobras y entre esas y los obstáculos que haya en dicha área.
- c) Acelerar y mantener ordenadamente el movimiento del tránsito aéreo.
- d) Asesorar y proporcionar información útil para la marcha segura y eficaz de los vuelos.
- e) Notificar a los organismos pertinentes respecto a las aeronaves que necesitan ayuda de búsqueda y salvamento, y auxiliar a dichos organismos según sea necesario.

DIVISIÓN DE LOS SERVICIOS DE TRÁNSITO AÉREO

Los servicios de tránsito aéreo comprenden tres servicios con las siguientes denominaciones.

El servicio de control de tránsito aéreo. empleado para satisfacer los objetivos indicados en a), b) y c). Este servicio se divide en las tres partes siguientes:

Servicio de control de área: el suministro del servicio de control de tránsito aéreo para vuelos controlados, a fin de satisfacer los objetivos a) y c).

Servicio de control de aproximación: el suministro del servicio de control de tránsito aéreo para aquellas partes de los vuelos controlados relacionadas con la llegada o la salida, a fin de satisfacer los objetivos a) y c).

Servicio de control de aeródromo: el suministro del servicio de control de tránsito aéreo para el tránsito de aeródromo, a fin de satisfacer los objetivos a), b) y c).

El servicio de información de vuelo. Empleado para satisfacer el objetivo d).

El servicio de alerta. Empleado para satisfacer el objetivo e).

CLASIFICACIÓN DEL ESPACIO AÉREO

El espacio aéreo ATS se clasifica y designa de conformidad con lo indicado a continuación:

Clase A. Sólo se permiten vuelos IFR (Reglas de vuelo por instrumentos), se proporciona a todos los vuelos servicio de control de tránsito aéreo y están separados unos de otros.

Clase B. Se permiten vuelos IFR y VFR (Reglas de vuelo visual), se proporciona a todos los vuelos servicio de control de tránsito aéreo y están separados unos de otros.

Clase C. Se permiten vuelos IFR y VFR, se proporciona a todos los vuelos servicio de control de tránsito aéreo y los vuelos IFR están separados de otros vuelos IFR y de los vuelos VFR. Los vuelos VFR están separados de los vuelos IFR y reciben información de tránsito respecto a otros vuelos VFR.

Clase D. Se permiten vuelos IFR y VFR y se proporciona a todos los vuelos servicio de control de tránsito aéreo, los vuelos IFR están separados de otros vuelos IFR y reciben información de tránsito respecto a los vuelos VFR, los vuelos VFR reciben información de tránsito respecto a todos los otros vuelos.

Clase E. Se permiten vuelos IFR y VFR, se proporciona a los vuelos IFR servicio de control de tránsito aéreo y están separados de otros vuelos IFR. Todos los vuelos

reciben información de tránsito en la medida de lo factible. La Clase E no se utilizará para zonas de control.

Clase F. Se permiten vuelos IFR y VFR, todos los vuelos IFR participantes reciben servicio de asesoramiento de tránsito aéreo y todos los vuelos reciben servicio de información de vuelo, si lo solicitan.

Clase G. Se permiten vuelos IFR y VFR y reciben servicio de información de vuelo, si lo solicitan.

Los Estados seleccionan las clases de espacio aéreo apropiadas a sus necesidades.

PROVISIÓN DEL SERVICIO DE CONTROL DE TRÁNSITO AÉREO

Las partes del servicio de control de tránsito aéreo descritas en 1.3.3.1, son provistas por las diferentes dependencias en la siguiente forma:

a) *Servicio de control de área:*

1. por un centro de control de área; o
2. por la dependencia que suministra el servicio de control de aproximación en una zona de control o en un área de control de extensión limitada, destinada principalmente para el suministro del servicio de control de aproximación cuando no se ha establecido un centro de control de área.

b) *Servicio de control de aproximación:*

1. por una torre de control de aeródromo o un centro de control de área cuando sea necesario o conveniente combinar bajo la responsabilidad de una sola dependencia las funciones del servicio de control de aproximación con las del servicio de control de aeródromo o con las del servicio de control de área;
2. por una dependencia de control de aproximación cuando sea necesario o conveniente establecer una dependencia separada.

c) *Servicio de control de aeródromo:* por medio de una torre de control de aeródromo.

SERVICIO DE INFORMACIÓN DE VUELO

El servicio de información de vuelo se suministra a todas las aeronaves a las que probablemente pueda afectar la información y a las que se les suministra servicio de control de tránsito aéreo; o de otro modo tienen conocimiento las dependencias pertinentes de los servicios de tránsito aéreo.

Cuando las dependencias de los servicios de tránsito aéreo suministren tanto servicio de información de vuelo como servicio de control de tránsito aéreo, el suministro del servicio control de tránsito aéreo tendrá preferencia respecto al suministro del servicio de información de vuelo.

Alcance del servicio de información de vuelo. El servicio de información de vuelo debe incluir el suministro de la pertinente:

- a) Información SIGMET (Información expedida por una oficina de vigilancia meteorológica, relativa a la existencia real o prevista de fenómenos meteorológicos en ruta especificados, que puedan afectar la seguridad de las operaciones de aeronaves) y AIRMET (Información que expide una oficina de vigilancia meteorológica respecto a la presencia real o prevista de determinados fenómenos meteorológicos en ruta que puedan afectar a la seguridad de los vuelos a baja altura, y que no estaba incluida en el pronóstico expedido para los vuelos a baja altura en la región de información de vuelo de que se trate o en una subzona de la misma).
- b) Información relativa a la actividad volcánica precursora de erupción, a erupciones Volcánicas y a las nubes de cenizas volcánicas.
- c) Información relativa a la liberación en la atmósfera de materiales radiactivos o sustancias químicas tóxicas.
- d) Información sobre los cambios en las condiciones de servicio de las ayudas para la navegación.
- e) Información sobre los cambios en el estado de los aeródromos e instalaciones y servicios conexos, incluso información sobre el estado de las áreas de movimiento del aeródromo, cuando estén afectadas por nieve o hielo o cubiertas por una capa de agua de espesor considerable.
- f) Información sobre globos libres no tripulados.

SERVICIO DE ALERTA

Se suministra servicio de alerta bajo las siguientes condiciones:

- a) A todas las aeronaves a las cuales se suministre servicio de control de tránsito aéreo.
- b) En la medida de lo posible, a todas las demás aeronaves que hayan presentado un plan de vuelo o de las que, por otros medios, tengan conocimiento los servicios de tránsito aéreo; y
- c) a todas las aeronaves que se sepa o se sospeche que están siendo objeto de interferencia ilícita.

Los centros de información de vuelo o los centros de control de área servirán de base central para reunir toda información relativa a la situación de emergencia de cualquier aeronave que se encuentre dentro de la correspondiente región de información de vuelo o área de control y para transmitir tal información al centro coordinador de salvamento apropiado.

COMPONENTES DEL SISTEMA ATS

Los componentes del sistema ATS son los siguientes:

a) Equipo HARRIS MAP 20-20: es el equipo encargado de la conmutación y se encuentra ubicado en Bogotá. Este equipo posee 31 circuitos internacionales, de los cuales 18 son análogos E&M, 7 son canales digitales de E1 y 6 análogos a dos hilos y cuya serie numérica es de dos dígitos y comprende del 01 al 99. También posee 99 Circuitos Nacionales, de los cuales 63 son análogos a dos hilos y 36 son canales digitales de E1 y la serie numérica es del 100 al 199. Por otra parte, posee 134 interconexiones locales de los cuales 122 son análogos a dos hilos y 12 son canales digitales E1.

Para cumplir con los requerimientos nacionales e internacionales, el equipo Harris cuenta con 5 Enlaces digitales E1, tarjetas análogas E&M, tarjetas análogas a dos hilos, 2 troncales E&M enlaces análogos una con Lima y otra con Brasilia, 8 troncales análogas con ETB con salidas internacionales y nacionales para usar como respaldo a las redes de la entidad y algunos servicios suplementarios (emergencia, abreviados, hot-lines etc.).

b) Teléfono terminal ATS: se ubican en los aeropuertos, estaciones aeronáuticas, oficinas técnico-operativas, salas técnicas, torres de control, y centros de control o en cualquier otro sitio donde se requiere del servicio ATS.

TARJETAS USADAS EN LOS EQUIPOS MULTIPLEXORES PARA SERVICIOS ATS

Para líneas análogas se usa las tarjetas frontales PVA/C. Si la extensión es del lado del abonado se usa la tarjeta trasera FXS y si es del lado de la planta se usa la tarjeta trasera FXO.

Para enlaces digitales E1 del equipo Harris se emplea en los multiplexores la tarjeta frontal TMCP y la tarjeta trasera DAMI.

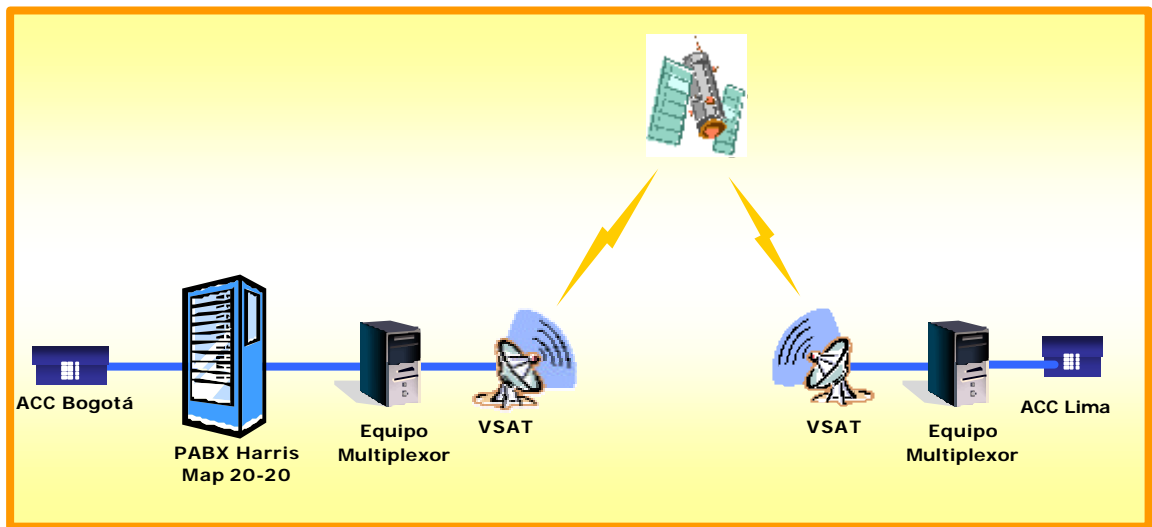
ESTRUCTURA DE LOS COMPONENTES DE LA RED ATS

De acuerdo a la ubicación geográfica de las partes que se comunican mediante el sistema ATS varía el sistema de comunicación usado (satelital ó microondas), por lo tanto, un circuito oral difiere de otro fácilmente.

En la figura 153 se observa un circuito de comunicación ATS empleando el sistema de comunicaciones VSAT. Para el caso de servicios ATS, el sistema de comunicaciones VSAT se emplea en lugares del territorio nacional donde no se dispone de la red de microondas o como respaldo y en lugares de territorios internacionales donde se requiere de servicios ATS como en este caso Lima (Perú).

La figura 153 permite ver la configuración de los componentes del circuito ATS internacional Bogotá-Lima.

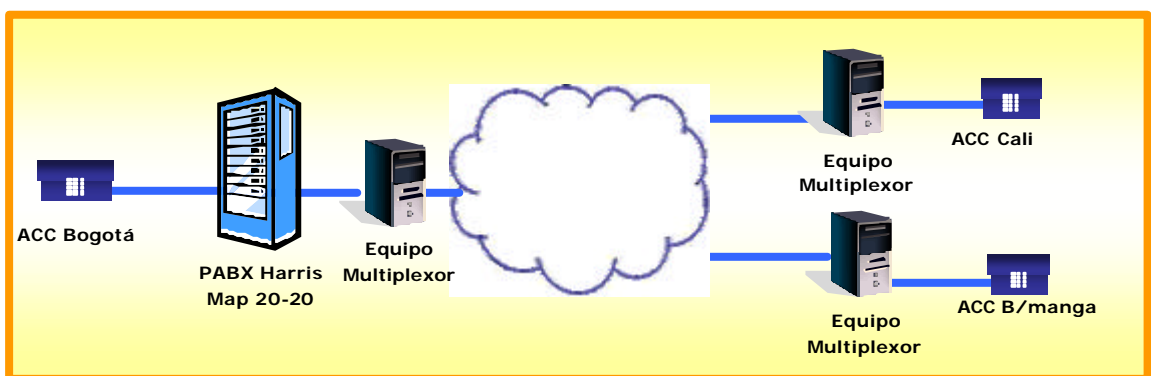
Figura 153. Circuito ATS Bogotá-Lima



Adaptación de los autores

En la figura 154 se observa una pequeña parte de la Red de comunicaciones ATS empleando la red de transporte de microondas. Para el caso de servicios ATS, la red de transporte de microondas se emplea en la mayoría de lugares del territorio nacional.

Figura 154. Esquema de la red ATS utilizando la red Promina.



Adaptación de los autores

Anexo H. Red de Telecomunicaciones Fijas Aeronáuticas AFTN

ANTECEDENTES DEL SISTEMA AFTN

En la primera instancia, los mensajes aeronáuticos se cursaban utilizando el espectro de HF, a través de transmisores de gran potencia y de amplio cubrimiento. Existía una emisora en donde se centralizaba la ubicación de los equipos correspondientes a la zona uno la cual es la equivalente histórica de la actual regional Bogotá, en las otras zonas también se ubicaban equipos de HF de gran potencia, los cuales permitían en la parte de transmisión cubrir grandes distancias. En cuanto a la recepción se construyeron sitios de recepción en los cuales se ubicaban receptores muy sensibles pero que a su vez captaban bastante ruido.

Con el paso del tiempo se fue emigrando al concepto de central telegráfica, en la cual se realizaba un gran acopio de tecnología electromecánica y de disipación de potencia. Fue la primera central telegráfica que se implementó en el país, la central semiautomática Phillips, cuya dimensión era bastante considerable, así como el número de personas encargadas de la operación y del soporte técnico. Aún cuando se continuaba con el CW¹ pero este tipo de transmisión de la información estaba destinado a desaparecer.

El siguiente paso fue la implementación de la central telegráfica IMX700, la cual redujo el tamaño de la sala que contenía al mencionado equipo., así como los consumos de potencia y las causas de posible falla de equipos asociados. La ampliación del cubrimiento de los servicios satelitales permitió llegar a más sitios y reducir aún más los servicios del CW.

El actual servicio, es la red AFTN, el cual es la sigla de la red de telecomunicaciones fijas aeronáuticas utilizado por la aviación civil de todo el mundo. Las recomendaciones asentadas por OACI permiten el desarrollo de las telecomunicaciones aeronáuticas internacionales, debido a la existencia de un conjunto de estándares que conectan los diversos sistemas de mensajes computarizados.

Varias son las características que describen el moderno sistema AFTN adquirido por la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil, entre las cuales se destacan:

- Software desarrollado en lenguaje C y Ensamblador.
- Conforme a las últimas recomendaciones de la OACI².
- Disponibilidad del 99,999%.
- Telemantenimiento de Hardware y Software.
- 5° Sistema instalado en Suramérica por Syseca.
- Control y Monitoreo de Tráfico online.
- Sistema Modular de Red que incluye:
 - Un host tolerante a fallas.
 - FEPs para el manejo de líneas externas.

¹ Sistema de comunicación que utiliza el código Morse para telegrafía

² OACI: Siglas de la Organización de Aviación Civil Internacional

- Posiciones de Supervisión.
- Sistema Operativo (Principal) y Sistema de Desarrollo (Capacitación).

TERMINOLOGÍA USADA PARA LA RED AFTN

Las recomendaciones de la OACI (Anexo 10) definen los siguientes términos:

Indicador de lugar: Un indicador de lugar es un grupo de ocho letras que identifican a una estación AFTN el cual consta de las siguientes partes

- La primera letra que identifica la zona geográfica.
- La segunda letra que identifica al país.
- Las tercera y cuarta letras que identifican una gran ciudad o un centro.
- Las cuatro letras que quedan identifican una función Aeronáutica.

Canal: Los canales son las representaciones lógicas de los enlaces físicos con un centro de conmutación AFTN. Son definidos como puntos de acceso en el documento de referencia OACI Apéndice 10 volumen II suplemento A.

Circuito: Los circuitos son definidos como " Sistemas de comunicación " que incluyen todos los canales AFTN directos entre dos puntos. Desde un punto de vista operacional, corresponden especialmente a las filas de mensajes AFTN de diferentes prioridades que esperan la transmisión.

Mensaje AFTN: Un mensaje intercambiado entre los usuarios AFTN, según un formato especificado por la OACI.

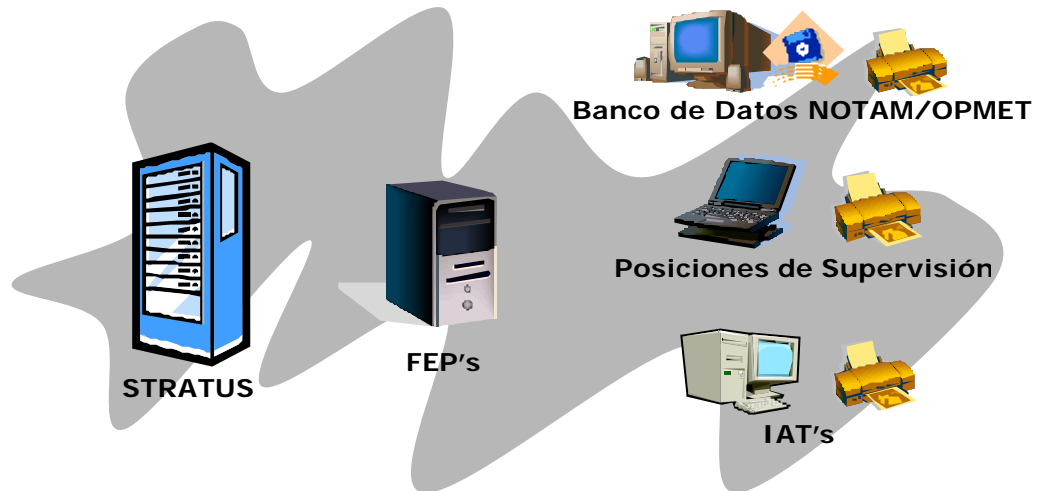
COMPONENTES DE LA RED AFTN

Los componentes básicos de una red AFTN comprenden el Sistema de cómputo central (CCS) o STRATUS, los procesadores frontales (FEP), las posiciones de supervisión, terminales AFTN inteligentes (IAT) y el banco de datos NOTAM(Notice to airman /Aviso para los pilotos)/OPMET(datos de meteorología), como lo especifica la figura 155.

CCS (Central Computer System — Sistema de Cómputo Central). El sistema de cómputo central consta de una computadora tolerante a fallas STRATUS R5 con todos sus componentes duplicados operando con arquitectura RISC en forma sincronizada de tal manera que, en el caso de la falla de uno de los ellos, el de reserva es conmutado automáticamente para asumir y continuar las operaciones y funciones del órgano en falla. Esta computadora maneja un software de sistema operativo FTX (Unix tolerante a fallas) y ejecuta la aplicación AERMAC/Server, que realiza el almacenamiento y la conmutación

del tráfico AFTN y CIDIN (Red OACI Común de Intercambio de Datos), así como la compilación y el encaminamiento de los anuncios ROBEX¹.

Figura 155. Componentes de una red AFTN



Adaptación de los autores

El CCS suministra las siguientes conexiones AFTN:

- ✓ X.25 SVC (Switched Virtual Circuit)
- ✓ X.25 PVC (Permanent Virtual Circuit)
- ✓ TCP / IP por Ethernet

En el caso la regional Bogotá, el CCS contiene los siguientes equipos conectados:

- El FEP de la regional Bogotá es conectado al CCS usando el protocolo X.25, por medio de una interfaz RS232C.
- Los FEP de las otras regionales se conectan a este mismo STRATUS por medio de un enrutador, también utilizando el protocolo X.25, utilizando medios de comunicación por RF a través de módems.
- Dos consolas o terminales brutos, las cuales se utilizan para supervisión y monitorización de la red. Están conectadas por medio de interfaces RS232. Son utilizadas 2 como forma de redundancia, en caso de que la principal falle.
- Al STRATUS operacional, también se conectan dos módems de mantenimiento cuya información es administrada por el fabricante del equipo. Del mismo modo como las consolas se utilizan 2 como modo de redundancia.

¹ Los mensajes ROBEX son mensajes AFTN de formato de texto especializado que transporta anuncios meteorológicos o anuncios compilados los cuales son generados en las posiciones de supervisión.

- El STRATUS posee dos procesadores, cuatro tarjetas de memoria, tarjetas de comunicaciones, tarjetas de energía, ventiladores y discos duros para la información AFTN.

FEP (Front End Processor - Procesador Frontal). Es un concentrador de líneas de transmisión dedicado al AFTN, el cual actúa como un paquete ensamblador desensamblador (PAD) que puede reconocer el protocolo AFTN para el alfabeto IA5¹. Se utiliza para conectar las líneas AFTN de tipo Asíncronas.

El FEP es el componente de concentración de tráfico al cual están conectados, en uno de los extremos, los terminales IAT con enlaces de datos seriales, asíncronos mediante interfaz RS-232 hasta 1200 bps.

Por el otro extremo cada FEP está conectado al computador STRATUS a través de dos canales de datos duplicados, seriales, sincrónicos y con protocolo de nivel 2 X.25 hasta 9600 bps, operando en el esquema activo-reserva con conmutación automática entre los mismos en el evento de la pérdida de transmisión en el activo.

SUP (Posiciones de Supervisión). Suministran todos los servicios que permiten al operador del sistema, monitorear y controlar el tráfico AFTN y la configuración de la red. La posición de supervisión suministra una interfaz ergonómica para:

- El manejo de la configuración (circuitos, canales)
- El manejo de las filas de transmisión
- El manejo de la creación/ corrección /extracción de mensajes
- El manejo de los comandos del sistema
- El manejo de los comandos de edición
- El manejo de la configuración de alarmas

IAT (Posiciones de terminal inteligente AFTN). Suministran todos los servicios que permiten a un usuario final crear y recibir los mensajes AFTN, además tienen las siguientes características:

- Acceso protegido por contraseña
- Configuración dinámica de AFTN / Telecom
- Creación de mensajes AFTN a partir de mensajes ya transmitidos o recibidos
- Manejo de proformats y templates²
- Visualización de los mensajes recibidos a petición
- Manejo de estadísticas diarias y mensuales
- Escritura/lectura de tráfico diario en soporte magnético externo

La posición IAT es un equipo que consta de 2 partes: un PC compatible, que está conectado al FEP con la interfaz RS232 V24 asíncrona, posee Recepción y Transmisión

¹ IA5 (International Alphabet No.5) es un código alfanumérico estándar internacional el cual maneja 7 bits.

La versión para EEUU se llama ASCII (American Standard Code for Information Exchange) y maneja 8 bits.

² Los proformats o proformatos son plantillas fijas de tipos de mensajes AFTN preestablecidas que se utilizan para optimizar el trabajo del operador en las posiciones IAT. Los templates son similares a los proformats pero son plantillas que tienen parte fija y parte editable para requerir una información específica.

de mensajes Full Duplex y Almacenamiento de Tráfico procesado, y una impresora de matriz conectada en paralelo.

En algunas estaciones sólo es necesario la recepción de mensajes AFTN y no la comunicación con otra estación; en este caso, sólo se conecta una impresora como posición IAT donde es enviada la información.

Banco de Datos NOTAM / OPMET. Permite la generación de NOTAMS y mensajes meteorológicos, así como su distribución a los usuarios del sistema a través de terminales NOTAM-OPMET o las líneas asincrónicas conectadas al FEP Bogotá. Es un Computador Personal que actúa como Servidor conectado al FEP como un abonado más AFTN, posee 64 MB de memoria RAM, Disco duro de 1 GB - Duplicado y Base de Datos ORACLE. Un nuevo sistema para el manejo de la información NOTAM y OPMET entrará en servicio en diciembre del 2005 reemplazando al sistema anterior en cual se encuentra cercano a la finalización de su tiempo de vida útil. Este sistema fue reemplazado por uno nuevo adquirido en el segundo semestre del año 2005, está compuesto por dos servidores COTS en esquema de redundancia main-hot standby junto con dos terminales, uno para el manejo de mensajes NOTAM y el otro para el manejo de mensajes meteorológicos.

OPERACIÓN DE LA RED AFTN

Básicamente, se puede decir que la Red está integrada por dos sistemas, los cuales a su vez están interconectados a través de una red ETHERNET tipo 100 BASE T.

El primer sistema, el operacional, está compuesto por una computadora central (STRATUS OPERACIONAL), seis FEP (Front End Processor) ubicados en cada Regional y los cuales se encargan de concentrar la información proveniente de los computadoras IAT, operados por los usuarios de la red en cada Regional. De igual forma, también pueden estar ubicadas impresoras de tipo serie cuya programación permita conectarlas a uno de los puertos asíncronos del FEP.

Todos los FEP de las Regionales involucradas, se interconectan a la computadora central a través de MODEMS y 2 ROUTERS los cuales manejan información en protocolo X.25 según se aprecia en la figura 156. Para la interconexión se utiliza nuestro backbone de microondas o la red satelital.

También están interconectados a la red, a través de la red Ethernet, unos PCs llamados de Supervisión a través de los cuales se realiza control de los puertos ubicados en cada Regional, así como también del tráfico de la red. El banco de datos tiene además, una conexión de cuatro líneas al FEP de Bogotá lo que permite otro tipo de conectividad a la red AFTN.

El segundo sistema, denominado el sistema de desarrollo se encuentra en una sala que comprende los siguientes componentes:

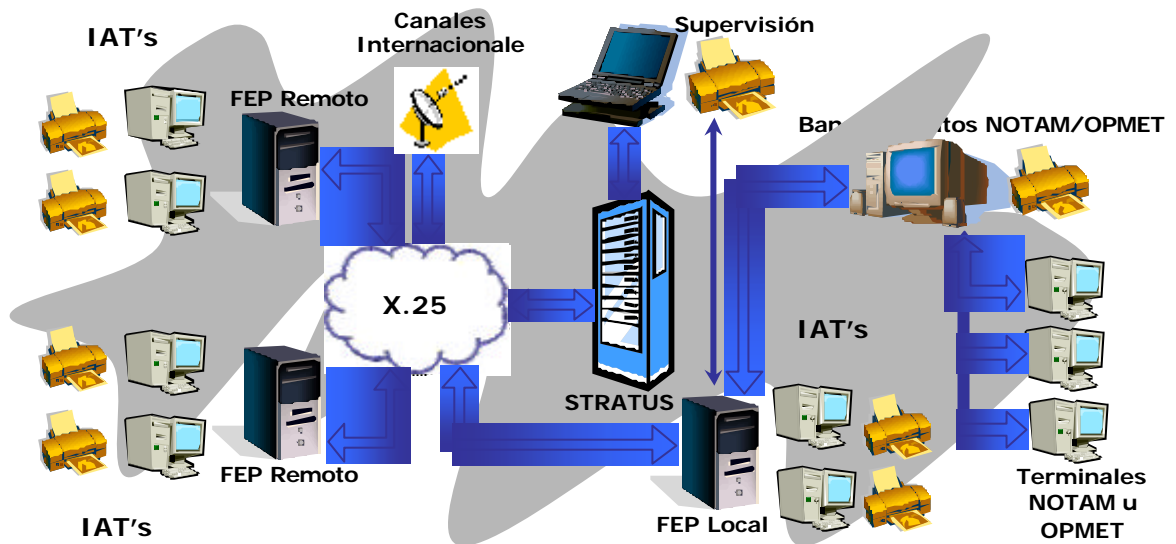
- El FEP de Desarrollo.
- El PC de Supervisión de la Sala de Desarrollo.

- El IAT de la Sala de Desarrollo.
- STRATUS de Desarrollo.

Los equipos ubicados en esta sala, como su nombre lo indica, son equipos a través de los cuales se realizan pruebas iniciales de software y Hardware antes de instalar estos cambios en el Sistema Operativo.

Como puede apreciarse, el sistema tiene cobertura nacional y su complejidad irá en aumento con el crecimiento e implementación de circuitos de las diferentes Regionales a través de nuestra red de comunicaciones satelitales.

Figura 156. Estructura de la red AFTN



Adaptación de los autores

Anexo I. Algoritmos de programación para cálculo de retardo satelital

Algoritmo para el cálculo del tiempo tierra-satélite-tierra con MATLAB.

```
-----  
%Carga los archivos de datos. Col1: latitud, Col2: longitud y Col3: altura del sitio  
r=load('datos_remos.txt');  
e=load('datos_explotacion.txt');  
%Calculo de distancia remota-satelite-explotacion  
ro=6378.16+(r(v2,3)/1000);  
x1=ro*cos(r(v2,2)*pi/180)*sin((90-r(v2,1))*pi/180);  
y1=ro*sin(r(v2,2)*pi/180)*sin((90-r(v2,1))*pi/180);  
z1=ro*cos((90-r(v2,1))*pi/180);  
ro=6378.16+(e(v3,3)/1000);  
x2=ro*cos(e(v3,2)*pi/180)*sin((90-e(v3,1))*pi/180);  
y2=ro*sin(e(v3,2)*pi/180)*sin((90-e(v3,1))*pi/180);  
z2=ro*cos((90-e(v3,1))*pi/180);  
%Datos del satelite  
xs=42164.2*cos(55.5*pi/180);  
ys=42164.2*sin(55.5*pi/180);  
zs=0;  
%Caluculo  
dt=sqrt((xs-x1)^2+(ys-y1)^2+(zs-z1)^2)+sqrt((xs-x2)^2+(ys-y2)^2+(zs-z2)^2);  
%Calculo tiempo remota-satelite-explotacion en milisegundos  
trse=(dt/299792)*1000;  
-----
```

Algoritmos para la creación de la interfaz gráfica.

Programa principal:

```
clear all  
clc  
interfaz=figure('units','pixel','name','Calculo de Retardo Satelital','color',[0.722 0.753  
0.816]);  
titulo1=icontrol(interfaz,'Style','text','position',[212 660 600 30],'string','CALCULO PARA  
UNIDADES RETARDADORAS','FontSize',18,'FontWeight','bold','ForegroundColor',[0.094 0.337  
0.906],'background',[0.722 0.753 0.816]);  
titulosat=icontrol(interfaz,'Style','text','position',[60 600 220 20],'string','RETARDO  
SATELITAL','FontSize',13,'FontWeight','bold','ForegroundColor',[0.094 0.337  
0.906],'Fontname','MS Sans Serif');  
tituloon=icontrol(interfaz,'Style','text','position',[707 600 250 20],'string','RETARDO  
MICROONDAS','FontSize',13,'FontWeight','bold','ForegroundColor',[0.094 0.337  
0.906],'Fontname','MS Sans Serif');  
%Eleccion del satelite  
tiposat=icontrol(interfaz,'Style','text','position',[43 545 120 15],'string','Nombre del  
Satelite','FontSize',8,'FontWeight','bold','ForegroundColor',[0.094 0.337  
0.906],'Fontname','MS Sans Serif');  
radiosat1=icontrol(interfaz,'Style','popup','position',[173 550 125 15],'string','Intelsat  
805 (304.5 E)','BackgroundColor',[1 1  
1],'Fontunits','points','FontSize',8,'callback','calculos');  
%Eleccion del sitio remoto y el sitio de explotacion  
remoto=icontrol(interfaz,'Style','popup','position',[45 400 90  
40],'string','Apartado|Araracuara|Arauca|Carimagua|Leticia|Mitu|Puerto Inirida|Puerto  
Leguizamo|Santana','BackgroundColor',[1 1 1],'visible','on','callback','calculos');  
titulo_remoto=icontrol(interfaz,'Style','text','position',[40 440 90 15],'string','Sitio  
Remoto','FontSize',8,'FontWeight','bold','ForegroundColor',[0.094 0.337  
0.906],'Fontname','MS Sans Serif');  
explotacion=icontrol(interfaz,'Style','popup','position',[205 400 90  
40],'string','Bogota|Barranquilla','BackgroundColor',[1 1  
1],'visible','on','callback','calculos');
```

```

titulo_explot=uicontrol(interfaz,'Style','text','position',[200 440 110 15],'string','Sitio
Explotacion','FontSize',8,'FontWeight','bold','ForegroundColor',[0.094 0.337
0.906],'Fontname','MS Sans Serif');
%Otros retardos satelitales
titulo_orsat=uicontrol(interfaz,'Style','text','position',[80 260 90 15],'string','Otros
Retardos','FontSize',8,'FontWeight','bold','ForegroundColor',[0.094 0.337
0.906],'Fontname','MS Sans Serif');
titulo_ormux=uicontrol(interfaz,'Style','text','position',[80 230 52
15],'string','Multiplexor','FontSize',8,'FontWeight','normal','ForegroundColor',[0 0
0],'Fontname','MS Sans Serif');
in_ormux=uicontrol(interfaz,'Style','edit','position',[170 230 60
20],'string','0','BackgroundColor','w','callback','calculos');
titulo_uormux=uicontrol(interfaz,'Style','text','position',[240 230 20
15],'string','[ms]','FontSize',8,'FontWeight','normal','ForegroundColor',[0 0
0],'Fontname','MS Sans Serif');
titulo_oruc=uicontrol(interfaz,'Style','text','position',[80 200 80 15],'string','Unidad de
canal','FontSize',8,'FontWeight','normal','ForegroundColor',[0 0 0],'Fontname','MS Sans
Serif');
in_oruc=uicontrol(interfaz,'Style','edit','position',[170 200 60
20],'string','0','BackgroundColor','w','callback','calculos');
titulo_uoruc=uicontrol(interfaz,'Style','text','position',[240 200 20
15],'string','[ms]','FontSize',8,'FontWeight','normal','ForegroundColor',[0 0
0],'Fontname','MS Sans Serif');
titulo_orotro=uicontrol(interfaz,'Style','text','position',[80 170 22
15],'string','Otro','FontSize',8,'FontWeight','normal','ForegroundColor',[0 0
0],'Fontname','MS Sans Serif');
in_orotro=uicontrol(interfaz,'Style','edit','position',[170 170 60
20],'string','0','BackgroundColor','w','callback','calculos');
titulo_uorotro=uicontrol(interfaz,'Style','text','position',[240 170 20
15],'string','[ms]','FontSize',8,'FontWeight','normal','ForegroundColor',[0 0
0],'Fontname','MS Sans Serif');
%Retardos microondas
tit=uicontrol(interfaz,'Style','text','position',[665 560 140 15],'string','Seleccione los
enlaces:','FontSize',8,'FontWeight','bold','ForegroundColor',[0.094 0.337
0.906],'Fontname','MS Sans Serif');
link1=uicontrol(interfaz,'Style','radio','position',[665 530 160 20],'string','C. Maco - C.
Kennedy','FontSize',8,'FontWeight','normal','ForegroundColor',[0 0 0],'Fontname','MS Sans
Serif');
link2=uicontrol(interfaz,'Style','radio','position',[665 510 160 20],'string','C. Kennedy -
Fundacion','FontSize',8,'FontWeight','normal','ForegroundColor',[0 0 0],'Fontname','MS Sans
Serif');
link3=uicontrol(interfaz,'Style','radio','position',[665 490 160 20],'string','Fundacion -
El Alguacil','FontSize',8,'FontWeight','normal','ForegroundColor',[0 0 0],'Fontname','MS
Sans Serif');
link4=uicontrol(interfaz,'Style','radio','position',[665 470 160 20],'string','Alguacil -
Todos los Santos','FontSize',8,'FontWeight','normal','ForegroundColor',[0 0
0],'Fontname','MS Sans Serif');
link5=uicontrol(interfaz,'Style','radio','position',[665 450 160 20],'string','Todos los
Santos - El Cabrito','FontSize',8,'FontWeight','normal','ForegroundColor',[0 0
0],'Fontname','MS Sans Serif');
link6=uicontrol(interfaz,'Style','radio','position',[665 430 160 20],'string','El Cabrito -
Pelagorro','FontSize',8,'FontWeight','normal','ForegroundColor',[0 0 0],'Fontname','MS Sans
Serif');
link7=uicontrol(interfaz,'Style','radio','position',[665 410 160 20],'string','Pelagorro -
Jurisdicciones','FontSize',8,'FontWeight','normal','ForegroundColor',[0 0 0],'Fontname','MS
Sans Serif');
link8=uicontrol(interfaz,'Style','radio','position',[665 390 160
20],'string','Jurisdicciones -
Barichara','FontSize',8,'FontWeight','normal','ForegroundColor',[0 0 0],'Fontname','MS Sans
Serif');
link9=uicontrol(interfaz,'Style','radio','position',[665 370 160 20],'string','Barichara -
Gavilan','FontSize',8,'FontWeight','normal','ForegroundColor',[0 0 0],'Fontname','MS Sans
Serif');
link10=uicontrol(interfaz,'Style','radio','position',[665 350 160 20],'string','Gavilan -
Saboya','FontSize',8,'FontWeight','normal','ForegroundColor',[0 0 0],'Fontname','MS Sans
Serif');

```

```

link11=uicontrol(interfaz,'Style','radio','position',[665 330 160 20],'string','Saboya - El
Tablazo','FontSize',8,'FontWeight','normal','ForegroundColor',[0 0 0],'Fontname','MS Sans
Serif');
link12=uicontrol(interfaz,'Style','radio','position',[665 310 160 20],'string','El Tablazo -
CNA','FontSize',8,'FontWeight','normal','ForegroundColor',[0 0 0],'Fontname','MS Sans
Serif');
link13=uicontrol(interfaz,'Style','radio','position',[665 290 160 20],'string','El Tablazo -
Manjui','FontSize',8,'FontWeight','normal','ForegroundColor',[0 0 0],'Fontname','MS Sans
Serif');
link14=uicontrol(interfaz,'Style','radio','position',[665 270 160 20],'string','El Tablazo -
La Trinidad','FontSize',8,'FontWeight','normal','ForegroundColor',[0 0 0],'Fontname','MS
Sans Serif');
link15=uicontrol(interfaz,'Style','radio','position',[665 250 160 20],'string','La Trinidad
- C. Verde','FontSize',8,'FontWeight','normal','ForegroundColor',[0 0 0],'Fontname','MS Sans
Serif');
link16=uicontrol(interfaz,'Style','radio','position',[665 230 160 20],'string','El Tablazo -
El Tigre','FontSize',8,'FontWeight','normal','ForegroundColor',[0 0 0],'Fontname','MS Sans
Serif');
link17=uicontrol(interfaz,'Style','radio','position',[665 210 160 20],'string','Arauca - La
Virgen','FontSize',8,'FontWeight','normal','ForegroundColor',[0 0 0],'Fontname','MS Sans
Serif');
link18=uicontrol(interfaz,'Style','radio','position',[665 190 160 20],'string','La Virgen -
C. Oriente','FontSize',8,'FontWeight','normal','ForegroundColor',[0 0 0],'Fontname','MS Sans
Serif');
link19=uicontrol(interfaz,'Style','radio','position',[665 170 160 20],'string','C. Oriente -
Jurisdicciones','FontSize',8,'FontWeight','normal','ForegroundColor',[0 0 0],'Fontname','MS
Sans Serif');

link20=uicontrol(interfaz,'Style','radio','position',[840 530 160 20],'string','Santana -
Calipuerto','FontSize',8,'FontWeight','normal','ForegroundColor',[0 0 0],'Fontname','MS Sans
Serif');
link21=uicontrol(interfaz,'Style','radio','position',[840 510 160 20],'string','Calipuerto -
Cali','FontSize',8,'FontWeight','normal','ForegroundColor',[0 0 0],'Fontname','MS Sans
Serif');
link22=uicontrol(interfaz,'Style','radio','position',[840 490 160 20],'string','Cali - Pan
de Azucar','FontSize',8,'FontWeight','normal','ForegroundColor',[0 0 0],'Fontname','MS Sans
Serif');
link23=uicontrol(interfaz,'Style','radio','position',[840 470 160 20],'string','Pan de
Azucar - Argelia','FontSize',8,'FontWeight','normal','ForegroundColor',[0 0
0],'Fontname','MS Sans Serif');
link24=uicontrol(interfaz,'Style','radio','position',[840 450 160 20],'string','Argelia -
Campanario','FontSize',8,'FontWeight','normal','ForegroundColor',[0 0 0],'Fontname','MS Sans
Serif');
link25=uicontrol(interfaz,'Style','radio','position',[840 430 160 20],'string','Campanario -
Martinica','FontSize',8,'FontWeight','normal','ForegroundColor',[0 0 0],'Fontname','MS Sans
Serif');
link26=uicontrol(interfaz,'Style','radio','position',[840 410 160 20],'string','Martinica -
Manjui','FontSize',8,'FontWeight','normal','ForegroundColor',[0 0 0],'Fontname','MS Sans
Serif');
link27=uicontrol(interfaz,'Style','radio','position',[840 390 160 20],'string','Riohacha -
Bañaderos','FontSize',8,'FontWeight','normal','ForegroundColor',[0 0 0],'Fontname','MS Sans
Serif');
link28=uicontrol(interfaz,'Style','radio','position',[840 370 160 20],'string','Bañaderos -
C. Kennedy','FontSize',8,'FontWeight','normal','ForegroundColor',[0 0 0],'Fontname','MS Sans
Serif');
link29=uicontrol(interfaz,'Style','radio','position',[840 350 160 20],'string','Barranquilla
- C. Kennedy','FontSize',8,'FontWeight','normal','ForegroundColor',[0 0 0],'Fontname','MS
Sans Serif');
link30=uicontrol(interfaz,'Style','radio','position',[840 330 160 20],'string','Neiva - C.
Neiva','FontSize',8,'FontWeight','normal','ForegroundColor',[0 0 0],'Fontname','MS Sans
Serif');
link31=uicontrol(interfaz,'Style','radio','position',[840 310 160 20],'string','C. Neiva -
C. Perico','FontSize',8,'FontWeight','normal','ForegroundColor',[0 0 0],'Fontname','MS Sans
Serif');
link32=uicontrol(interfaz,'Style','radio','position',[840 290 160 20],'string','C. Perico -
Manjui','FontSize',8,'FontWeight','normal','ForegroundColor',[0 0 0],'Fontname','MS Sans
Serif');

```

```

link33=uicontrol(interfaz,'Style','radio','position',[840 270 160 20],'string','El Tigre -
Villavicencio','FontSize',8,'FontWeight','normal','ForegroundColor',[0 0 0],'Fontname','MS
Sans Serif');
link34=uicontrol(interfaz,'Style','radio','position',[840 250 160 20],'string','El Tigre -
C. Mil','FontSize',8,'FontWeight','normal','ForegroundColor',[0 0 0],'Fontname','MS Sans
Serif');
link35=uicontrol(interfaz,'Style','radio','position',[840 230 160 20],'string','C. Mil -
Yopal','FontSize',8,'FontWeight','normal','ForegroundColor',[0 0 0],'Fontname','MS Sans
Serif');
link36=uicontrol(interfaz,'Style','radio','position',[840 210 160 20],'string','Polo Nuevo -
Barranquilla','FontSize',8,'FontWeight','normal','ForegroundColor',[0 0 0],'Fontname','MS
Sans Serif');
link37=uicontrol(interfaz,'Style','radio','position',[840 190 160 20],'string','Cartagena -
C. Kennedy','FontSize',8,'FontWeight','normal','ForegroundColor',[0 0 0],'Fontname','MS Sans
Serif');
link38=uicontrol(interfaz,'Style','radio','position',[840 170 160 20],'string','Valledupar -
El Alguacil','FontSize',8,'FontWeight','normal','ForegroundColor',[0 0 0],'Fontname','MS
Sans Serif');

titulo_num_enlaces=uicontrol(interfaz,'Style','text','position',[720 85 125
15],'string','Cantidad de Equ.
Promina','FontSize',8,'FontWeight','normal','ForegroundColor',[0 0 0],'Fontname','MS Sans
Serif');
in_num_enlaces=uicontrol(interfaz,'Style','edit','position',[855 85 60
20],'string',0,'BackgroundColor','w','callback','calculos');
titulo_orpromina=uicontrol(interfaz,'Style','text','position',[720 110 80
15],'string','Retardo Promina','FontSize',8,'FontWeight','normal','ForegroundColor',[0 0
0],'Fontname','MS Sans Serif');
in_rpromina=uicontrol(interfaz,'Style','edit','position',[855 110 60
20],'string',0,'BackgroundColor','w','callback','calculos');
titulo_upromina=uicontrol(interfaz,'Style','text','position',[925 110 20
15],'string','[ms]','FontSize',8,'FontWeight','normal','ForegroundColor',[0 0
0],'Fontname','MS Sans Serif');
titulo_orcontin=uicontrol(interfaz,'Style','text','position',[720 60 125
15],'string','Retardo equipo
microonda','FontSize',8,'FontWeight','normal','ForegroundColor',[0 0 0],'Fontname','MS Sans
Serif');
in_rcontin=uicontrol(interfaz,'Style','edit','position',[855 60 60
20],'string',0,'BackgroundColor','w','callback','calculos');
titulo_ucontin=uicontrol(interfaz,'Style','text','position',[925 60 20
15],'string','[ms]','FontSize',8,'FontWeight','normal','ForegroundColor',[0 0
0],'Fontname','MS Sans Serif');
tl=uicontrol(interfaz,'Style','text','position',[720 35 20
15],'string','Otro','FontSize',8,'FontWeight','normal','ForegroundColor',[0 0
0],'Fontname','MS Sans Serif');
in_tl=uicontrol(interfaz,'Style','edit','position',[855 35 60
20],'string',0,'BackgroundColor','w','callback','calculos');
utl=uicontrol(interfaz,'Style','text','position',[925 35 20
15],'string','[ms]','FontSize',8,'FontWeight','normal','ForegroundColor',[0 0
0],'Fontname','MS Sans Serif');

%Comenzar los calculos
push1=uicontrol(interfaz,'Style','push','position',[378 320 220 50],'string','Calcular
Retardo','FontWeight','bold','FontSize',13,'ForegroundColor',[0.094 0.337
0.906],'callback','resultado');
Autor
autor=uicontrol(interfaz,'Style','text','position',[403 25 170 65],'string','U.A.E. de
Aeronautica Civil Direccion de Telecomunicaciones Bogota
2005','FontSize',10,'FontWeight','normal','ForegroundColor',[1 1 1],'Background',[0 0.302
0.86],'Fontname','MS Sans Serif');

```

Programa secundario para asegurarse que los caracteres introducido por el usuario sean numéricos:

```

%Obtener valores de los edit
v2x=get(remoto,'value');
v3x=get(explotacion,'value');

```

```

v4x=str2double(get(in_ormux, 'String'));
v5x=str2double(get(in_oruc, 'String'));
v6x=str2double(get(in_orotro, 'String'));
v7x=str2double(get(in_num_enlaces,'string'));
v9x=str2double(get(in_rpromina,'string'));
v10x=str2double(get(in_rcontin,'string'));
v11x=str2double(get(in_t1,'string'));

%Comprobar que los valores de edit sean numeros
if isnan(v6x)
    set(in_orotro, 'String', 0);
    errordlg('La entrada tiene que ser un numero','Error');
end
if isnan(v5x)
    set(in_oruc, 'String', 0);
    errordlg('La entrada tiene que ser un numero','Error');
end
if isnan(v4x)
    set(in_ormux, 'String', 0);
    errordlg('La entrada tiene que ser un numero','Error');
end
if isnan(v7x)
    set(in_num_enlaces, 'String', 0);
    errordlg('La entrada tiene que ser un numero','Error');
end
if isnan(v9x)
    set(in_rpromina, 'String', 0);
    errordlg('La entrada tiene que ser un numero','Error');
end
if isnan(v10x)
    set(in_rcontin, 'String', 0);
    errordlg('La entrada tiene que ser un numero','Error');
end
if isnan(v11x)
    set(in_t1, 'String', 0);
    errordlg('La entrada tiene que ser un numero','Error');
end

```

Programa secundario para cálculo y visualización de la respuesta:

```

v2=get(remoto,'value');
v3=get(explotacion,'value');
v4=str2double(get(in_ormux, 'String'));
v5=str2double(get(in_oruc, 'String'));
v6=str2double(get(in_orotro, 'String'));
v7=str2double(get(in_num_enlaces,'string'));
v9=str2double(get(in_rpromina,'string'));
v10=str2double(get(in_rcontin,'string'));
v11=str2double(get(in_t1,'string'));
lv(1)=get(link1,'value');
lv(2)=get(link2,'value');
lv(3)=get(link3,'value');
lv(4)=get(link4,'value');
lv(5)=get(link5,'value');
lv(6)=get(link6,'value');
lv(7)=get(link7,'value');
lv(8)=get(link8,'value');
lv(9)=get(link9,'value');
lv(10)=get(link10,'value');
lv(11)=get(link11,'value');
lv(12)=get(link12,'value');
lv(13)=get(link13,'value');
lv(14)=get(link14,'value');
lv(15)=get(link15,'value');
lv(16)=get(link16,'value');
lv(17)=get(link17,'value');
lv(18)=get(link18,'value');

```

```

lv(19)=get(link19,'value');
lv(20)=get(link20,'value');
lv(21)=get(link21,'value');
lv(22)=get(link22,'value');
lv(23)=get(link23,'value');
lv(24)=get(link24,'value');
lv(25)=get(link25,'value');
lv(26)=get(link26,'value');
lv(27)=get(link27,'value');
lv(28)=get(link28,'value');
lv(29)=get(link29,'value');
lv(30)=get(link30,'value');
lv(31)=get(link31,'value');
lv(32)=get(link32,'value');
lv(33)=get(link33,'value');
lv(34)=get(link34,'value');
lv(35)=get(link35,'value');
lv(36)=get(link36,'value');
lv(37)=get(link37,'value');
lv(38)=get(link38,'value');
v1v=[186.01 68.84 69.7 110.98 50.32 92.28 75.36 138.87 52.38 67.24 88.97 35.69 30.75 164.42
31.7 93.74 175.21 48.53 80.55 93.03 16.45 44.57 94.33 64.24 39.2 102.57 42.17 136.06 84.76
30.07 125.88 109.52 21.41 157.64 30 14.02 178.19 34.78];

%Carga los archivos de datos
r=load('datos_remotos.txt');
e=load('datos_explotacion.txt');
%Calculo de distancia remota-satelite-explotacion
ro=6378.16+(r(v2,3)/1000);
x1=ro*cos(r(v2,2)*pi/180)*sin((90-r(v2,1))*pi/180);
y1=ro*sin(r(v2,2)*pi/180)*sin((90-r(v2,1))*pi/180);
z1=ro*cos((90-r(v2,1))*pi/180);
ro=6378.16+(e(v3,3)/1000);
x2=ro*cos(e(v3,2)*pi/180)*sin((90-e(v3,1))*pi/180);
y2=ro*sin(e(v3,2)*pi/180)*sin((90-e(v3,1))*pi/180);
z2=ro*cos((90-e(v3,1))*pi/180);
%Datos del satelite
xs=42164.2*cos(55.5*pi/180);
ys=42164.2*sin(55.5*pi/180);
zs=0;
%Caluculo
dt=sqrt((xs-x1)^2+(ys-y1)^2+(zs-z1)^2)+sqrt((xs-x2)^2+(ys-y2)^2+(zs-z2)^2);
%Calculo tiempo remota-satelite-explotacion en milisegundos
trse=(dt/299792)*1000;
%calculo tiempo satelital
ts=trse+2*v4+2*v5+v6;
%calculo tiempo microondas
v8=0;con=0;
for i=1:38
    if lv(i)==1
        v8=v8+v1v(i);
        con=con+1;
    end
end
tm=(v8/299792)*1000+(v9*v7)+(v10*2*con)+v11;

%calculo unidad retardadora
tur=ts-tm;
%Visualizacion de respuesta
titulo_rta=uicontrol(interfaz,'Style','text','position',[375 190 130 20],'string','Tiempo de Retardo:','FontSize',11,'FontWeight','normal','ForegroundColor',[0 0 0],'Fontname','MS Sans Serif');
respuesta=uicontrol(interfaz,'Style','edit','position',[505 190 60 20],'BackgroundColor','w');
titulo_u=uicontrol(interfaz,'Style','text','position',[565 180 30 30],'string','[ms]','FontSize',11,'FontWeight','normal','ForegroundColor',[0 0 0],'Fontname','MS Sans Serif');
set(respuesta,'String',tur);

```