



La versión digital de esta tesis está protegida por la Ley de Derechos de Autor del Ecuador.

Los derechos de autor han sido entregados a la “ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL” bajo el libre consentimiento del (los) autor (es).

Al consultar esta tesis deberá acatar con las disposiciones de la Ley y las siguientes condiciones de uso:

- Cualquier uso que haga de estos documentos o imágenes deben ser sólo para efectos de investigación o estudio académico, y usted no puede ponerlos a disposición de otra persona.
- Usted deberá reconocer el derecho del autor a ser identificado y citado como el autor de esta tesis.
- No se podrá obtener ningún beneficio comercial y las obras derivadas tienen que estar bajo los mismos términos de licencia que el trabajo original.

El Libre Acceso a la información, promueve el reconocimiento de la originalidad de las ideas de los demás, respetando las normas de presentación y de citación de autores con el fin de no incurrir en actos ilegítimos de copiar y hacer pasar como propias las creaciones de terceras personas.

Respeto hacia sí mismo y hacia los demás.

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y
ELECTRÓNICA**

**“OPTIMIZACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DE
TELECOMUNICACIONES DE PETROAMAZONAS EN LOS
BLOQUES 7 Y 21”**

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

WILSON RAÚL TRUJILLO MACHADO
wilsontico@hotmail.es

DIRECTOR: DR. ROBIN GERARDO ÁLVAREZ RUEDA
arobin7es@yahoo.es

Quito, 24 de Febrero del 2012

DECLARACIÓN

Yo, WILSON RAÚL TRUJILLO MACHADO, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

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

Wilson Raúl Trujillo Machado

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por TRUJILLO MACHADO WILSON RAÚL bajo mi supervisión.

DR. ROBIN GERARDO ÁLVAREZ RUEDA
DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTO

Principalmente a Dios por darme la sabiduría, inteligencia y fuerza para culminar lo que un día comenzó como un sueño.

A mi madre por ser el pilar fundamental en mi vida, por brindarme su cariño y apoyo en todos los momentos difíciles; a mi padre que siempre confió en mí y por darme sus consejos sabios cuando más lo necesitaba; a mis hermanos que siempre estaban pendientes.

En especial a mi hermano mayor Edison quien con su experiencia fue uno de mis soportes importantísimos al convertirse en mi guía para el desarrollo de la tesis, y por presionarme a cada momento para la culminación en el menor tiempo posible.

A mi primo Freddy Huilca quien me abrió las puertas para iniciar este proyecto dentro de su empresa, y de estar pendiente del avance del mismo.

A mis amigos y familiares quienes han estado siempre pendientes en mi formación profesional.

A mi director de proyecto (Dr. Robin Álvarez) quien aceptó dirigirme y por su gran apoyo para que esto sea posible, al personal de Petroamazonas (Gonzalo Maldonado, Paúl Yáñez, Fernando Segura) por darme la apertura para realizar este proyecto dentro de sus instalaciones, al personal de FULLDATA (Fernando Yáñez, Raúl Patiño) por permitirme realizar con ellos la implementación del proyecto y aportarme con sus conocimientos gracias a su experiencia en el tema.

CONTENIDO

| | |
|--|---------------|
| RESUMEN | 20 |
| PRESENTACIÓN | 22 |
| CAPÍTULO 1 | 23 |
| DESCRIPCIÓN ACTUAL DE LA INFRAESTRUCTURA DE TELECOMUNICACIONES EN LOS BLOQUES 7 Y 21..... | 23 |
| 1.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS BLOQUES 7 Y 21..... | 23 |
| 1.2 BREVE HISTORIA DE PERENCO..... | 26 |
| 1.2.1 CONTRATOS ASIGNADOS A PERENCO PARA LOS BLOQUES 7 Y 21..... | 26 |
| 1.2.2 ¿CÓMO INICIARON LOS CONFLICTOS CON PERENCO? | 26 |
| 1.2.2.1 Con las Comunidades..... | 26 |
| 1.2.2.2 Con el Gobierno..... | 27 |
| 1.3 PETROAMAZONAS..... | 27 |
| 1.3.1 INFRAESTRUCTURA TECNOLÓGICA | 29 |
| 1.4 SITUACION ACTUAL DE LOS BLOQUES 7 Y 21..... | 30 |
| 1.4.1 ESTACIONES DE PRODUCCIÓN | 30 |
| 1.4.1.1 Nombres de las Estaciones..... | 30 |
| 1.4.1.2 Coordenadas Geográficas de las Estaciones..... | 31 |
| 1.4.2 DESCRIPCIÓN DE LAS REDES EXISTENTES..... | 32 |
| 1.4.3 RED DE ENLACES DE MICROONDAS..... | 33 |
| 1.4.3.1 Equipamiento de cada Estación..... | 35 |
| a) Campamento Payamino | 35 |
| b) 24 de Mayo | 38 |
| c) Gacela | 40 |
| d) Oso CPF..... | 41 |
| e) Oso 9 | 43 |
| f) Oso A..... | 44 |
| g) Mono CPF | 46 |
| h) Jaguar..... | 47 |
| i) Estación Coca..... | 49 |
| j) Estación Yuralpa | 50 |
| k) Lobo 3 | 51 |
| 1.4.3.2 Requerimientos en las Estaciones..... | 52 |
| 1.4.3.2.1 Shelter en 24 de Mayo..... | 52 |
| 1.4.3.2.2 Shelter en Gacela..... | 53 |
| 1.4.3.2.3 Equipos de Conectividad (Networking)..... | 53 |
| 1.4.3.3 Características de los Enlaces..... | 54 |
| a) Enlace digital Campamento Payamino - 24 de Mayo..... | 54 |
| b) Enlace digital 24 de Mayo - Oso CPF..... | 56 |
| c) Enlace digital Campamento Payamino - Estación Coca..... | 57 |
| d) Radio teléfono Campamento Payamino - Estación Gacela..... | 59 |
| e) Enlace digital Campamento Payamino - 24 de Mayo..... | 60 |
| f) Enlace digital 24 de Mayo – Yuralpa..... | 61 |

| | |
|---|-----------|
| g) Enlace digital Oso CPF - Oso 9. | 63 |
| h) Enlace digital Oso CPF - Oso A. | 64 |
| i) Enlace digital Oso CPF - Mono CPF. | 65 |
| j) Enlace digital Campamento Payamino – Jaguar. | 66 |
| 1.4.3.4 Análisis de Problemas en la Red de Microondas. | 67 |
| 1.4.3.5 Requerimientos para mejorar la Red de Enlaces. | 68 |
| 1.4.3.5.1 Diseño de una Red con nuevos Radios. | 68 |
| 1.4.3.5.2 Nuevo trayecto para enlazar el Campamento Payamino con Oso CPF. | 69 |
| 1.4.4 SISTEMA VHF ACTUAL. | 69 |
| 1.4.4.1 Sistema VHF para el Bloque 7. | 70 |
| 1.4.4.2 Sistema VHF para el Bloque 21. | 72 |
| 1.4.4.3 Equipamiento del Sistema VHF. | 73 |
| 1.4.4.4 Requerimientos del Sistema VHF. | 74 |

CAPÍTULO 2 76

OPTIMIZACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DE TELECOMUNICACIONES... 76

| | |
|--|-----------|
| 2.1 CAMBIO DE SHELTER. | 76 |
| 2.1.1 CARACTERÍSTICAS SHELTER 2.54mx2.54mx2.40m. | 77 |
| 2.1.2 SISTEMA DE RESPALDO DE ENERGÍA 24VDC PARA 72 HORAS. | 81 |
| 2.1.2.1 Características. | 81 |
| 2.1.3 INVERSOR DE 12VDC A 120VAC. | 82 |
| 2.1.3.1 Características. | 82 |
| 2.1.4 TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE LOS SHELTERS. | 85 |
| 2.2 MEJORAS AL SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIONES VHF. | 87 |
| 2.2.1 NUEVOS RADIOS VHF. | 88 |
| 2.2.1.1 Cambio de Radios PRO 3100 por Radios PRO 5100. | 88 |
| 2.2.1.2 Cambio de Radios PRO 5150 por Radios PRO 7150. | 89 |
| 2.2.2 RADIO MOTOROLA PRO 5100. | 90 |
| 2.2.2.1 Especificaciones Técnicas. | 90 |
| 2.2.3 RADIO MOTOROLA PRO 7150. | 91 |
| 2.2.3.1 Especificaciones Técnicas. | 92 |
| 2.2.4 PROGRAMACIÓN DE LOS RADIOS. | 93 |
| 2.2.5 INSTALACIÓN DE LAS RADIOS EN LOS VEHÍCULOS. | 96 |
| 2.3 NUEVOS EQUIPOS DE CONECTIVIDAD. | 97 |
| 2.3.1 REQUERIMIENTOS PARA LA INSTALACIÓN. | 98 |
| 2.3.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS DE CONECTIVIDAD. | 99 |
| 2.3.2.1 Cisco Catalyst 2960, WS-C2960-8TC-L. | 100 |
| 2.3.2.2 Cisco 2911/K9. | 102 |
| 2.3.2.3 Cisco IE 3000 Switch-8, 10/100, +2T/SFP. | 103 |
| 2.3.2.4 Cisco 3925/K9. | 104 |
| 2.3.2.5 Cisco 7604. | 105 |
| 2.3.2.6 Cisco Aironet 1310, AIR-BR1310G-A-K9-R. | 106 |
| 2.3.2.7 Cisco Aironet 1310, AIR-BR1310G-A-K9. | 107 |
| 2.3.2.8 Antena Parabólica Grilla. | 108 |
| 2.3.2.9 Antena omnidireccional. | 109 |

CAPÍTULO 3 115**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE NUEVOS ENLACES DE MICROONDAS... 115****3.1 PASOS PARA ESTABLECER UN RADIOENLACE..... 115**

| | |
|--|-----|
| 3.1.1 DETERMINACIÓN DE LOS SITIOS PARA UBICACIÓN DE ANTENAS..... | 115 |
| 3.1.2 LEVANTAMIENTO DEL PERFIL..... | 117 |
| 3.1.3 DETERMINACIÓN DE ALTURAS DE LAS ANTENAS..... | 118 |
| 3.1.4 PRESUPUESTO DE POTENCIA DEL ENLACE..... | 118 |
| 3.1.5 ELEMENTOS DEL PRESUPUESTO DEL ENLACE..... | 118 |
| 3.1.5.1 Lado de transmisión..... | 120 |
| 3.1.5.2 Pérdidas de Propagación..... | 123 |
| 3.1.5.3 Lado del Receptor..... | 126 |

3.2 DISEÑO DE LOS RADIOENLACES 129

| | |
|---|-----|
| 3.2.1 ESQUEMA INICIAL..... | 130 |
| 3.2.2 SELECCIÓN DE LA NUEVA RUTA DE ENLACES..... | 131 |
| 3.2.2.1 Opciones para enlazar Campamento Payamino con Oso CPF..... | 132 |
| 3.2.3 ESTUDIOS RADIOELÉCTRICOS DEFINITIVOS..... | 142 |
| 3.2.3.1 Enlace Campamento Payamino – Estación Gacela..... | 143 |
| 3.2.3.2 Enlace Estación Gacela – Oso A..... | 145 |
| 3.2.3.3 Enlace Oso A – Oso CPF..... | 146 |
| 3.2.3.4 Enlace Oso CPF – Jaguar..... | 147 |
| 3.2.3.5 Enlace Jaguar – Mono CPF..... | 149 |
| 3.2.3.6 Enlace Oso CPF – Oso 9..... | 150 |
| 3.2.3.7 Enlace Campamento Payamino – Estación Coca..... | 151 |
| 3.2.3.8 Enlace Campamento Payamino – Lobo 3..... | 153 |
| 3.2.3.9 Enlace Campamento Payamino – 24 de Mayo..... | 154 |
| 3.2.3.10 Enlace 24 de Mayo – Yuralpa..... | 156 |
| 3.2.4 ESQUEMA FINAL DE LA NUEVA RED DE ENLACES DE MICROONDAS..... | 157 |
| 3.2.5 CÁLCULO DEL BALANCE DE POTENCIAS..... | 158 |
| 3.2.6 CÁLCULO DEL MARGEN DE DESVANECIMIENTO..... | 161 |
| 3.2.7 EQUIPOS Y ELEMENTOS A INSTALAR..... | 164 |
| 3.2.7.1 Radio Microonda Digital, marca MDS, modelo LEDR 1400F..... | 164 |
| 3.2.7.2 Antenas Gabriel, marca Mark..... | 167 |
| 3.2.7.3 Cable Heliac de ½”..... | 172 |
| 3.2.7.4 Cable Heliac de 7/8”..... | 173 |
| 3.2.7.5 Cable Flexible (Superflex)..... | 174 |
| 3.2.7.6 Conectores..... | 175 |
| 3.2.7.7 Protectores contra descargas atmosféricas (Polyphaser)..... | 177 |
| 3.2.7.8 Kits de Aterrizaje (Grounding Kit)..... | 178 |
| 3.2.7.9 Etiquetas..... | 178 |
| 3.2.7.10 Kit de Suspensión (Hanger Kit)..... | 178 |

3.3 IMPLEMENTACION DE LOS RADIOENLACES. 180

| | |
|--|-----|
| 3.3.1 PROCEDIMIENTO GENERAL DE LA INSTALACIÓN..... | 181 |
| 3.3.1.1 Ensamblaje de Antenas..... | 182 |
| 3.3.1.2 Ascenso e instalación de antenas..... | 183 |
| 3.3.1.3 Montaje de los radios MDS en el Rack..... | 184 |
| 3.3.1.4 Instalación del cable HELIAX..... | 185 |
| 3.3.1.5 Instalación de Hangers Kit..... | 186 |
| 3.3.1.6 Instalación de Ground Kit..... | 186 |

| | |
|--|------------|
| 3.3.1.7 Construcción y conexión del cable superflex..... | 187 |
| 3.3.1.8 Instalación del Line Arrestor (Polyphaser)..... | 187 |
| 3.3.1.9 Pruebas al cable..... | 188 |
| 3.3.1.10 Alineación de Antenas..... | 189 |
| 3.3.1.11 Nivel de señal..... | 190 |
| 3.3.1.12 Etiquetación de Cables..... | 191 |
| 3.3.1.13 Pruebas de Datos del Enlace..... | 191 |
| 3.3.2 INSTALACIÓN DE LOS RADIOENLACES..... | 192 |
| 3.3.2.1 Campamento Payamino..... | 192 |
| 3.3.2.2 Estación Coca..... | 201 |
| 3.3.2.3 Lobo 3..... | 203 |
| 3.3.2.4 Gacela..... | 206 |
| 3.3.2.5 Oso A..... | 210 |
| 3.3.2.6 Oso CPF..... | 214 |
| 3.3.2.7 Oso 9..... | 220 |
| 3.3.2.8 Jaguar..... | 223 |
| 3.3.2.9 Mono CPF..... | 226 |
| 3.3.2.10 24 de Mayo..... | 230 |
| 3.3.2.11 Yuralpa..... | 232 |
| 3.3.3 CRONOGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN DE LOS ENLACES..... | 234 |
| CAPÍTULO 4 | 239 |
| PRESUPUESTO DE COSTOS DEL PROYECTO | 239 |
| 4.1 ANÁLISIS DEL PRESUPUESTO DEL PROYECTO | 239 |
| 4.1.1 PRESUPUESTO SHELTER DE COMUNICACIONES..... | 240 |
| 4.1.2 PRESUPUESTO PROYECTO RADIOCOMUNICACIONES VHF..... | 241 |
| 4.1.3 PRESUPUESTO EQUIPOS DE CONECTIVIDAD..... | 243 |
| 4.1.4 PRESUPUESTO PARA EL PROYECTO DE RADIOENLACES..... | 246 |
| 4.1.5 PRESUPUESTO GENERAL DEL PROYECTO..... | 249 |
| 4.2 PROCESO DE ASIGNACIÓN DE FRECUENCIAS..... | 250 |
| 4.2.1 INFORMACIÓN LEGAL..... | 250 |
| 4.2.2 INFORMACIÓN FINANCIERA..... | 251 |
| 4.2.3 INFORMACIÓN TÉCNICA..... | 251 |
| CAPÍTULO 5 | 254 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 254 |
| 5.1 CONCLUSIONES | 254 |
| 5.2 RECOMENDACIONES | 257 |
| FUENTES BIBLIOGRÁFICAS | 259 |
| ANEXOS..... | 260 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| <i>CAPÍTULO 1</i> | 23 |
| <i>DESCRIPCIÓN ACTUAL DE LA INFRAESTRUCTURA DE TELECOMUNICACIONES EN LOS BLOQUES 7 Y 21</i> | 23 |
| Figura 1.1: Mapa de Bloques Petroleros de Ecuador..... | 24 |
| Figura 1.2: Mapa del Bloque 7. | 25 |
| Figura 1.3: Mapa Bloque 21..... | 25 |
| Figura 1.4: Esquema Bloque 15..... | 29 |
| Figura 1.5 Ubicación de los puntos de interés. | 32 |
| Figura 1.6: Esquema Global de radioenlaces actuales..... | 34 |
| Figura 1.7: Campamento Payamino. | 35 |
| Figura 1.8: Equipos de Comunicación en Campamento Payamino. | 36 |
| Figura 1.9: Cuarto de Equipos en C. Payamino | 37 |
| Figura 1.10: Comunidad 24 de Mayo..... | 38 |
| Figura 1.11: Equipos de Comunicación en 24 de Mayo. | 39 |
| Figura 1.12: Shelter en mal estado en 24 de Mayo. | 39 |
| Figura 1.13: Enlace VHF Actual en Gacela. | 40 |
| Figura 1.14: Estación Oso CPF..... | 41 |
| Figura 1.15: Equipos de Comunicación en Oso CPF. | 42 |
| Figura 1.16: Shelter de Comunicación en Oso CPF. | 42 |
| Figura 1.17: Estación Oso 9. | 43 |
| Figura 1.18: Equipos de Comunicación en Oso 9. | 43 |
| Figura 1.19: Shelter de Comunicación en Oso 9. | 44 |
| Figura 1.20: Estación Oso A. | 44 |
| Figura 1.21: Equipos de Comunicación en Oso A..... | 45 |
| Figura 1.22: Shelter de Comunicación en Oso A..... | 45 |
| Figura 1.23: Estación Mono CPF. | 46 |
| Figura 1.24: Equipos de Comunicación en Mono CPF..... | 46 |
| Figura 1.25: Caseta de Comunicación en Mono CPF..... | 47 |
| Figura 1.26: Estación Jaguar. | 47 |
| Figura 1.27: Equipos de Comunicación en Jaguar..... | 48 |
| Figura 1.28: Caseta de Comunicación en Jaguar. | 48 |
| Figura 1.29: Estación Coca. | 49 |
| Figura 1.30: Equipos de Comunicación en Estación Coca..... | 49 |

| | |
|---|-----------|
| Figura 1.31: Shelter de Comunicación en Estación Coca..... | 50 |
| Figura 1.32: Estación Yuralpa..... | 50 |
| Figura 1.33: Equipos de Comunicación en Yuralpa. | 51 |
| Figura 1.34: Estación Lobo 3. | 51 |
| Figura 1.35: Equipos de Comunicación en Lobo 3..... | 52 |
| Figura 1.36: Shelter deteriorado en 24 de Mayo. | 53 |
| Figura 1.37: Enlace Digital Campamento Payamino – 24 de Mayo..... | 55 |
| Figura 1.38: Enlace Digital 24 de Mayo – Oso CPF..... | 56 |
| Figura 1.39: Enlace Digital Campamento Payamino – Estación Coca. | 58 |
| Figura 1.40: Enlace Digital Campamento Payamino – Gacela..... | 59 |
| Figura 1.41: Enlace Digital Campamento Payamino – 24 de Mayo..... | 60 |
| Figura 1.42: Enlace Digital 24 de Mayo - Yuralpa. | 62 |
| Figura 1.43: Enlace Digital Oso CPF – Oso 9. | 63 |
| Figura 1.44: Enlace Digital Oso CPF – Oso A..... | 64 |
| Figura 1.45: Enlace Digital Oso CPF – Mono CPF. | 65 |
| Figura 1.46: Enlace Digital Campamento Payamino - Jaguar | 66 |
| Figura 1.47: Radiocomunicaciones VHF Bloque 7. | 70 |
| Figura 1.48: Radiocomunicaciones VHF Bloque 21. | 72 |
| Figura 1.49: Radios Portátiles y Móviles | 73 |
| Figura 1.50: Repetidor Kenwood TKR-750 | 74 |
| Figura 1.51: Antena Omnidireccional de 4 dipolos VHF | 74 |
| | |
| <i>CAPÍTULO 2</i> | <i>76</i> |
| <i>OPTIMIZACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DE TELECOMUNICACIONES</i> | <i>76</i> |
| Figura 2.1: Shelter deteriorado en el sector de 24 de Mayo. | 76 |
| Figura 2.2: Diagrama del Shelter. | 80 |
| Figura 2.3: Instalación del aire acondicionado con techo..... | 81 |
| Figura 2.4: Esquema Sistema de Energía..... | 82 |
| Figura 2.5: Inversor 12VDC / 110VAC..... | 83 |
| Figura 2.6: Ubicación del switch y router en la caseta. | 84 |
| Figura 2.7: Especificaciones Switch Cisco IE3000 y 2960..... | 84 |
| Figura 2.8: Especificaciones Router 3825 y 3925. | 85 |
| Figura 2.9: Transporte de los Shelter..... | 85 |
| Figura 2.10: Instalación de los Shelters..... | 86 |
| Figura 2.11: Radios Motorola antiguos vs nuevos. | 88 |

| | |
|--|------------|
| Figura 2.12: Radio Motorola PRO 5100..... | 90 |
| Figura 2.13: Radio Motorola PRO 7150..... | 91 |
| Figura 2.14: Programa “Profesional Radio CPS”..... | 93 |
| Figura 2.15: Programación de frecuencias en la radio..... | 94 |
| Figura 2.16: Verificación del modelo y la serie del equipo..... | 95 |
| Figura 2.17: Paso final para la programación de las Radios Motorola..... | 95 |
| Figura 2.18: Instalación de Antena y accesorios..... | 96 |
| Figura 2.19: Conexión de cables de antena y de energía..... | 96 |
| Figura 2.20: Paso final de la instalación de la radio en el vehículo..... | 96 |
| Figura 2.21: Esquema de los equipos de Networking..... | 99 |
| Figura 2.22: Cisco Catalyst 2960, WS-C2960-8TC-L..... | 100 |
| Figura 2.23: Router Cisco 2911/K9..... | 102 |
| Figura 2.24: Cisco IE 3000 Switch-8 10/100 + 2 T/SFP..... | 103 |
| Figura 2.25: Router Cisco 3925/K9, W/SPE100..... | 104 |
| Figura 2.26: Router Cisco 7604..... | 105 |
| Figura 2.27: Cisco Aironet 1310, AIR-BR1310G-A-K9-R..... | 106 |
| Figura 2.28: Cisco Aironet 1310, AIR-BR1310G-A-K9..... | 107 |
| Figura 2.29: Antena Parabólica Grilla 2,4 GHz 24 dBi N-Male Hyperlink..... | 108 |
| Figura 2.30: Patrones de radiación de la antena..... | 109 |
| Figura 2.31: Antena Omnidireccional 15dbi, 2.4 Ghz, HG2415U-Pro..... | 110 |
| Figura 2.32: Patrones de radiación de la antena..... | 111 |
| Figura 2.33: Esquema de equipos instalados en Jaguar..... | 113 |
| Figura 2.34: Esquema General de los equipos de conectividad para el Bloque 7-21..... | 114 |
| | |
| <i>CAPÍTULO 3</i> | <i>115</i> |
| <i>DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE NUEVOS ENLACES DE MICROONDAS</i> | <i>115</i> |
| Figura 3.1: Programa PTP LINKPLANNER..... | 117 |
| Figura 3.2. Trayectoria completa de transmisión entre transmisor y receptor..... | 119 |
| Figura 3.3: Potencia en dBm en función de la distancia para un radioenlace..... | 119 |
| Figura 3.4: Zona de Fresnel..... | 124 |
| Figura 3.5: Estaciones que poseen Infraestructura en el Bloque 7-21..... | 131 |
| Figura 3.6: Trayectos de las opciones A, B, C, D, E, F..... | 132 |
| Figura 3.7: Trayectos de las opciones G, H, I, J..... | 132 |
| Figura 3.8: Perfil Payamino – Oso CPF..... | 133 |
| Figura 3.9: Perfil Payamino-Jaguar con alturas actuales..... | 134 |

| | |
|---|-----|
| Figura 3.10: Perfil Payamino-Jaguar aumentado alturas en las torres. | 135 |
| Figura 3.11 Perfil con alturas actuales..... | 135 |
| Figura 3.12: Perfil Campamento Payamino – Estación Payamino..... | 136 |
| Figura 3.13: Perfil Enlace Oso A – Oso CPF..... | 137 |
| Figura 3.14: Perfil del enlace Gacela – Oso CPF. | 137 |
| Figura 3.15: Perfil del enlace Gacela – Oso CPF. | 138 |
| Figura 3.16: Perfil del enlace Gacela – Oso 9..... | 138 |
| Figura 3.17: Perfil del enlace Gacela – Jaguar..... | 139 |
| Figura 3.18: Perfil del enlace Gacela – Jaguar, con aumento de torre..... | 140 |
| Figura 3.19: Perfil del enlace Lobo 3 – Jaguar..... | 140 |
| Figura 3.20: Opción “E” escogida (3 saltos)..... | 142 |
| Figura 3.21: Perfil entre Payamino y Gacela. | 144 |
| Figura 3.22: Perfil entre Gacela y Oso A..... | 146 |
| Figura 3.23: Perfil entre Oso A y Oso CPF. | 147 |
| Figura 3.24: Perfil entre Oso CPF y Jaguar. | 148 |
| Figura 3.25: Perfil enlace Jaguar – Mono CPF. | 150 |
| Figura 3.26: Perfil del Enlace Oso CPF – Oso 9..... | 151 |
| Figura 3.27: Perfil Campamento Payamino – Estación Coca. | 152 |
| Figura 3.28: Perfil del Enlace Campamento Payamino – Lobo 3. | 154 |
| Figura 3.29: Perfil del Enlace Campamento Payamino – 24 de Mayo..... | 155 |
| Figura 3.30: Perfil del Enlace 24 de Mayo – Yuralpa. | 157 |
| Figura 3.31: Esquema Final de la Red de Enlaces..... | 158 |
| Figura 3.32 Radio marca MDS, modelo LEDR 1400F..... | 165 |
| Figura 3.33: Conexión directa mediante el puerto de consola LEDR..... | 166 |
| Figura 3.34: Conexión directa mediante el puerto Ethernet..... | 166 |
| Figura 3.35: Arreglo de una Estación Típica. | 167 |
| Figura 3.36: Antena Parabólica Grilla. | 168 |
| Figura 3.37: Diagramas de radiación antena parabólica grilla..... | 168 |
| Figura 3.38: Cable Helix de 1/2” ANDREW, tipo LDF4-50A..... | 172 |
| Figura 3.39: Cable Helix de 7/8” ANDREW, tipo AVA5-50..... | 173 |
| Figura 3.40: Cable Superflex FSJ4-50B 1/2”..... | 174 |
| Figura 3.41: Conector L4TNM-PS. | 175 |
| Figura 3.42: Conector AL5NMPS. | 175 |
| Figura 3.43: Conector F4PNMV2HC. | 176 |
| Figura 3.44: Polyphaser y Forma de conexión. | 177 |

| | |
|---|-----|
| Figura 3.45: Grounding Kit (Kit de tierra). | 178 |
| Figura 3.46: Kit de Suspensión ANDREW (Hanger Kit) para cable de 1/2" y 7/8"..... | 179 |
| Figura 3.47: Ubicación de equipos y elementos desde la torre hasta la caseta. | 179 |
| Figura 3.48: Antenas empacadas. | 182 |
| Figura 3.49: Ensamblaje de antenas. | 182 |
| Figura 3.50: Personas necesarias para subir las antenas..... | 183 |
| Figura 3.51: Ascenso e Instalación de antenas de 3 y 6 pies..... | 184 |
| Figura 3.52: Instalación de Radios MDS y sus Fuentes de Poder. | 185 |
| Figura 3.53: Instalación del cable HELIAX y sus conectores..... | 185 |
| Figura 3.54 Instalación de Hangers kit..... | 186 |
| Figura 3.55: Instalación del Ground Kit. | 186 |
| Figura 3.56: Construcción y conexión del Cable Superflex. | 187 |
| Figura 3.57: Line Arrestor colocado en la estructura del rack..... | 187 |
| Figura 3.58: Pérdidas en el cable. | 188 |
| Figura 3.59: Pérdidas de Retorno..... | 189 |
| Figura 3.60: Nivel de señal en el display del Radio MDS..... | 190 |
| Figura 3.61: Nivel de señal, SNR y Potencia de salida vía Browser. | 190 |
| Figura 3.62: Etiquetación de cables. | 191 |
| Figura 3.63: Prueba de Datos..... | 192 |
| Figura 3.64: Instalación de antenas en Payamino..... | 193 |
| Figura 3.65: Radios MDS y Fuentes en Payamino..... | 194 |
| Figura 3.66: Instalación de cables HeliAx, Hangers kit, Ground Kit y etiquetas. | 195 |
| Figura 3.67: Interconexión cable HeliAx, Line Arrestor y Cable Superflex. | 196 |
| Figura 3.68: Nivel de señal de los cuatro enlaces desde Payamino..... | 198 |
| Figura 3.69: Nivel de señal, SNR y Potencia de salida (Payamino – Lobo 3) | 199 |
| Figura 3.70: Nivel de señal, SNR y Potencia de salida (Payamino – Estación Coca) | 199 |
| Figura 3.71: Nivel de señal, SNR y Potencia de salida (Payamino – Gacela) | 199 |
| Figura 3.72: Prueba de Datos (Payamino - Estación Coca)..... | 200 |
| Figura 3.73: Prueba de Datos (Payamino - Lobo 3)..... | 200 |
| Figura 3.74: Prueba de Datos (Payamino - Gacela)..... | 200 |
| Figura 3.75: Instalación Antena (izq) y Radio MDS con su fuente en el rack (der). | 201 |
| Figura 3.76: Instalación cable heliAx, hangers kit, etiquetas y ground kit..... | 201 |
| Figura 3.77: Instalación line arrestor en el rack y cable superflex. | 202 |
| Figura 3.78: Nivel se señal del enlace..... | 203 |
| Figura 3.79: Instalación de la antena, el radio MDS y su fuente en el rack..... | 203 |

| | |
|---|-----|
| Figura 3.80: Instalación Cable heliax, hangers kit, ground kit y etiquetas. | 204 |
| Figura 3.81: Conexión del cable superflex, line arrestor y radio. | 204 |
| Figura 3.82: Nivel de señal del enlace..... | 205 |
| Figura 3.83: Perdidas de retorno hacia Payamino..... | 205 |
| Figura 3.84: Antenas instaladas en la torre de Gacela..... | 206 |
| Figura 3.85: Radios MDS y Fuentes en Gacela. | 207 |
| Figura 3.86: Instalación de los cables, hangers kit, ground kit y etiquetas..... | 207 |
| Figura 3.87: Conexión del cable superflex en Gacela. | 208 |
| Figura 3.88: Perdidas de retorno (der.) y Pérdidas en el cable (izq.)..... | 208 |
| Figura 3.89: Nivel de señal del enlace Gacela-Payamino. | 209 |
| Figura 3.90: Antenas instaladas en la torre de Oso A..... | 210 |
| Figura 3.91: Radios MDS y Fuentes en el rack de Oso A..... | 211 |
| Figura 3.92: Conexión del Line Arrestor y el Cable Superflex. | 212 |
| Figura 3.93: Perdidas por Acoplamiento en Oso A. | 212 |
| Figura 3.94: Nivel de señal del enlace Oso A-Gacela..... | 213 |
| Figura 3.95: Prueba de Datos en Oso A-Gacela..... | 213 |
| Figura 3.96: Antenas instaladas en la torre de Oso A..... | 214 |
| Figura 3.97: Radios MDS y Fuentes instalados en el rack de Oso A..... | 215 |
| Figura 3.98: Instalación de los tres cables Heliax de ½". | 215 |
| Figura 3.99: Conexión del cable superflex. | 216 |
| Figura 3.100: Pérdidas por Acoplamiento Oso CPF - Jaguar..... | 217 |
| Figura 3.101: Pérdidas por Acoplamiento (der.) y pérdidas en el cable (izq.)..... | 217 |
| Figura 3.102: Nivel de Señal, SNR y Potencia de Salida. | 218 |
| Figura 3.103: Pruebas de Datos Oso CPF-Oso A | 218 |
| Figura 3.104: Pruebas de Datos Oso CPF-Oso 9..... | 218 |
| Figura 3.105: Configuración de Red..... | 219 |
| Figura 3.106: Antena instalada en la torre de Oso 9. | 220 |
| Figura 3.107: Radios MDS y fuentes instalados en el rack de Oso 9. | 220 |
| Figura 3.108: Conexión del cable superflex. | 221 |
| Figura 3.109: Conexión del Ground Kit a la torre. | 221 |
| Figura 3.110 Pérdidas por Acoplamiento en Oso 9. | 222 |
| Figura 3.111: Nivel de Señal, SNR, Potencia de Salida (OSO 9 – OSO CPF). | 222 |
| Figura 3.112: Configuración de Red (OSO 9 – OSO CPF)..... | 223 |
| Figura 3.113: Antenas instaladas en la torre de Jaguar..... | 223 |
| Figura 3.114: Instalación del cable Heliax de ½". | 224 |

| | |
|---|---------|
| Figura 3.115: Radios MDS y fuentes en el rack de Jaguar. | 224 |
| Figura 3.116: Instalación de los Hangers Kit. | 225 |
| Figura 3.117: Nivel de señal de los enlaces desde Jaguar..... | 225 |
| Figura 3.118: Pérdidas de Retorno..... | 226 |
| Figura 3.119: Pruebas de Datos Jaguar-Oso CPF. | 226 |
| Figura 3.120: Ubicación definitiva de la antena en la torre..... | 227 |
| Figura 3.121: Antena instalada en la torre de Mono CPF..... | 227 |
| Figura 3.122: Conexión del cable superflex. | 228 |
| Figura 3.123: Conexión del Ground kit hacia la torre..... | 228 |
| Figura 3.124: Pruebas realizadas al cable. | 229 |
| Figura 3.125: Nivel de señal del enlace Mono CPF-Jaguar..... | 229 |
| Figura 3.126: Prueba de Datos Mono CPF-Jaguar..... | 229 |
| Figura 3.127: Antenas instaladas en 24 de Mayo. | 230 |
| Figura 3.128: Radios MDS instalados en 24 de Mayo. | 230 |
| Figura 3.129: Instalación del cable Heliac, hanger kit y etiquetas en 24 de Mayo. | 231 |
| Figura 3.130: Instalación de ground kit y cable superflex en 24 de Mayo. | 231 |
| Figura 3.131: Niveles de señal en 24 de Mayo. | 232 |
| Figura 3.132: Antena instalada en Yuralpa..... | 232 |
| Figura 3.133: Radio MDS instalado en Yuralpa..... | 233 |
| Figura 3.134: Cable Heliac, superflex, hanger Kit, etiquetas y poliphaser en Yuralpa... 233 | |
| Figura 3.135: Nivel de señal en Yuralpa..... | 233 |
| Figura 3.136: Personal especializado responsable de la implementación. | 236 |
| Figura 3.137: Esquema completo después de la instalación. | 237 |
| <i>CAPÍTULO 4</i> | 239 |
| <i>PRESUPUESTO DE COSTOS DEL PROYECTO</i> | 239 |
| Figura 4.1: Costo del Shelter normal. | 240 |
| Figura 4.2: Costo del Shelter con respaldo de energía 24Vdc para 72 horas..... | 241 |
| Figura 4.3: Costo de equipos Sistema VHF..... | 242 |
| Figura 4.4: Valor unitario de los equipos de conectividad. | 243 |
| Figura 4.5: Costo de instalación de equipos conectividad..... | 245 |
| Figura 4.6: Costos de implementación de la nueva red de enlaces. | 248 |
| Figura 4.7: Solicitud presentada a la SENATEL..... | 253 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|------------|
| <i>CAPÍTULO 1</i> | 23 |
| <i>DESCRIPCIÓN ACTUAL DE LA INFRAESTRUCTURA DE TELECOMUNICACIONES EN LOS BLOQUES 7 Y 21.</i> | 23 |
| Tabla 1.1: Coordenadas geográficas de los sitios del Bloque 7 y 21. | 31 |
| Tabla 1.2: Características radio Alvarion y antena. | 55 |
| Tabla 1.3: Características radio Alvarion y antena. | 57 |
| Tabla 1.4: Características radio Alvarion y antena. | 58 |
| Tabla 1.5: Características radio Motorola PRO 3100 y antena. | 59 |
| Tabla 1.6: Características radio MOSELEY y antenas. | 61 |
| Tabla 1.7: Características radio MOSELEY y antenas. | 62 |
| Tabla 1.8: Características radio Mikrotik y antenas. | 64 |
| Tabla 1.9: Características radio Mikrotik y antenas. | 65 |
| Tabla 1.10: Características radio Mikrotik y antenas. | 66 |
| Tabla 1.11: Características radio MOSELEY y antenas. | 67 |
| Tabla 1.12 Canales VHF para cubrir el Bloque 7 y sus alrededores. | 71 |
| Tabla 1.13 Canales VHF para cubrir el Bloque 21 y alrededores. | 72 |
| | |
| <i>CAPÍTULO 2</i> | 76 |
| <i>OPTIMIZACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DE TELECOMUNICACIONES.</i> | 76 |
| Tabla 2.1: Requerimiento de nuevos Radios Motorola VHF y accesorios. | 89 |
| Tabla 2.2: Especificaciones Técnicas. | 109 |
| Tabla 2.3: Especificaciones Técnicas | 111 |
| Tabla 2.4: Cantidad de equipos de conectividad en cada sitio. | 112 |
| | |
| <i>CAPÍTULO 3</i> | 115 |
| <i>DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE NUEVOS ENLACES DE MICROONDAS</i> | 115 |
| Tabla 3.1: Valores típicos de pérdida en los cables para 2,4GHz. | 121 |
| Tabla 3.2: Radio (metros) para la primera zona de Fresnel. | 125 |
| Tabla 3.3: Sensibilidad típica del receptor de tarjetas de red inalámbricas. | 126 |
| Tabla 3.4: Sensibilidad para Radios MDS, modelo LEDR 1400. | 127 |
| Tabla 3.5: Enlace de 50Km. | 128 |
| Tabla 3.6: Enlace de 1 Km. | 129 |
| Tabla 3.7: Distancia entre las Estaciones. | 130 |

| | |
|---|---------|
| Tabla 3.8: Nivel de señal recibida de los enlaces. | 161 |
| Tabla 3.9: Resumen Margen de Confiabilidad de los enlaces..... | 164 |
| Tabla 3.10: Modelos de antenas, marca Mark, tipo Parabólica Grilla..... | 168 |
| Tabla 3.11: Resumen de instalación de cables y antenas en Payamino..... | 196 |
| Tabla 3.12: Resumen pruebas realizadas a los cables instalados en Payamino. | 198 |
| Tabla 3.13: Resumen de los enlaces de RF en Payamino | 200 |
| Tabla 3.14: Resumen de instalación en Estación Coca. | 202 |
| Tabla 3.15: Resumen del enlace en Estación Coca..... | 203 |
| Tabla 3.16: Resumen de instalación en Lobo 3. | 204 |
| Tabla 3.17: Resumen del enlace de RF en Lobo 3..... | 205 |
| Tabla 3.18: Resumen de instalación en Gacela. | 208 |
| Tabla 3.19: Resumen de pruebas realizadas a los cables instalados en Gacela. | 209 |
| Tabla 3.20: Resumen de los enlaces en Gacela..... | 209 |
| Tabla 3.21: Resumen de instalación (cables y antenas) en Oso A. | 212 |
| Tabla 3.22: Resumen de pruebas realizadas a los cables instalados en Oso A. | 213 |
| Tabla 3.23: Resumen de los enlaces de RF en Oso A..... | 213 |
| Tabla 3.24: Resumen de instalación (cables y antenas) Oso CPF..... | 216 |
| Tabla 3.25: Resumen de pruebas realizadas a los cables instalados en Oso CPF..... | 217 |
| Tabla 3.26: Resumen de los enlaces de RF en Oso CPF. | 219 |
| Tabla 3.27: Resumen de instalación (cables y antenas) Oso 9..... | 221 |
| Tabla 3.28: Resumen de pruebas al cable en Oso 9..... | 222 |
| Tabla 3.29: Resumen de instalación (cables y antenas) Jaguar. | 225 |
| Tabla 3.30: Resumen de los enlaces de RF en Jaguar..... | 225 |
| Tabla 3.31: Resumen de instalación (cables y antenas) Mono CPF. | 228 |
| Tabla 3.32: Resumen de pruebas realizadas a los cables instalados (Mono CPF)..... | 229 |
| <i>CAPÍTULO 4</i> | 239 |
| <i>PRESUPUESTO DE COSTOS DEL PROYECTO</i> | 239 |
| Tabla 4.1: Costo total de los equipos de conectividad. | 244 |
| Tabla 4.2: Costo total instalación equipos de conectividad..... | 245 |
| Tabla 4.3: Lista de Equipos y materiales para el Proyecto de Radioenlaces. | 247 |
| Tabla 4.4: Presupuesto Total | 249 |

CONTENIDO DE ANEXOS

| | |
|--|------------|
| ANEXO 1: PROGRAMA PTP LINKPLANNER DE MOTOROLA | 261 |
| ANEXO 2: RADIOS MICROONDA DIGITAL MDS LEDR 1400F | 264 |
| ANEXO 3: CARACTERÍSTICAS DE ANTENAS DE MICROONDA..... | 268 |
| ANEXO 4: CARACTERÍSTICAS DE CABLE HELIAX DE ½” | 273 |
| ANEXO 5: CARACTERÍSTICAS DE CABLE HELIAX DE 7/8”..... | 274 |
| ANEXO 6: CARACTERÍSTICAS DE CABLE SUPERFLEX DE ½’ | 277 |
| ANEXO 7: CARACTERÍSTICAS DE HANGERS KIT | 278 |
| ANEXO 8: CARACTERÍSTICAS DE GROUNDING KIT..... | 280 |
| ANEXO 9: LIGHTING ARRESTOR - POLYPHASER..... | 283 |
| ANEXO 10: CARACTERÍSTICAS DE CONECTORES..... | 285 |
| ANEXO 11: RESUMEN DE LOS ENLACES INSTALADOS | 286 |

RESUMEN

El presente proyecto se realizó para el Departamento de TI (Tecnología de la Información) de Petroamazonas, con el objetivo de modernizar las casetas de telecomunicaciones (Shelter), los equipos de conectividad (networking) y la red de VHF; e implementar una nueva red de enlaces de microonda digital para unir todas las Estaciones de los Bloques 7 y 21.

Se inicia visitando las Estaciones de los Bloques 7 y 21 para constatar la situación actual de su infraestructura física, los equipos de networking, los equipos y elementos que conforman la red de microondas y la red de VHF.

La anterior empresa PERENCO dejó a los Bloques 7 y 21 con sistemas de comunicación obsoletos y desactualizados. Por lo que junto al Departamento de TI se evaluó nuevas tecnologías y equipos que permitan renovar y estandarizar la red de enlaces de microondas que había cumplido su ciclo de vida útil.

Actualmente para llegar desde el Campamento Payamino hacia las demás Estaciones se hace con un salto en el Repetidor 24 de Mayo, pero en este sitio existen constantes apagones de la red eléctrica pública y por tanto al cortarse este enlace automáticamente se cae gran parte de la red de los Bloques 7 y 21. Entonces para solventar este problema se realizó el estudio de factibilidad de nuevos enlaces y se encontró una nueva ruta para llegar a las demás Estaciones sin tener que utilizar este sitio como repetidor. Mientras que los enlaces de la ruta anterior seguirán siendo utilizados pero como respaldo o de Backup.

Se requiere aumentar la capacidad de la red para soportar aplicaciones futuras y al momento solo se cuenta con enlaces menores a 1E1 en todos los trayectos, lo cual resulta insuficiente. Es por esto que se realizó el diseño de nuevos enlaces de microondas con equipos que permitan aumentar el ancho de banda de la red, para lo cual se implementaron enlaces de 2E1 y 4E1 con radios MDS, modelo LEDR 1400F. Utilizando como herramienta el software PTP LINKPlanner para simular los radioenlaces y comprobar los diferentes parámetros.

En cuanto al Sistema de VHF actual, los equipos portátiles y bases son modelos antiguos y desactualizados, no tienen la propiedad de ser intrínsecamente seguros (para trabajar en áreas de gases) y no existen en stock para usuarios nuevos, por lo que se propuso modernizarlos manteniendo los mismos enlaces y Repetidoras.

En base a la investigación en el mercado, los nuevos radios VHF que se compraron son de marca Motorola, modelos PRO 7150 y PRO 5100, los mismos que luego de ser configurados fueron entregados al personal e instalados en los vehículos, permitiendo cubrir los problemas existentes.

Se constató la existencia de switchs con pocos puertos disponibles para conectar más equipos siendo un limitante para el crecimiento de la red actual en los próximos años. Además los routers necesitaban ser reemplazados porque eran modelos discontinuados. Como resultado del análisis en conjunto con la empresa se escogió a la marca CISCO como el nuevo estándar corporativo porque cumple con los requerimientos, por su presencia mundial en el mercado de tecnología y porque con esta marca se están estandarizando todos los Bloques Petroleros de Petroamazonas.

Se compraron dos shelters nuevos, amplios y cómodos, ya que los actuales son estrechos y están bastante deteriorados. Uno de ellos incluye un banco de baterías de 24Vdc para 72horas y un inversor de 12Vdc a 120Vac para soportar el problema de los cortes de energía en la zona.

Al final se obtuvo un Sistema de Telecomunicaciones moderno, estandarizado y capaz de soportar servicios adicionales tales como videoconferencias, teléfonos IP, cámaras IP, puntos de acceso inalámbricos, etc. Dentro de instalaciones mejoradas con Shelters nuevos y amplios que permitirán alargar la vida útil de los equipos. Y con un sistema de VHF actualizado que permitirá al personal mantenerse comunicados permanentemente durante los traslados dentro y fuera de las Estaciones de los Bloques 7 y 21.

PRESENTACIÓN

El capítulo I describe la infraestructura actual del Sistema de Telecomunicaciones de los Bloques 7 y 21, iniciando con una reseña histórica de estos Bloques, presentando una descripción de su estado actual acompañado de fotografías y analizando sus necesidades para mejorar el Sistema.

El Capítulo II describe las mejoras para optimizar al Sistema de Telecomunicaciones, realizando la modernización de shelters, equipos de networking y equipos de VHF, acompañada de las características de estos equipos y elementos nuevos.

El Capítulo III detalla el diseño e implementación de la nueva red de radioenlaces entre las Estaciones de los Bloques 7 y 21, utilizando el programa PTP LINKPlanner y las características técnicas de los equipos y elementos para la obtención de los Perfiles Topográficos. Para complementar la información se incluyen fotografías de la implementación de los radioenlaces, configuración de los equipos y las pruebas realizadas a los mismos antes de ponerlos operativos por parte de Petroamazonas.

El capítulo IV describe los costos de implementación del Proyecto: Costo de Shelter, equipos de VHF, equipos de networking y de los equipos de los radioenlaces.

El capítulo V presenta las conclusiones del trabajo realizado y se emiten recomendaciones que servirán para dar mantenimiento preventivo y/o correctivo a los equipos del proyecto.

Al final del trabajo se incluyen anexos que amplían ciertos temas tratados en cada capítulo como: datos de equipos y elementos utilizados en el Proyecto.

CAPÍTULO 1

DESCRIPCIÓN ACTUAL DE LA INFRAESTRUCTURA DE TELECOMUNICACIONES EN LOS BLOQUES 7 Y 21.

El enfoque de este capítulo es la descripción de la situación en la que se encontraban las Estaciones en los Bloques 7 y 21 en cuanto a su infraestructura física, los equipos y elementos que conforman tanto la red de microondas como la red de VHF, los equipos de networking, etc.

Se analiza la situación actual de la empresa lo cual es básico para definir los lineamientos para iniciar el desarrollo del proyecto. Es decir "lo que se tiene y lo que se desea obtener". Esto permitirá tener una idea más clara de los beneficios con los que se contará luego de implementado el diseño del proyecto.

Se empezará describiendo la historia de los Bloques 7 y 21 (conocido también como Bloque 7-21), y de las empresas que lo administraron; ya que de esto también depende la justificación del proyecto.

1.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS BLOQUES 7 Y 21.

Los Bloques 7 y 21 cubren un área total de 400 mil hectáreas de Bosque Amazónico y territorios indígenas. El Bloque 7 se encuentra ubicado en la Provincia de Orellana y el Bloque 21 en la Provincia de Napo.

Estos Bloques son parte de la Reserva de la Biósfera Yasuní y alberga parte del territorio Huaorani. Una parte del bloque 21 también está dentro de la Reserva de la Biósfera Sumaco. Los pueblos Nativos dentro del área son las Comunidades kichwas (Manguilla, Comuna Centro Manduro, Patasyacu, Puerto Colón, Corazón del Oriente, Hermano Miguel), Huaorani y colonas (Flor de

Manduro, García Moreno, La Belleza, Asociación Payamino, Conde, Magdalena, Las Palmas, Nueva Fátima, El Cristal, Asociación Río Punino, Jaguar 2, Jabalí, Vencedores, El Mono)

En las figuras 1.1, 1.2 y 1.3 se muestran los mapas de los Bloques 7 y 21 ubicados en la Amazonía Ecuatoriana.

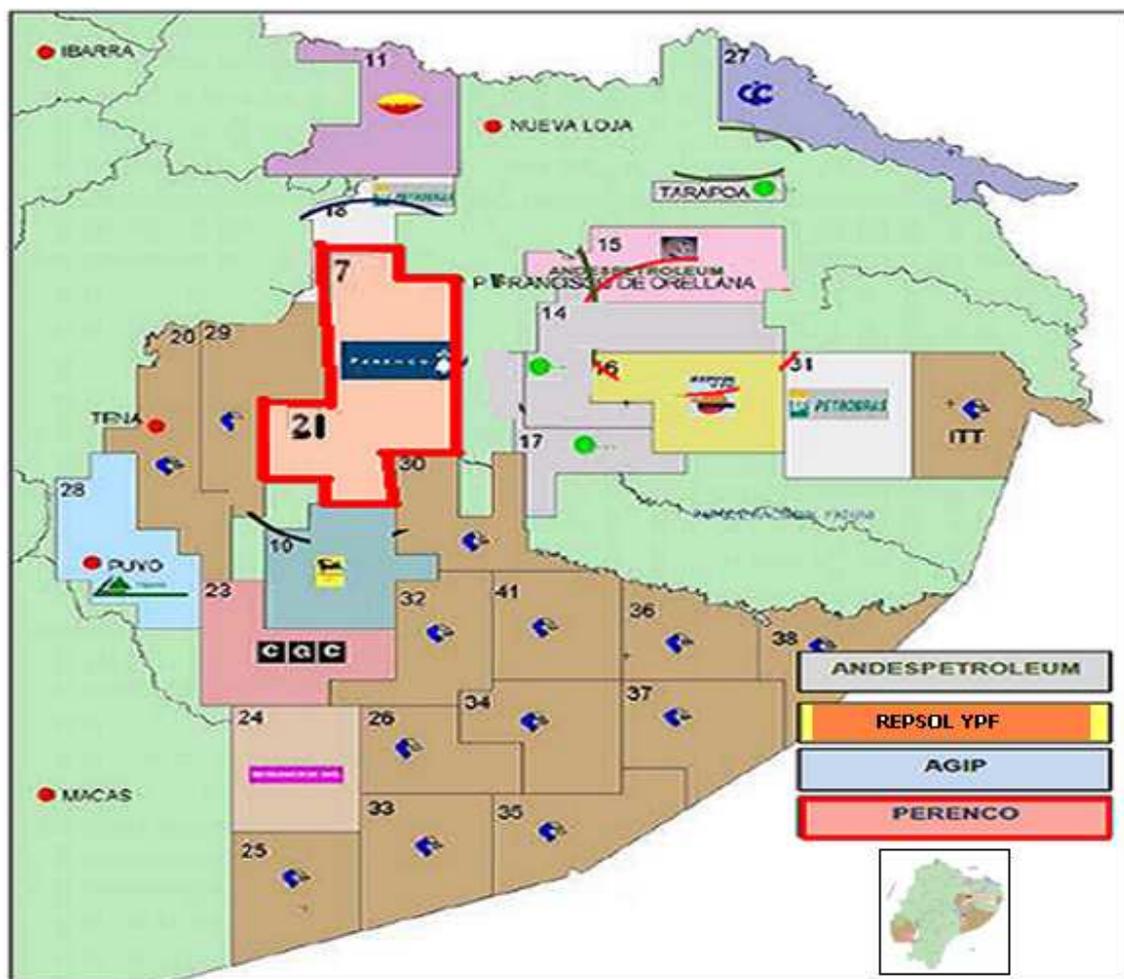


Figura 1.1: Mapa de Bloques Petroleros de Ecuador.
Fuente: <http://www.dinapa.org>

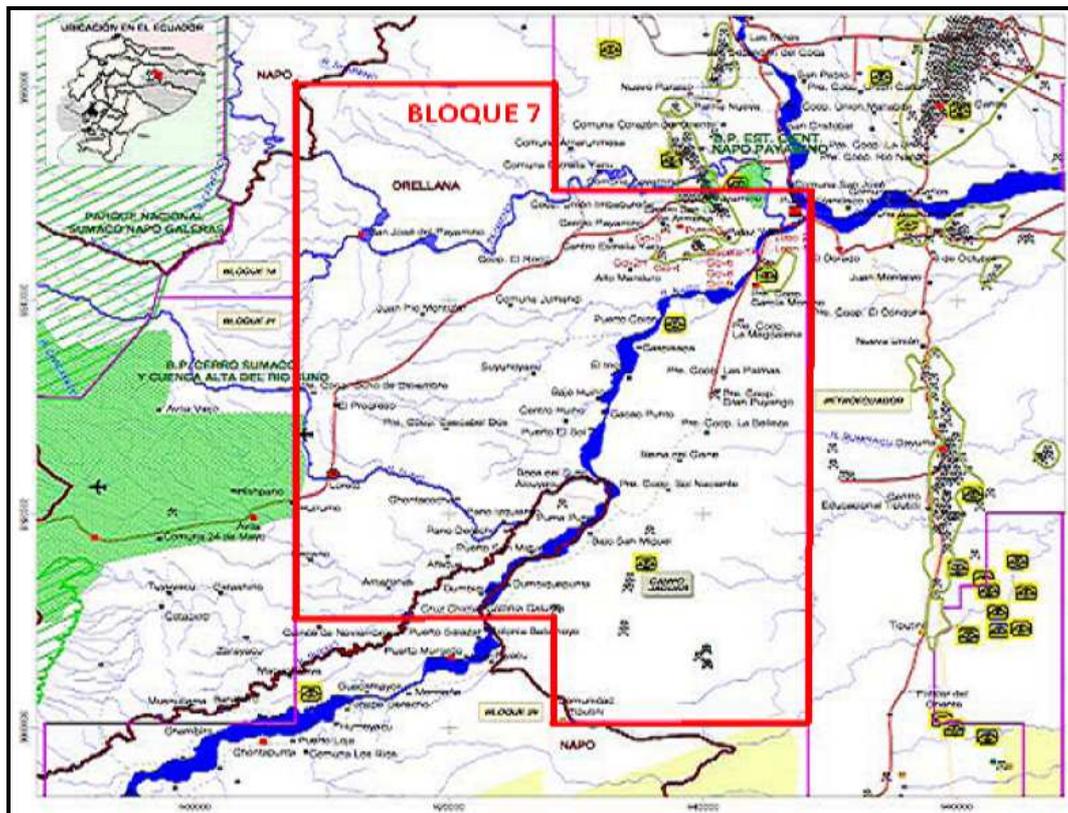


Figura 1.2: Mapa del Bloque 7.
 Fuente: <http://www.accionecologica.org>

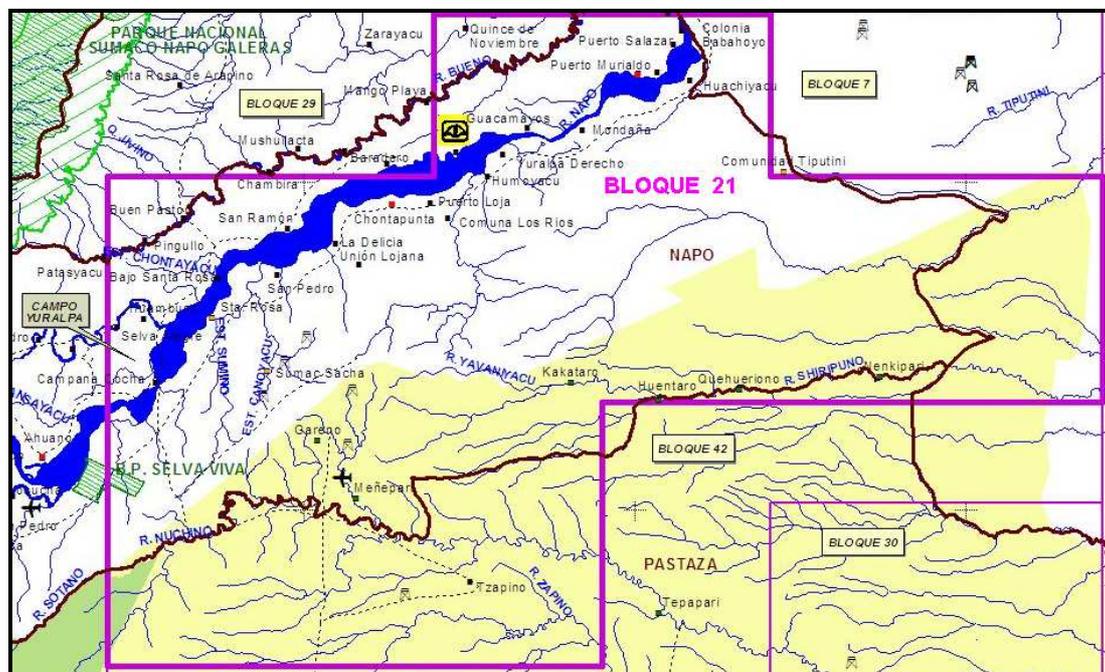


Figura 1.3: Mapa Bloque 21.
 Fuente: <http://www.accionecologica.org>

1.2 BREVE HISTORIA DE PERENCO.

En Ecuador la empresa en referencia entra con el nombre de PERENCO ECUADOR LIMITED ("PERENCO ECUADOR"). Tenía su matriz ubicada en la ciudad de Quito, en la Av. Amazonas N35-89 y Corea, en el Edificio Amazonas 4000, Pisos 8, 9 y 10.

En el año 2001 comienza a producir en 6 campos petroleros del Bloque 7 y el campo Yuralpa del Bloque 21. También tenía una participación del 4% en el Oleoducto de Crudos Pesados (OCP). Tuvo a su control más de 200 mil hectáreas de bosque amazónico y territorios indígenas, y fue el Operador de los Bloques 7 y 21 en Ecuador hasta el 17 de Julio del 2009, por motivos que se explican más adelante.

1.2.1 CONTRATOS ASIGNADOS A PERENCO PARA LOS BLOQUES 7 Y 21.

El 18 de diciembre de 1985 se firma el contrato para el **Bloque 7** entre British Petroleum y CEPE en ese entonces. Posteriormente el 23 de marzo del 2000 se firmó un contrato con Kerr McGee y después pasa a manos de **PERENCO**¹.

El 20 de marzo de 1995 se firma el contrato entre Petroecuador y Oryx para el **Bloque 21**. Aunque la operación del bloque 21 queda en manos de Oryx, luego en el año 2000 es asignado a **PERENCO**.

1.2.2 ¿CÓMO INICIARON LOS CONFLICTOS CON PERENCO?

1.2.2.1 Con las Comunidades.

La compañía empezó a tener conflictos con todas las comunidades afectadas por los derrames de petróleo y por su parte PERENCO inició una persecución a los líderes locales que se oponían a la extracción de petróleo. Originando una

¹ <http://www.enlazandoalternativas.org/IMG/pdf/natres2fullcasesp.pdf>

mala imagen de la empresa, mal vista por los gobiernos de turno, y que con el paso de los años sería uno de los motivos para dar por terminado los contratos.

1.2.2.2 Con el Gobierno².

Todo comenzó cuando el 11 de julio de 2006, el Gobierno crea la Ley 42, que obliga a pagar al Estado el 99% de las ganancias obtenidas por la venta de crudo a un precio más alto al referencial del contrato y que los pagos tendrían que hacerse mensualmente. La compañía consideró el cobro como ilegal, sin embargo, hasta finales de marzo de 2008 PERENCO realizó los pagos requeridos bajo esta Ley, mientras las partes intentaban negociar.

Pero el 12 de abril de 2008, el Presidente del Ecuador puso la gota que derramó el vaso, anunciando que suspende cualquier intento de negociación futura. Entonces el 16 de julio del 2009 PERENCO suspende las operaciones en los Bloques 7 y 21. Originando una deuda de 342 millones de dólares generados por no entregar al Estado los excedentes de las ganancias que obtuvo. Ante esto, PETROECUADOR notificó a la petrolera estatal **PETROAMAZONAS** para que asuma las operaciones de los bloques 7 y 21 de PERENCO.

Por lo tanto, durante todos estos años de controversia la Petrolera PERENCO no realizó ninguna inversión en cuanto a nueva tecnología. Hoy en día se tiene un sistema de comunicaciones desactualizado con equipos que ya han cumplido su tiempo de vida útil y con una variedad de marcas (sin estandarizar).

1.3 PETROAMAZONAS.

PETROAMAZONAS EP es una Empresa Pública dedicada a la gestión de las actividades asumidas por el Estado en el sector estratégico de los hidrocarburos y sustancias que los acompañan, en las fases de exploración y explotación

² <http://icsid.worldbank.org/ICSID/FrontServlet?requestType=CasesRH&actionVal=showDoc&docId>

petrolera, encargada de los campos del Bloque 15, incluido Pañacocha; del mantenimiento del Bloque 31 y administrador temporal de los Bloques 7 y 21 que estaban a cargo de PERENCO; con patrimonio propio, autonomía presupuestaria, financiera, económica, administrativa y de gestión; creada al amparo de la Ley Orgánica de Empresas Públicas, mediante Decreto Ejecutivo No. 314 de 06 de abril de 2010, publicado en el Registro Oficial Suplemento No. 171 de 14 de abril de 2010.

Su **misión** es operar los campos petroleros de manera eficiente, sustentable y segura, con responsabilidad social y ambiental, con el aporte del mejor talento humano para contribuir al desarrollo energético del Ecuador.

Su **visión** ser la empresa referente del Estado ecuatoriano y líder de la industria nacional de hidrocarburos por su eficiencia, integridad y confiabilidad, a la vanguardia de la responsabilidad social y ambiental, enfocada a la expansión local y regional.

El talento humano es una prioridad para Petroamazonas EP, para lograr un equipo de trabajo eficiente, la empresa aplica sistemas especializados en la selección de personal. Los principales valores que se buscan son la ética y el profesionalismo. La empresa cuenta actualmente con 835 personas que laboran bajo un contrato de trabajo estable, pero que opera en función de la llamada “meritocracia”: remuneraciones basadas en el cumplimiento de objetivos empresariales e individuales y en la evaluación del desempeño de cada persona.

Los trabajadores de Petroamazonas EP están ubicados tanto en Quito como en los campos EPF³, CPF⁴ y el proyecto Pañacocha, en la Amazonía, en las provincias de Sucumbíos, Napo y Orellana. La disciplina es la característica de quienes trabajan directamente en los campos, quienes además interactúan en forma armoniosa con las comunidades adyacentes a los lugares donde opera la empresa.

³ EPF: Facilidades de Producción el Eden.

⁴ CPF: Centro de Facilidades de Producción, ubicado en el Bloque 15.

1.3.1 INFRAESTRUCTURA TECNOLÓGICA

Según los expertos en el tema, actualmente la Unidad Bloque 15 (Figura 1.4) opera con una de las instalaciones más modernas y automatizadas de Latinoamérica. La automatización de los pozos permite realizar un monitoreo, análisis y configuración de los mismos en tiempo real. De esta manera se logra que los pozos operen de una manera eficiente dentro de los rangos definidos por el fabricante, prolongando la vida útil de los equipos e incrementando su producción.

Cada pozo transmite su información a un servidor central, ubicado en el Campamento EPF de Edén-Yuturi en donde se procesa y se almacena la información. La misma es posteriormente analizada por los usuarios de Quito, campos de CPF y EPF. Debido a las distancias entre locaciones y el Campamento donde se encuentran los servidores, algunos de los pozos se comunican vía radio mientras que otros se conectan directamente al anillo de fibra óptica de la Red SCADA, como se muestra en la figura 1.4.

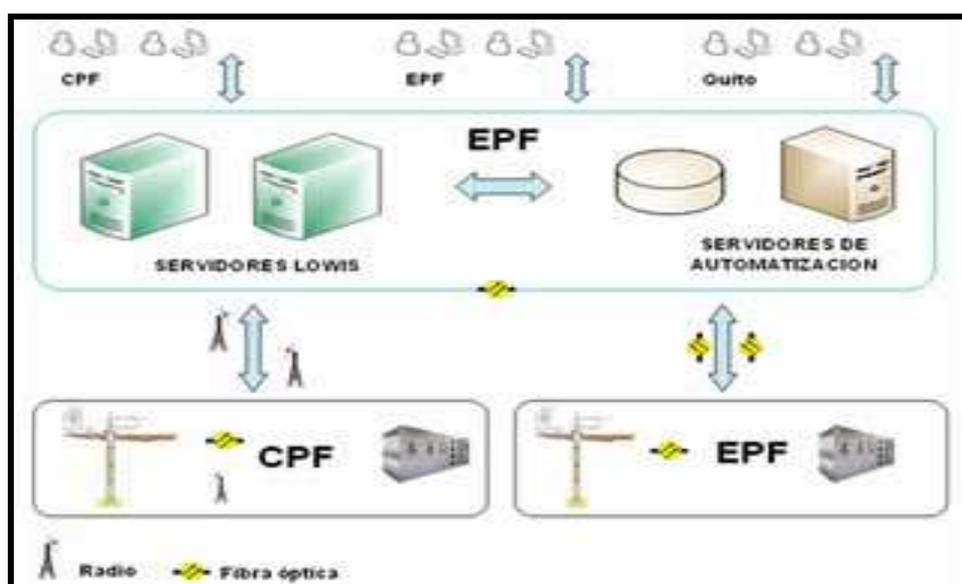


Figura 1.4: Esquema Bloque 15
Fuente: Petroamazonas

El presente proyecto se analizó junto con el Departamento de TI (Tecnología de la Información) de PETROAMAZONAS y se evaluó nuevas tecnologías que permitan estandarizar, renovar infraestructura que ya había cumplido su ciclo de vida útil y que permita implementar un nuevo Sistema de comunicaciones en algunos Bloques, entre ellos se encuentran los Bloque 7 y 21.

1.4 SITUACION ACTUAL DE LOS BLOQUES 7 Y 21.

Se empieza describiendo los nombres de las Estaciones o Campos de producción que se encuentran dentro de los Bloques 7 y 21, y su ubicación geográfica, desde donde se realizan los trabajos para la extracción de petróleo.

1.4.1 ESTACIONES DE PRODUCCIÓN.

1.4.1.1 Nombres de las Estaciones.

En el Bloque 7 se encuentra la mayoría de las Estaciones de producción que están involucradas en el presente proyecto, a continuación se mencionan los nombres de estas Estaciones:

- Campamento Payamino.
- Estación Coca.
- Gacela.
- Lobo 3.
- Oso A.
- Oso CPF.
- Oso 9.
- Jaguar.
- Mono CPF

Dentro del bloque 21 solamente existe un campo de producción:

- Yuralpa.

Dentro del bloque 21 también está el recinto 24 de Mayo, no lo mencionamos anteriormente porque no es un campo de producción, sino que sirve sólo como punto de repetición para llegar a otros pozos, pero sí lo consideraremos dentro de los análisis posteriores.

1.4.1.2 Coordenadas Geográficas de las Estaciones.

En la tabla 1.1 se indican las coordenadas geográficas de los sitios mencionados anteriormente y que están involucrados en el desarrollo del proyecto:

| Sitio | Latitud | Longitud | Elevación (m) |
|---------------------|---------------|---------------|---------------|
| Campamento Payamino | 00 26 50.40 S | 77 01 02.70 W | 268.540 |
| 24 de Mayo | 00 44 43.00 S | 77 25 50.00 W | 590.330 |
| Estación Coca | 00 24 40.00 S | 77 04 14.00 W | 268.440 |
| Lobo 3 | 00 31 50.75 S | 77 00 59.15 W | 311.440 |
| Jaguar | 00 47 00.52 S | 77 06 00.85 W | 345.128 |
| Oso CPF | 00 42 46.92 S | 77 08 52.09 W | 301.381 |
| Oso 9 | 00 40 38.78 S | 77 07 36.08 W | 275.302 |
| Oso A | 00 39 52.98 S | 77 08 20.73 W | 273.440 |
| Estación Gacela | 00 29 37.50 S | 77 03 06.40 W | 294.900 |
| Mono CPF | 00 50 13.20 S | 77 02 49.00 W | 308.000 |
| Yuralpa | 01 00 15.00 S | 77 24 12.00 W | 399.000 |

Tabla 1.1: Coordenadas geográficas de los sitios del Bloque 7 y 21.
Fuente: Petroamazonas

Adicionalmente mostramos en la *figura 1.5* un mapa de referencia, que nos permite visualizar la ubicación de estos sitios en la Amazonía Ecuatoriana. Este gráfico se obtuvo utilizando la herramienta del Programa Google Earth.

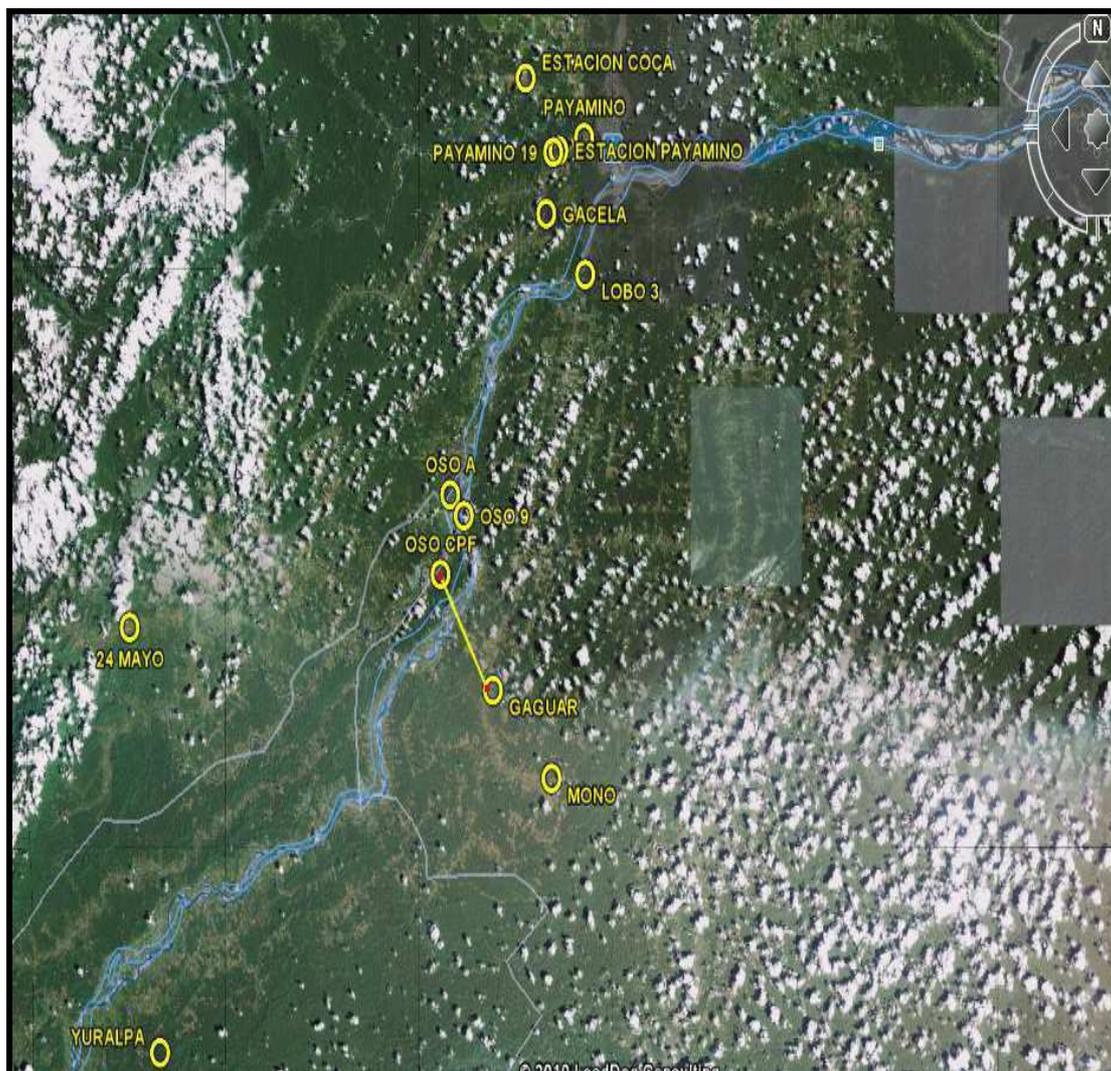


Figura 1.5 Ubicación de los puntos de interés.
Fuente: Empresa FULL DATA

1.4.2 DESCRIPCIÓN DE LAS REDES EXISTENTES.

Todas las Estaciones se hallan unidas gracias al sistema de telecomunicaciones el cual es fundamental para la coordinación de las operaciones de los Bloques 7 y 21, y es dirigido por el Departamento de TI (Tecnología de la Información) de PETROAMAZONAS acantonado en el Campamento Payamino, como base principal de operaciones, desde donde el personal de TI realiza la supervisión y mantenimiento de todas las Estaciones involucradas en la red de enlaces.

El sistema de telecomunicaciones existente consta de un Sistema de radioenlaces de microondas para el transporte de información entre las diferentes Estaciones, y de un Sistema de VHF para estar comunicados vía radios portátiles (Handy) que tienen todo el personal y con bases móviles instaladas en los vehículos y oficinas.

Cabe indicar que previamente se realizó una visita técnica a cada Campamento para constatar el estado de la infraestructura de telecomunicaciones. Enseguida se describen estos dos Sistemas, acompañados de gráficos y fotografías para una mejor comprensión.

1.4.3 RED DE ENLACES DE MICROONDAS.

El Sistema de comunicaciones funciona con tecnología digital. Está conformada por varios enlaces que parten desde el Campamento Payamino hacia las demás Estaciones. Las marcas de los diferentes tipos de radios con los que cuenta el esquema de enlaces, son los siguientes:

- Radios ALVARION 2.4GHz.
- Radios ALVARION 5.8GHz.
- Radios MOSELEY 1.5GHz.
- Radios MOSELEY 900MHz.
- Radios Cisco Aironet 2.4GHz
- Radios Mikrotik 5.8GHz.
- Radios LinkSys 2,4GHz.

A continuación mostramos en la figura 1.6 un esquema global que indica cómo se encuentran distribuidas las Estaciones y los radioenlaces digitales.

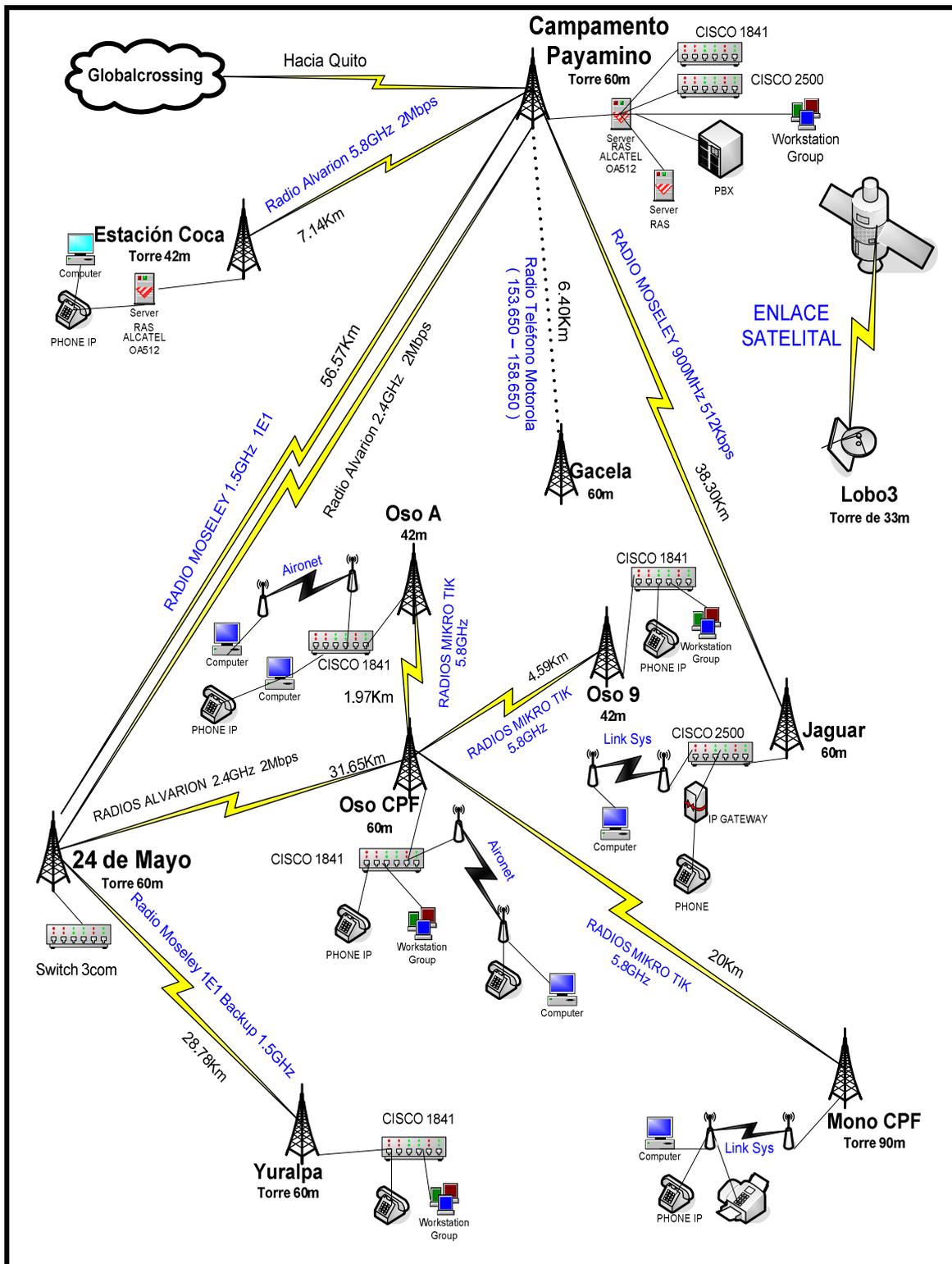


Figura 1.6: Esquema Global de radioenlaces actuales.

1.4.3.1 Equipamiento de cada Estación.

Para ampliar el esquema anterior, vamos a describir con gráficos y datos técnicos, los equipos y la infraestructura con los que cuenta la red de enlaces de microonda en cada Estación.

a) Campamento Payamino

Es el Campamento Principal de los Bloques 7 y 21, por lo tanto cuenta con la mejor infraestructura con relación a las demás, se encuentra a 15 minutos de la ciudad del Coca. Desde aquí se realiza la gestión y administración de todas las Estaciones de producción, mediante el personal perteneciente a cada Departamento.

Hasta acá llega la información de todas las Estaciones de los Bloques 7 y 21, y desde aquí se envía hacia la Matriz de Petroamazonas en la ciudad de Quito, mediante un enlace de 1E1 que provee Globalcrossing, lo cual se muestra en la figura 1.7.

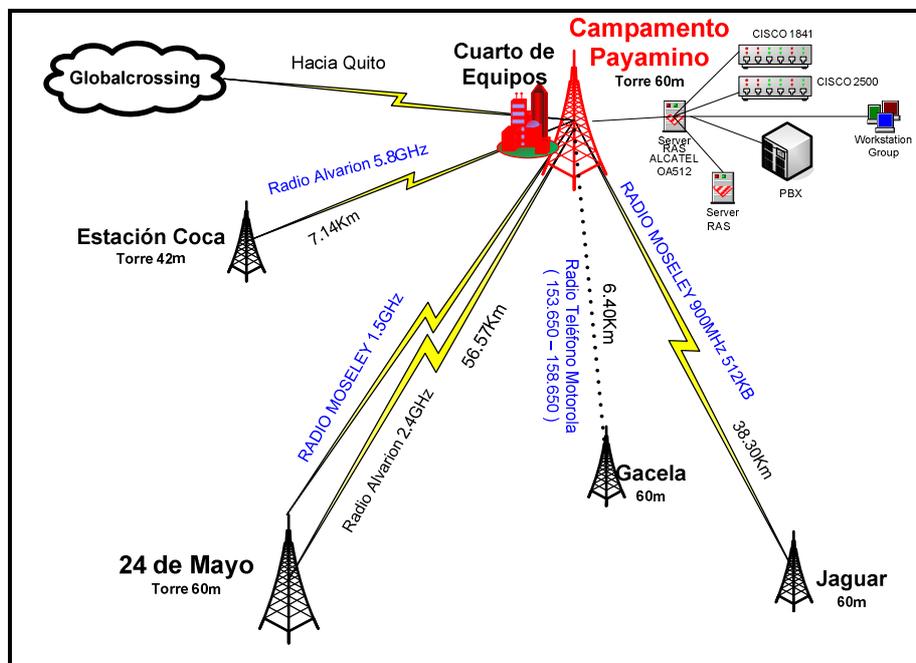


Figura 1.7: Campamento Payamino.

En este Campamento existe una torre autoportada de 60 metros, en donde se encuentran colocadas las antenas de los siguientes enlaces (figura 1.8):

- Enlace con 24 de Mayo, mediante radios Moseley NXE1 y antena parabólica plato sólido de 6 pies, que concentra la información de la Estación Yuralpa.
- Enlace con 24 de Mayo, mediante radios Alvarion y antena parabólica Grilla de 6 pies, que transporta la información de 4 Estaciones.
- Enlace con Jaguar, mediante radios Moseley NX64 y antena semiparabólica Grilla.
- Enlace con Estación Coca, mediante radios Alvarion con antena interna tipo Flat Panel.
- Enlace hacia Quito, antena plato sólido que pertenece a Global Crossing.

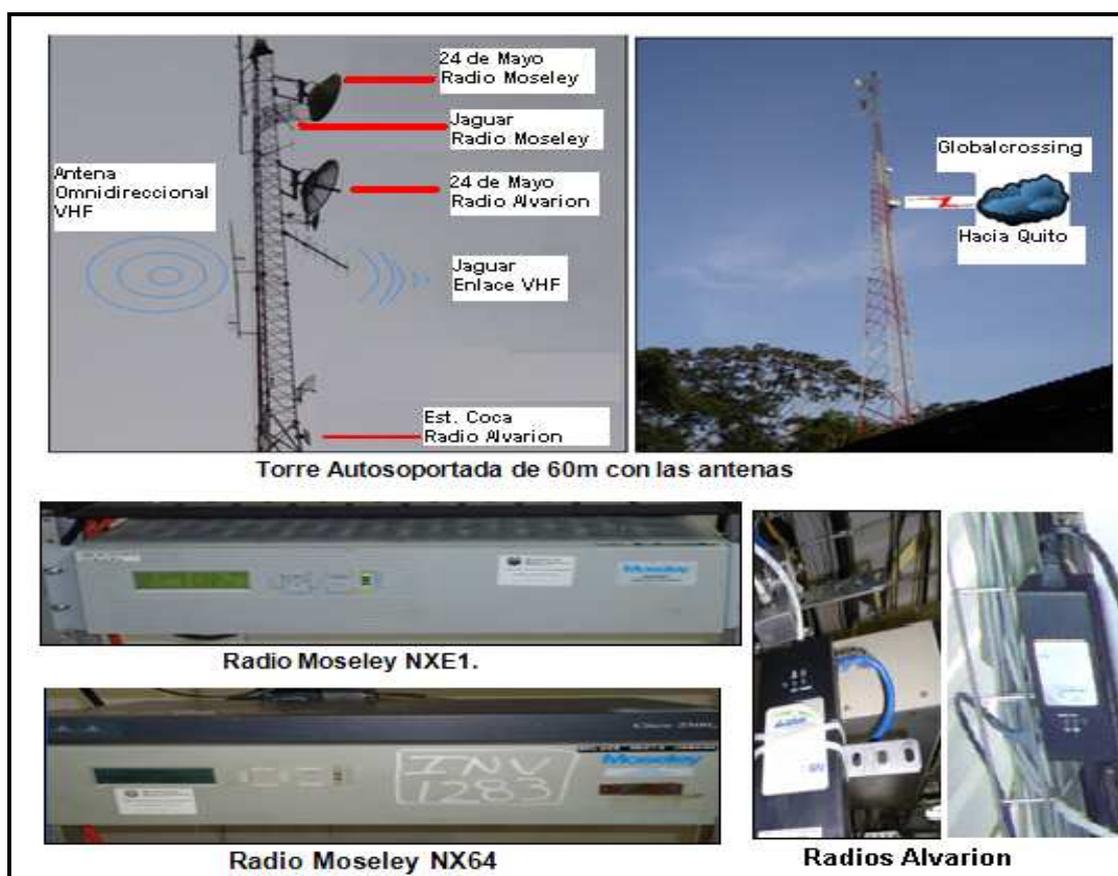


Figura 1.8: Equipos de Comunicación en Campamento Payamino.

Posee un amplio cuarto de equipos (figura 1.9) con cuatro racks y aire acondicionado en su interior, el mismo que se encuentra junto a las oficinas del Departamento de TI y cerca a la torre de comunicaciones.



Figura 1.9: Cuarto de Equipos en C. Payamino

En esta Estación no se necesita realizar cambios ni mejoras en cuanto a su infraestructura física.

Al momento están instalados routers marca Cisco modelo 2500 y 1841. El primero permite interconectar la red de las Estaciones del Bloque 7-21 y el otro entre el Campamento Payamino con la Matriz de Quito.

El router 1841 no estaba en buenas condiciones, y según los técnicos del Campamento mencionaron que en alguna ocasión tocó reiniciarlo para que los enlaces vuelvan a funcionar. Mientras que el router 2500 es un modelo que ya está discontinuado. Por lo que se recomienda reemplazar los dos equipos por otros router de mejores características.

b) 24 de Mayo

Este sitio no es un campo de producción de petróleo, sino que sirve como punto de repetición para llegar desde el Campamento Payamino hasta las Estaciones de Yuralpa y Oso CPF, tal como indica la figura 1.10. La infraestructura (Shelter y torre) se encuentra instalada dentro del Colegio Técnico Agropecuario “Ávila”. Por tal motivo, PETROAMAZONAS paga un arriendo mensual por ocupar este espacio dentro del Colegio.

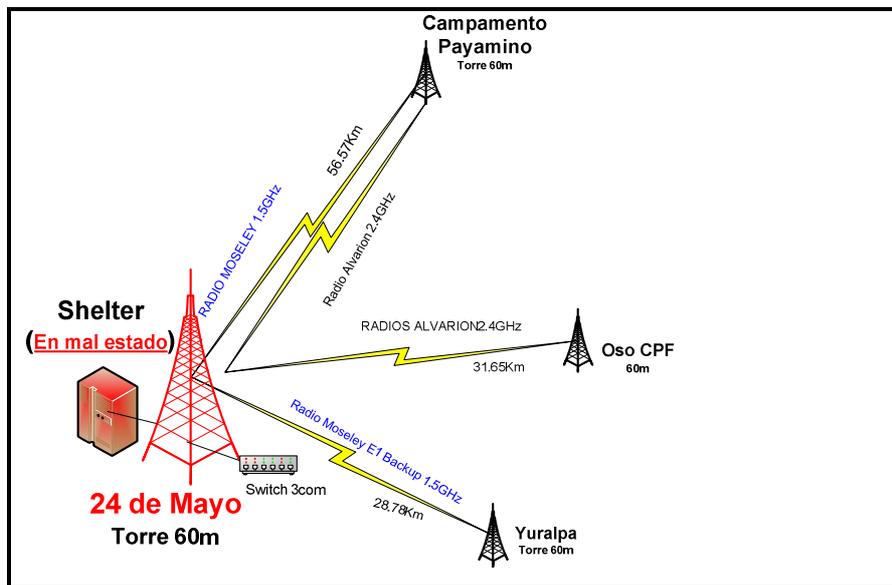


Figura 1.10: Comunidad 24 de Mayo.

Posee una torre tensada de 60 metros, en la cual están instaladas las antenas de cuatro enlaces de microondas (figura 1.11):

- Enlace con Campamento Payamino, mediante radios Moseley NXE1 y antenas parabólicas plato sólido de 6pies.
- Enlace con Campamento Payamino, mediante radios Alvarion y antenas parabólicas Grilla de 6 pies.
- Enlace con Yuralpa, mediante radios Moseley NXE1 y antenas parabólicas plato sólido de 6 pies.
- Enlace con Oso CPF, mediante radios Alvarion y antenas Grilla.



Figura 1.11: Equipos de Comunicación en 24 de Mayo.

En este sitio el Shelter⁵ de comunicación actual de la figura 1.12 se encuentra bastante deteriorado, por lo que es necesario cambiarlo por uno nuevo de mejores características.



Figura 1.12: Shelter en mal estado en 24 de Mayo.

Por otro lado, el banco de baterías que sirve de respaldo para los cortes de energía no es suficiente, ya que por lo general en este sitio la energía se restablece al siguiente día de lo ocurrido. Entonces se necesita instalar junto con el nuevo shelter un banco de baterías de mayor capacidad de respaldo.

⁵ Shelter: Cabina reforzada y aislada de la humedad donde se encuentran ubicados los equipos de comunicación.

En cuanto a los equipos de networking, en este sitio existe un switch 3com de 16 puertos. Pero no existe ningún ruteador, por lo que se requiere adquirir uno nuevo.

c) Gacela

En esta Estación existe una torre autoportada de 60m. No existe ningún enlace para transportar datos de producción hacia el Campamento Payamino, es por esto que no existe ninguna caseta para colocar los equipos. La comunicación con este sitio se lo hace mediante radio VHF, por encontrarse a corta distancia del Campamento Payamino, como se muestra en la figura 1.13.

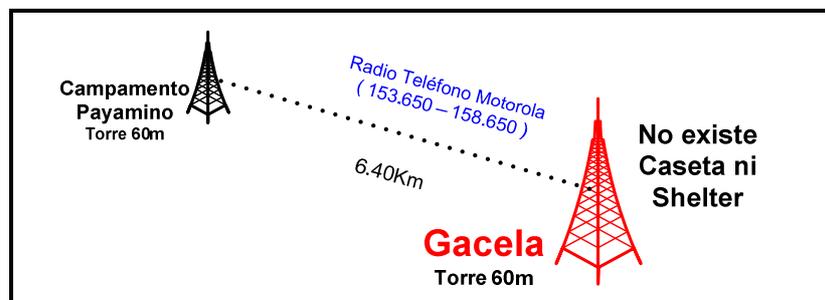


Figura 1.13: Enlace VHF Actual en Gacela.

Puesto que se tiene planificado implementar un nuevo enlace de microonda digital con este sitio desde el Campamento Payamino y no existe ninguna caseta ni shelter para colocar los futuros equipos de comunicación. Se requiere de un nuevo shelter de comunicaciones para cubrir esta necesidad, incluyendo la compra de nuevos equipos de networking.

d) Oso CPF

Sirve como punto central para enlazarse con Oso 9, Oso A y Mono CPF. La información que recibe de estos sitios, es enviada al Campamento Payamino haciendo un salto en 24 de Mayo, tal como indica la figura 1.14.

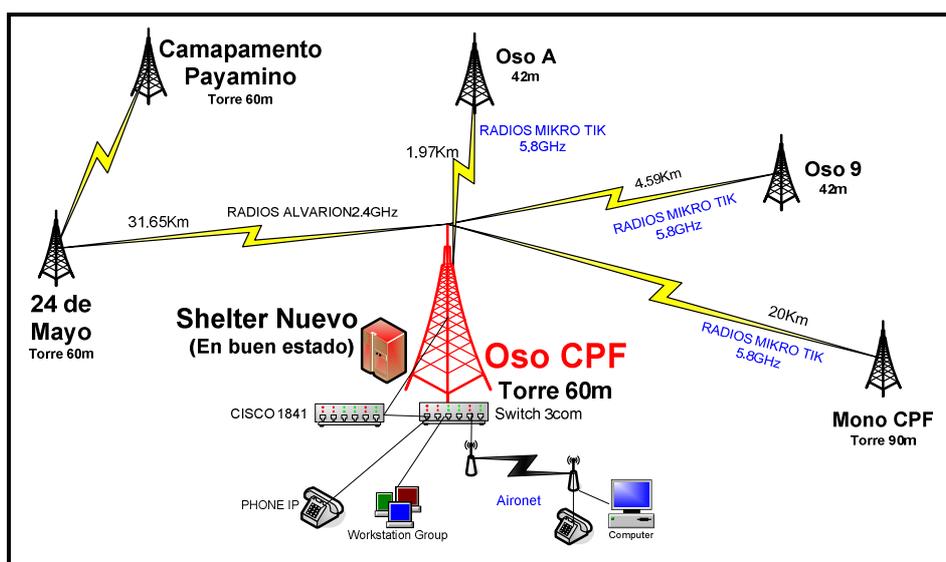


Figura 1.14: Estación Oso CPF.

Posee una torre tensada de 60 metros, en la cual están instaladas cinco antenas para los siguientes enlaces (figura 1.15):

- Enlace con 24 de Mayo, mediante radios Alvarion y antenas Grilla.
- Enlace con Mono CPF, mediante radios Mikrotik y antena parabólica plato sólido de 3 pies.
- Enlace con Oso A, mediante radio Mikrotik y antena Grilla.
- Enlace con Oso 9, mediante radio Mikrotik y antena Grilla.
- Enlace con Oso B, mediante radio Mikrotik y antena Grilla.

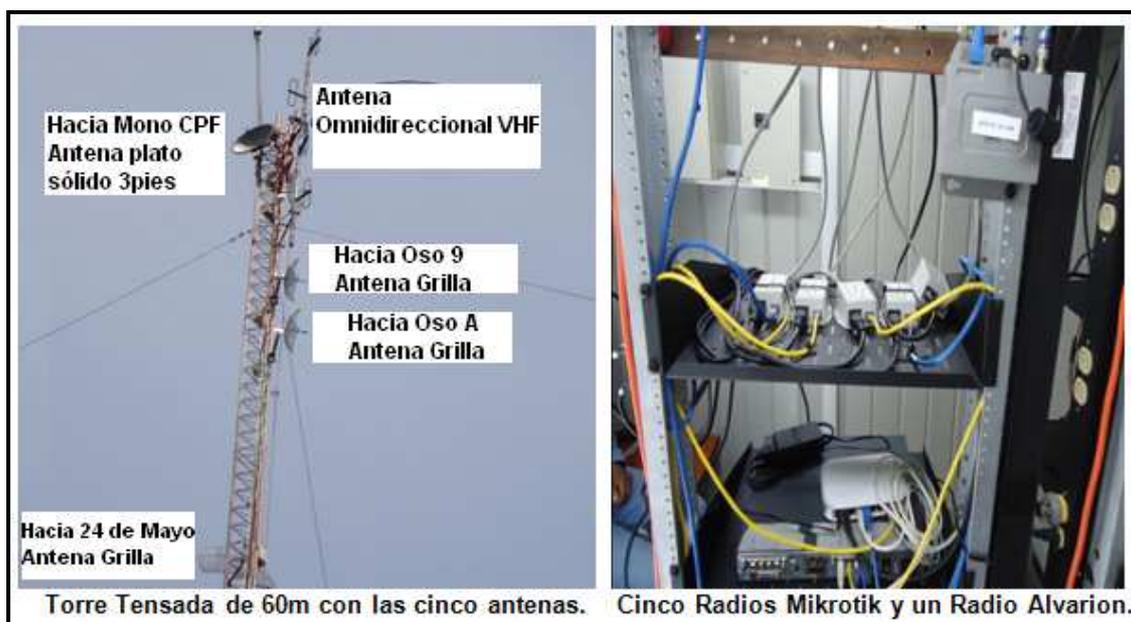


Figura 1.15: Equipos de Comunicación en Oso CPF.

En esta Estación el Shelter de comunicaciones de la figura 1.16 es relativamente nuevo y por lo tanto se encuentra en buen estado y no necesita ser reemplazado por otro. Pero se requiere una escalerilla, porque los cables están colgados.



Figura 1.16: Shelter de Comunicación en Oso CPF.

Dentro del shelter existe un router Cisco modelo 1841 en buenas condiciones que puede seguir trabajando, pero se requiere reemplazarlo por otro de mejores características, ya que éste en poco tiempo pasará a ser discontinuado.

Posee un Switch 3com de solamente 8 puertos, por lo que es necesario cambiarlo por otro que tenga más puertos.

e) *Oso 9*

Se trata de una Estación considerada de última milla o punto final, ya que solamente se enlaza con Oso CPF (figura 1.17).

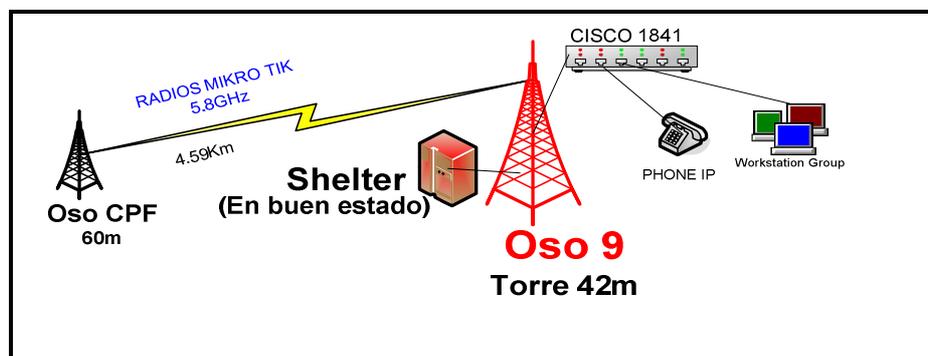


Figura 1.17: Estación Oso 9.

Posee una torre tensada de 42 metros, en donde se encuentra instalada la antena parabólica plato sólida de 3 pies para enlazarse con Oso CPF, mediante radios Mikrotik. Tal como muestra la figura 1.18.



Figura 1.18: Equipos de Comunicación en Oso 9.

Con respecto al Shelter de comunicaciones que se encuentra en este sitio y es el que se muestra en la figura 1.19, se encuentra en buen estado y en su interior posee un rack con suficiente espacio para instalar los nuevos equipos.



Figura 1.19: Shelter de Comunicación en Oso 9.

Aquí también existe un Router Cisco 1841 que necesita ser remplazado por otro de mejores características. En cuanto al Switch no existe ninguno, por lo que se requiere uno nuevo.

f) Oso A

Se trata también de un sitio de última milla o punto final de la red de enlaces, ya que se enlaza solamente con Oso CPF, tal como indica la figura 1.20.

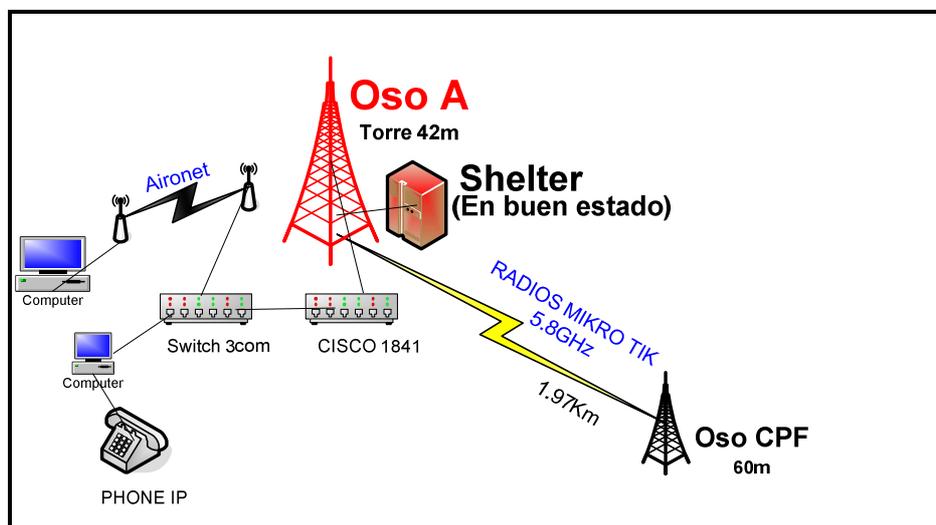


Figura 1.20: Estación Oso A.

Posee una torre tensada de 42 metros, en la cual se encuentra instalada la antena parabólica plato sólido para enlazarse con Oso CPF (figura 1.21).



Figura 1.21: Equipos de Comunicación en Oso A.

Existe un Shelter de comunicaciones que todavía está en buen estado (figura1.22), se estima que será reemplazado por otro después de unos dos años. De tal forma que por el momento no será necesario hacerle algún cambio. Posee un rack que nos permitirá colocar los nuevos equipos.



Figura 1.22: Shelter de Comunicación en Oso A.

Al router Cisco 1841 que se encuentra instalado en este sitio, se lo reemplazará por otro de mejores características. Mientras que al switch 3com de 8 puertos actual se lo reemplazará por otro que posea más puertos.

g) *Mono CPF*

Es un punto final de la red de enlaces. Se enlaza con Oso CPF mediante radios Mikrotik, la única antena parabólica plato sólido está instalada en una torre tensada de 90 metros (figuras 1.23 y 1.24).

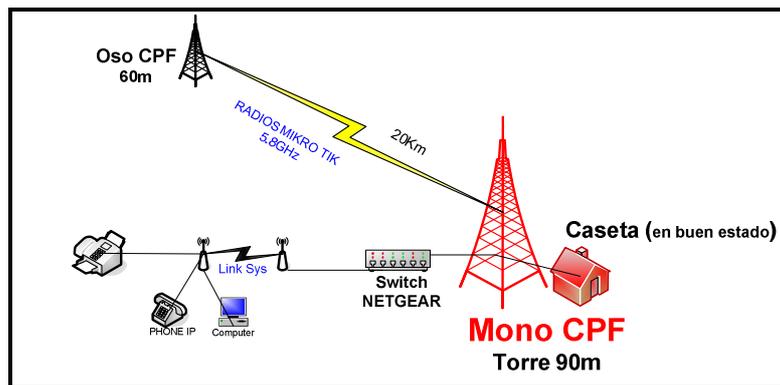


Figura 1.23: Estación Mono CPF.



Figura 1.24: Equipos de Comunicación en Mono CPF.

Existe una caseta de comunicaciones en perfectas condiciones y está ubicada junto a la torre (figura 1.25). El aire acondicionado que posee es adecuado para proteger a los equipos que se encuentran instalados en su interior.



Figura 1.25: Caseta de Comunicación en Mono CPF.

Entonces, aquí no se necesita un Shelter nuevo. En cuanto al router, aquí no existe ninguno por lo que será necesario comprar uno nuevo. Mientras que al Switch NETGEAR de 5 puertos que se encuentra en este sitio será necesario cambiarlo por otro que tenga más puertos.

h) Jaguar

La figura 1.26 muestra que la Estación Jaguar se enlaza solamente con el Campamento Payamino, mediante radios Moseley NX64.

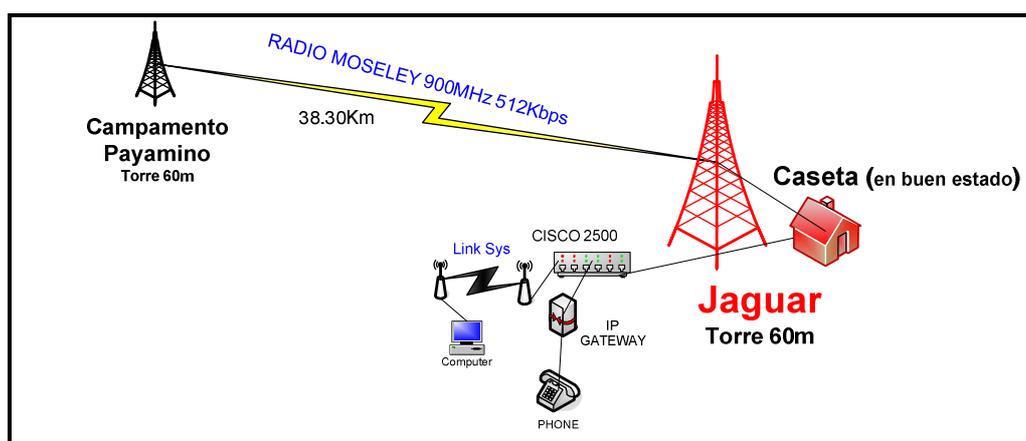


Figura 1.26: Estación Jaguar.

La antena Grilla se encuentra instalada en una torre autoportada de 60 metros (figura 1.27). En la actualidad este enlace tiene problemas, ya que existen cortes al no tener un nivel de señal aceptable.



Figura 1.27: Equipos de Comunicación en Jaguar.

Junto a la torre se encuentra una caseta en buenas condiciones (figura 1.28) y en su interior un rack que si tiene espacio para colocar los nuevos equipos de comunicación.



Figura 1.28: Caseta de Comunicación en Jaguar.

Dentro de la caseta existe un router Cisco modelo 2500, al cual es necesario reemplazarlo por otro de mejores características, ya que éste se encuentra discontinuado.

i) *Estación Coca*

Esta Estación se enlaza únicamente con el Campamento Payamino. Lo hace mediante radios Alvarion, y una antena flat panel que se encuentra instalada en una torre tensada de 42 metros, tal como se muestra en las figuras 1.29 y 1.30.



Figura 1.29: Estación Coca.



Figura 1.30: Equipos de Comunicación en Estación Coca.

El shelter de comunicaciones junto a la torre de la figura 1.31 está todavía en condiciones aceptables. Se prevé reemplazarlo más adelante por uno nuevo, pero por el momento se lo va seguir utilizando.



Figura 1.31: Shelter de Comunicación en Estación Coca.

En la figura 1.31 vemos que existe un Switch 3com de 16 puertos. En cuanto al Router, aquí no existe ninguno por lo que será necesario comprar uno nuevo.

j) Estación Yuralpa

Esta Estación es un punto final y es el sitio más lejano con que cuenta la red de enlaces. Se llega a Yuralpa desde el Campamento Payamino haciendo un salto en el sitio de 24 de mayo (figura 1.32).

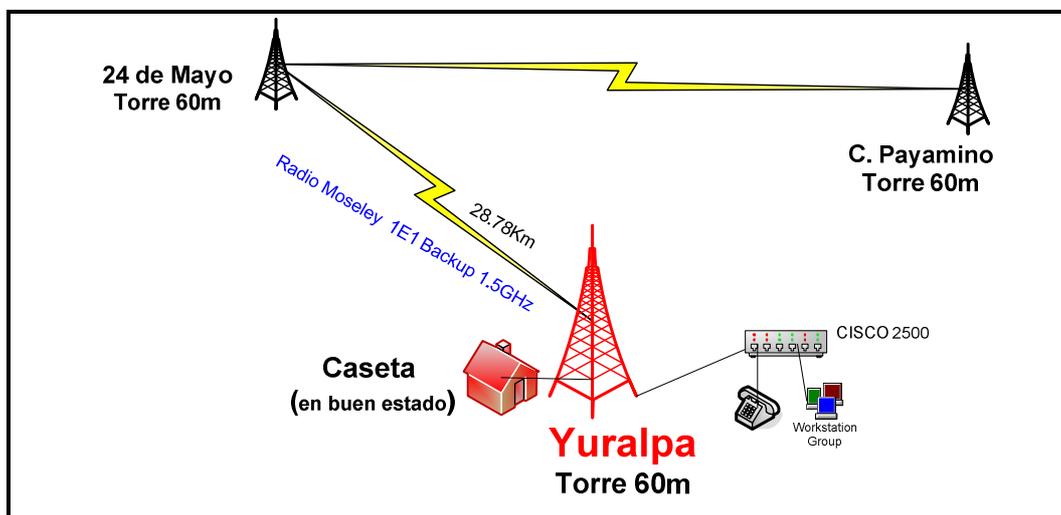


Figura 1.32: Estación Yuralpa.

Se enlaza con 24 de Mayo, mediante radios Moseley y una antena que se encuentra instalada en una torre autosoportada de 60 metros (figura 1.33).



Figura 1.33: Equipos de Comunicación en Yuralpa.

Dentro de la caseta existe un router Cisco modelo 2500, al cual es necesario reemplazarlo por otro de mejores características, ya que éste se encuentra descontinuado.

k) Lobo 3

Actualmente este sitio no se enlaza con el Campamento Payamino (figuras 1.34 y 1.35), ya que se comunica directamente con Quito mediante un enlace satelital, por el que se paga un costo mensual por el servicio. Sin embargo, el personal de la Estación Lobo 3 puede comunicarse con el Campamento Payamino con radios portátiles o móviles mediante la red de VHF.

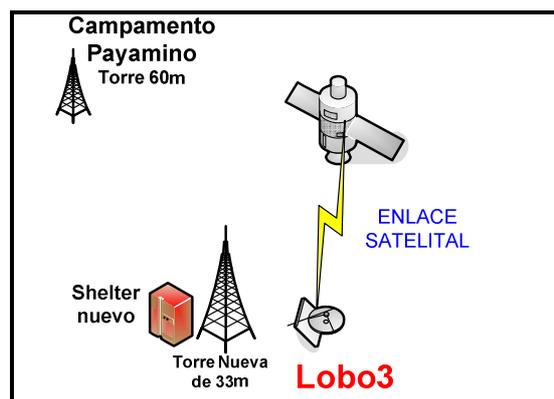


Figura 1.34: Estación Lobo 3.



Figura 1.35: Equipos de Comunicación en Lobo 3.

Recientemente se instaló en esta Estación un shelter nuevo y una torre de 33 metros nueva. Aquí no existen equipos de networking, por lo que se necesita adquirir nuevos.

1.4.3.2 Requerimientos en las Estaciones.

Luego de analizar los requerimientos y necesidades de cada una de las Estaciones, vemos que la mayoría de ellas son comunes, especialmente en lo que respecta a los equipos de networking. A continuación se realiza un resumen.

1.4.3.2.1 Shelter en 24 de Mayo.

En el sitio de 24 de Mayo el shelter actual se encuentra deteriorado y es necesario modernizarlo, con el fin de colocar los nuevos equipos que se instalarán como parte del proyecto. Entre otras cosas, el cerramiento actual no es el adecuado, el rack y el aire acondicionado son antiguos. Todo lo mencionado se puede ver en la figura 1.36.



Figura 1.36: Shelter deteriorado en 24 de Mayo.

1.4.3.2.2 Shelter en Gacela.

También se necesita un Shelter nuevo en la Estación Gacela, porque no existe ninguna caseta ni shelter en este sitio. Al momento la comunicación desde Gacela con el Campamento Payamino es con un enlace VHF, mediante Handy o bases instaladas en las oficinas. Además como parte del proyecto, también en este sitio se instalará un nuevo radioenlace digital, por lo tanto se necesitará un Shelter nuevo para colocar los equipos que se requieran.

1.4.3.2.3 Equipos de Conectividad (Networking).

En el análisis de requerimientos de cada una de las Estaciones se constató que las necesidades son comunes para todas. Actualmente en algunos enlaces los equipos no están en condiciones para ampliar la capacidad, como es el caso de algunos switches que tienen ocupados todos los puertos y entonces se convierte en una limitante para el crecimiento de la red actual en los próximos años.

Por otro lado, puesto que se va ampliar el ancho de banda de la red actual con la instalación de nuevos equipos como parte del proyecto de radio-enlaces, entonces se necesitarán nuevos switches y routers en cada sitio, que permita interconectar estos nuevos equipos. Por ejemplo en algunas Estaciones como Gacela y Lobo 3 no poseen switch y router.

En los sitios que existen switch y router se requiere reemplazarlos por nuevos, por una parte los modelos están descontinuados y por otra para que quede estandarizada toda la red con los mismos equipos.

Como resultado del análisis en conjunto con la empresa, se definió entre varias marcas que la renombrada marca CISCO será el nuevo estándar corporativo debido a su presencia mundial en el mercado de tecnología y porque en otros Bloques ya se instalaron equipos de esta marca.

1.4.3.3 Características de los Enlaces.

A continuación mostramos las características de cada uno de los enlaces que conforman la red de microonda digital.

a) Enlace digital Campamento Payamino - 24 de Mayo.

Este enlace es el más importante de todos, ya que por él llega la información proveniente de casi todas las Estaciones de producción de los Bloques 7 y 21, y esto se puede ver claramente en la figura 1.37.

Los radios son de marca Alvarion, modelo Breeze Access II, utiliza el estándar 802.11a, maneja modulación OFDM, en la banda libre de frecuencia 2,4GHz.

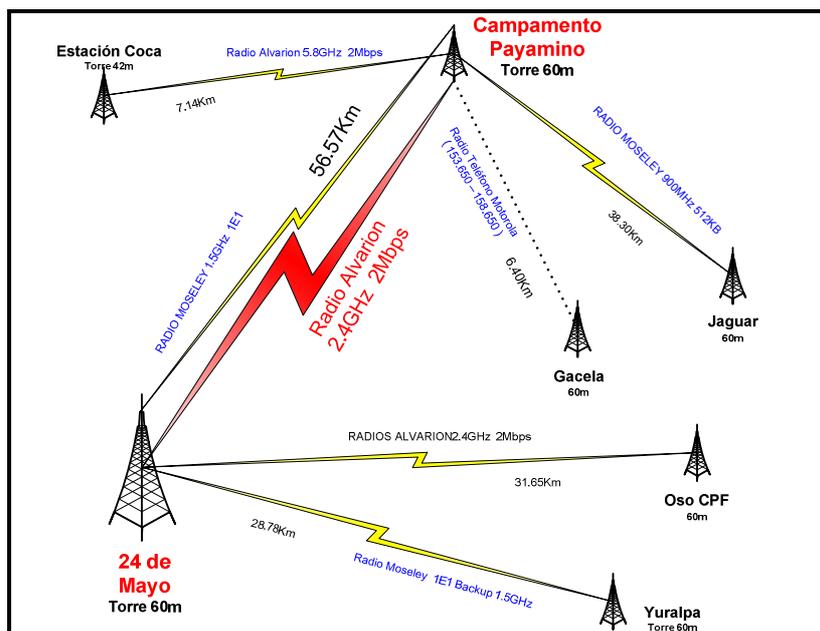


Figura 1.37: Enlace Digital Campamento Payamino – 24 de Mayo.

En la tabla 1.2 se muestran las características principales del radio y de la antena:

| | |
|--------------------|---|
| Distancia Enlace | 57 Km |
| Frecuencia | 2.4 GHz |
| Radios | Marca Alvarion; Modelo Breeze Access II; Tecnología de acceso: Spread Spectrum por salto de frecuencia (FHSS) |
| Ancho de banda | 2Mbps |
| Potencia de salida | +21dBm |
| | |
| Antenas | Parabólica Grilla de 6 pies |
| Ganancia Antenas | 32 dBi |
| Polarización | Vertical |
| Altura de Antena | 58m en Torre Payamino |
| Altura de Antena | 50m en Torre en 24 de Mayo |

Tabla 1.2: Características radio Alvarion y antena.

Análisis de problemas y Requerimientos

Este enlace presenta caídas, debido a los cortes de energía que existe en la comunidad de 24 de Mayo. Como ya se dijo antes, este enlace trae la información de casi todas las estaciones de producción y por tanto al cortarse

este enlace automáticamente se cae gran parte de la red de los Bloques 7 y 21, lo cual constituye el problema principal a resolver. Entonces se requiere hacer un estudio para buscar una ruta alternativa para llegar a las demás Estaciones sin tener que utilizar el sitio de 24 de Mayo como repetidor.

También el enlace actual tiene 2Mbps de ancho de banda y no será suficiente para soportar otros servicios que se implementarán más adelante. Para lo cual se necesita otros radios de microonda digital que posean más capacidad.

b) Enlace digital 24 de Mayo - Oso CPF.

Este enlace concentra la información de tres Estaciones de producción Oso A, Oso 9 y Mono CPF, tal como indica la figura 1.38.

Los radios son de marca Alvarion, modelo Breeze Access II, utiliza el estándar 802.11a, maneja modulación OFDM, en la banda libre de frecuencia 2,4GHz.

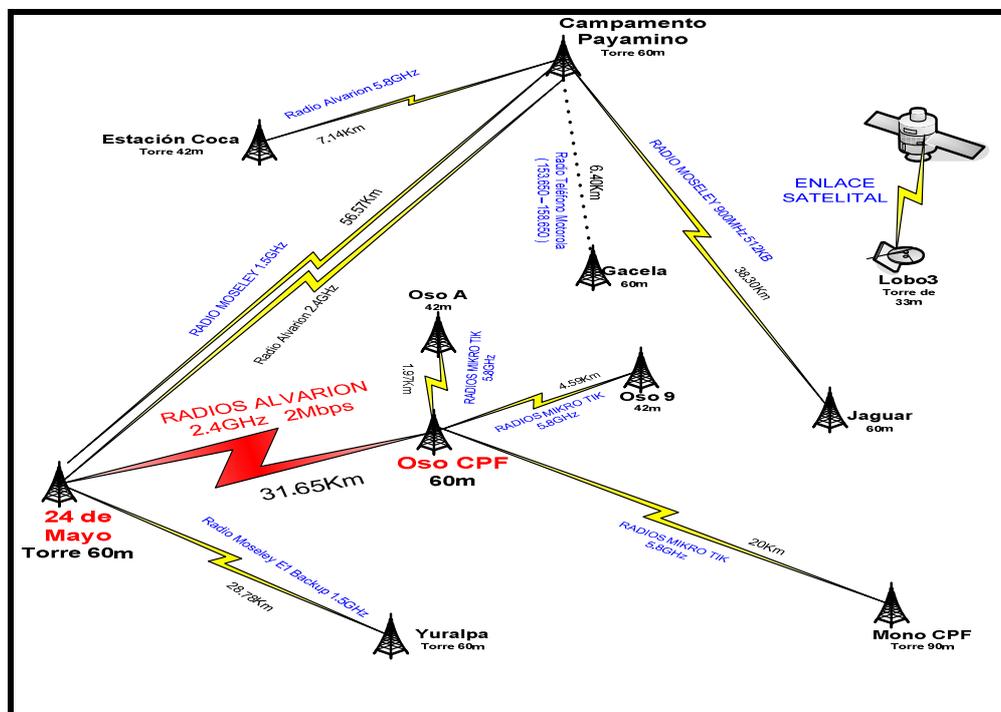


Figura 1.38: Enlace Digital 24 de Mayo – Oso CPF.

En la tabla 1.3 se muestran las características principales del radio y de la antena:

| | |
|--------------------|---|
| Distancia Enlace | 31. 64 Km |
| Frecuencia | 2.4GHz |
| Radios | Marca Alvarion; Modelo Breeze Access II; Tecnología de acceso: Spread Spectrum por salto de frecuencia (FHSS) |
| Ancho de banda | 2Mbps |
| Potencia de salida | +21dBm |
| | |
| Antenas | Grilla |
| Ganancia | 24dbi |
| Polarización | Vertical |
| Altura de Antenas | 47m en Torre de 24 de Mayo |
| Altura de Antenas | 55m en Torre Estación OSO CPF |

Tabla 1.3: Características radio Alvarion y antena.

Problemas y Requerimientos

La Estación Oso CPF depende de 24 de Mayo para llegar al Campamento Payamino, por lo que si se cae la energía en este sitio no habrá comunicación. Por lo tanto es urgente buscar otra ruta para llegar hasta el Campamento Payamino y evitar el salto por 24 de mayo.

El enlace actual posee un ancho de banda de 2Mbps y no será suficiente para aplicaciones futuras. De tal modo que se necesita remplazarlos por otros radios de mayor capacidad.

c) Enlace digital Campamento Payamino - Estación Coca

Este enlace solamente concentra la información de la Estación Coca (figura 1.39). Los radios son de marca Alvarion, su modelo Breeze Access VL, el cual utiliza tecnología Pre-WiMax para la comunicación inalámbrica, basada en el estándar 802.11a, maneja modulación OFDM, en la banda libre de frecuencia 5,8GHz.

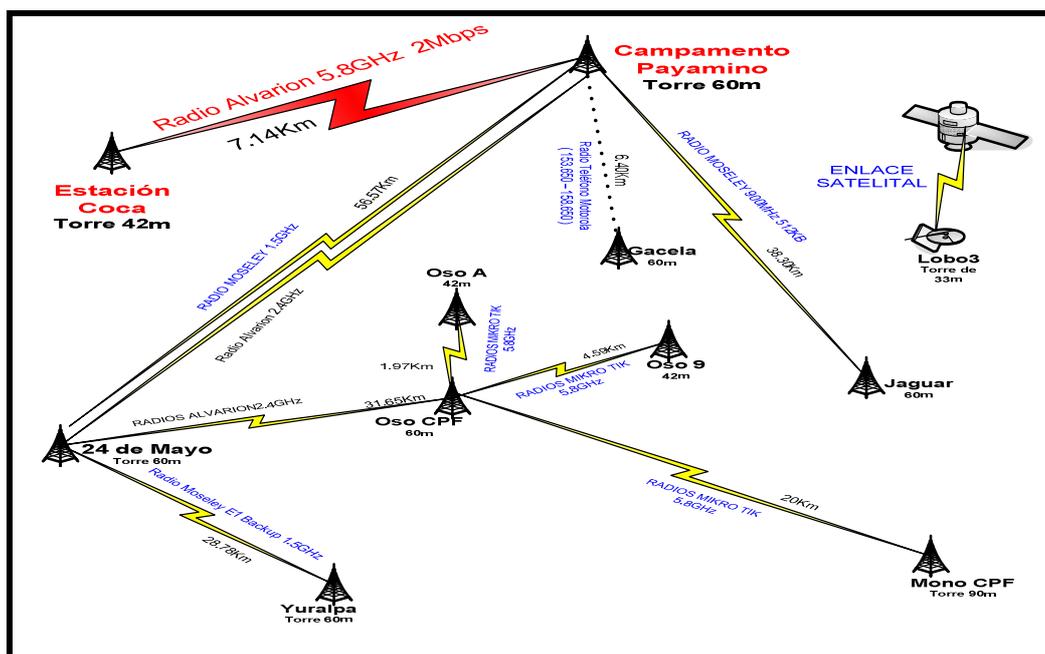


Figura 1.39: Enlace Digital Campamento Payamino – Estación Coca.

En la tabla 1.4 se muestran las características principales del radio y la antena:

| | |
|--------------------------|--|
| Distancia del Enlace | 7 Km |
| Frecuencia | 5.8 GHz |
| Radio | Marca Alvarion; Modelo Breeze Access VL; Modulación OFDM |
| Ancho de Banda | 2Mbps |
| Velocidad de transmisión | 3,6 y 54Mbps |
| Potencia de salida | 10 a 21dBm |
| Sensibilidad típica | -87dBm |
| | |
| Antenas | Flat panels Incorporada 0.30 mt |
| Ganancia | 24 dBi |
| Polarización | Vertical |
| Altura de Antenas | 40m en Torre Payamino |
| Altura de Antenas | 30m en Torre Estación Coca |

Tabla 1.4: Características radio Alvarion y antena.

Problemas y Requerimientos

El enlace actual no posee el ancho de banda suficiente para aplicaciones futuras. De tal modo que se necesita remplazarlos por otros radios de mayor ancho de banda.

d) *Radio teléfono Campamento Payamino - Estación Gacela.*

La estación Gacela solamente utiliza el sistema de VHF para comunicarse con el Campamento Payamino e informar los parámetros de producción de dos pozos, este enlace se muestra en la figura 1.40.

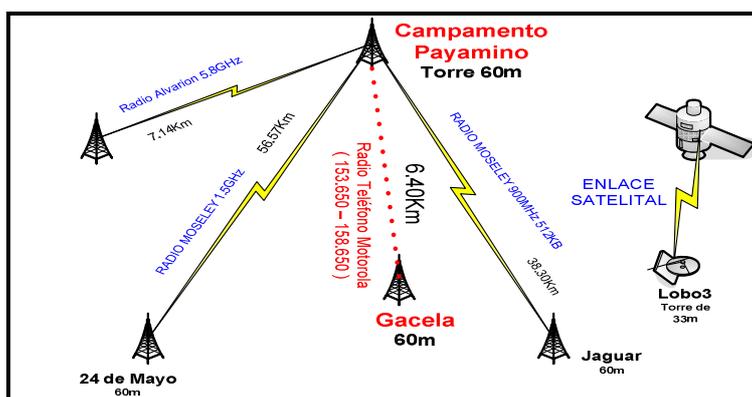


Figura 1.40: Enlace Digital Campamento Payamino – Gacela.

El enlace está conformado por una pareja de radios base Motorola VHF, modelo PRO 3100; y por dos antenas Yagui, la una está colocada en la torre de Payamino y la otra en un mástil de 12m cerca a las oficinas de Gacela. A continuación un resumen de este enlace en la tabla 1.5.

| | | |
|-------------------|-------------------------------------|-------------|
| Distancia Enlace | 7 Km | |
| Frecuencia (MHz) | Tx: 153,650 | Rx: 158,650 |
| Radios | Marca MOTOROLA, Modelo PRO 3100 | |
| Rango | 136-174MHz | |
| Polarización | Vertical | |
| Potencia | 25W | |
| | | |
| Antenas | YAGUI | |
| Ganancia | 6,5 dBi | |
| Altura de Antenas | 45 metros en Torre Camp. PAYAMINO | |
| Altura de Antenas | 12 metros en mástil Estación Gacela | |

Tabla 1.5: Características radio Motorola PRO 3100 y antena.

Problemas y Requerimientos

Como ya se explicó, el enlace actual solo transporta voz, por lo que se necesita implementar un radioenlace digital entre estos dos sitios que permita enviar información de voz, datos, videoconferencia, etc. Por lo tanto se requiere una pareja de radios que permita cumplir con esta necesidad.

e) Enlace digital Campamento Payamino - 24 de Mayo.

Este enlace concentra la información de Yuralpa, utilizando como punto de repetición al sector de 24 de Mayo, tal como indica la figura 1.41.

Está conformado por una pareja de radios marca MOSELEY, modelo NXE1, en la banda de frecuencia 1,5GHz y con modulación 16QAM. En la tabla 1.6 se exponen las características del radio y antenas de este enlace.

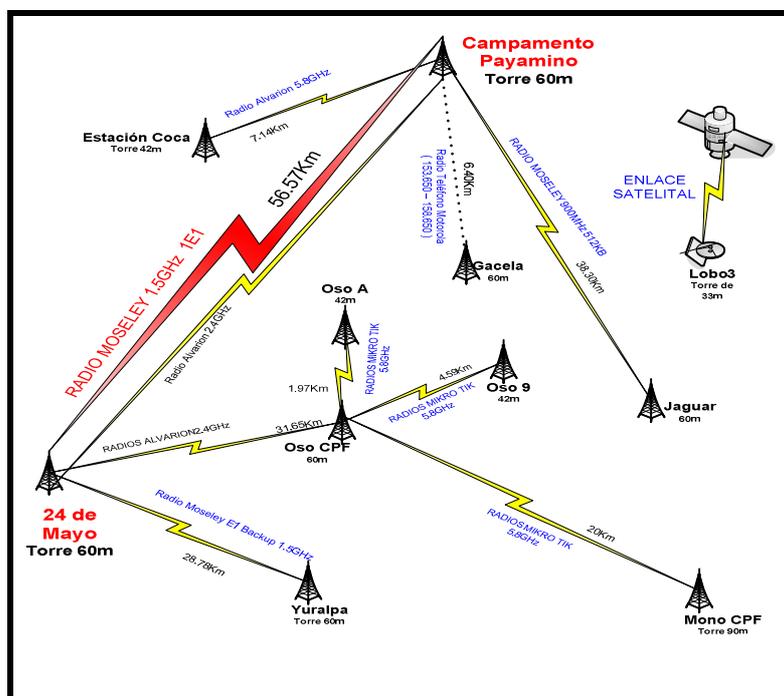


Figura 1.41: Enlace Digital Campamento Payamino – 24 de Mayo.

| | | |
|--------------------|--|------------|
| Distancia Enlace | 56,40 Km | |
| Frecuencia | Frecuencia 1,5GHz | |
| Frecuencia (MHz) | Tx:1426,75 | Rx:1492,25 |
| Radios | Marca MOSELEY; modelo NXE1; Modulación 16QAM; Interfaz G.703 | |
| Velocidad | 2Mbps | |
| Potencia de salida | + 30dBm | |
| Sensibilidad | -93dBm | |
| | | |
| Antenas | Parabólica plato sólido de 6pies G6-1,3 | |
| Ganancia | 26 dBi | |
| Polarización | Horizontal | |
| Altura de Antenas | 56 metros en Torre Camp. PAYAMINO | |
| Altura de Antenas | 44 metros en Torre 24 de Mayo | |

Tabla 1.6: Características radio MOSELEY y antenas.

Problemas y Requerimientos

Este enlace permite la comunicación con Yuralpa, el mismo que presenta caídas debido a los cortes de energía eléctrica que existe en la comunidad de 24 de Mayo, lo cual constituye el principal problema a resolver. Entonces se requiere buscar otra ruta para llegar a Yuralpa sin pasar por 24 de Mayo.

También el ancho de banda del enlace actual no es suficiente para soportar otros servicios que se implementarán más adelante. Para lo cual se necesita otros radios de microonda digital que posean más capacidad.

f) Enlace digital 24 de Mayo – Yuralpa.

Este enlace concentra la información de varios pozos de producción de Yuralpa. Utiliza al sitio de 24 de Mayo como punto de repetición para llegar al Campamento Payamino, tal como se muestra en la figura 1.42.

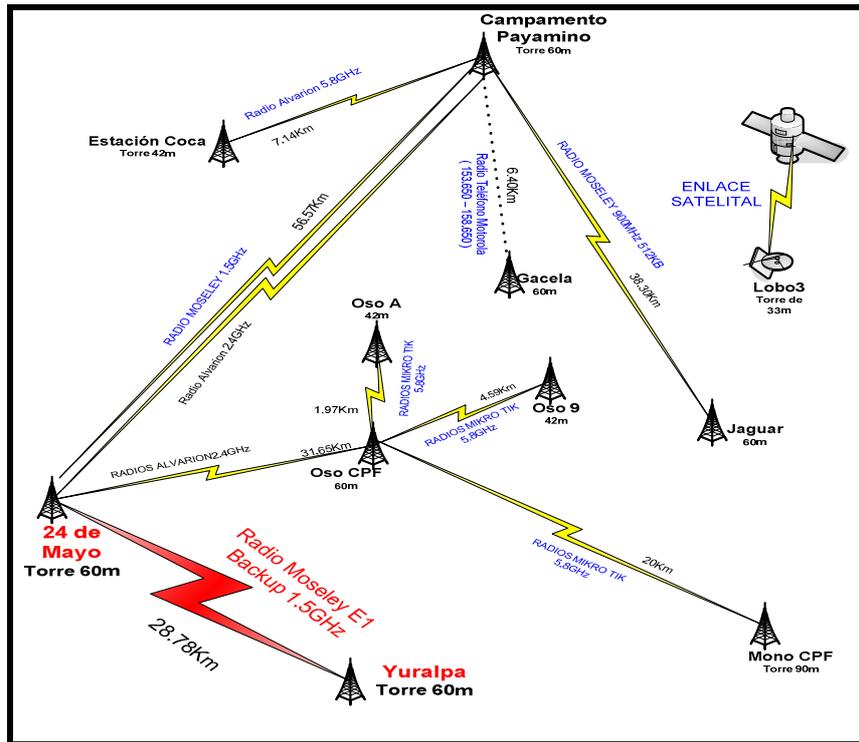


Figura 1.42: Enlace Digital 24 de Mayo - Yuralpa.

Está conformado por una pareja de radios marca MOSELEY, modelo NXE1, en la banda de frecuencia 1,5GHz y con modulación 16QAM. En la tabla 1.7 se exponen las características del radio y antenas de este enlace.

| | | |
|--------------------|--|-------------|
| Distancia Enlace | 28,70 Km | |
| Frecuencia | 1,5GHz | |
| Frecuencia (MHz) | Tx: 1427,75 | Rx: 1493,25 |
| Radios | Marca MOSELEY; modelo NXE1; Modulación 16QAM; Interfaz G.703 | |
| Potencia de salida | +30dBm | |
| Sensibilidad | -93dBm | |
| Antenas | Parabólica plato sólido de 6pies G6-1,3 | |
| Ganancia | 26 dBi | |
| Polarización | Horizontal | |
| Velocidad | 2Mbps | |
| Altura de Antenas | 72 metros en Torre Camp. YURALPA | |
| Altura de Antenas | 60 metros en Torre 24 de Mayo | |

Tabla 1.7: Características radio MOSELEY y antenas.

Problemas y Requerimientos

Este enlace sirve de respaldo para Yuralpa, cuando se cae el enlace que provee Global Crossing desde Yuralpa hasta Quito. Pero con los cortes de energía que existe en la comunidad de 24 de Mayo se caería el enlace, y por lo tanto se cae toda la red del Bloque 21, lo cual constituye el principal problema a resolver. Entonces se requiere buscar otra ruta para llegar a las demás Estaciones sin pasar por 24 de Mayo.

También el ancho de banda del enlace actual no es suficiente para soportar otros servicios que se implementarán más adelante. Para lo cual se necesita otros radios de microonda digital que posean mayor ancho de banda.

g) Enlace digital Oso CPF - Oso 9.

Este enlace solamente concentra la información de Oso 9, ya que es considerado como punto final (figura 1.43).

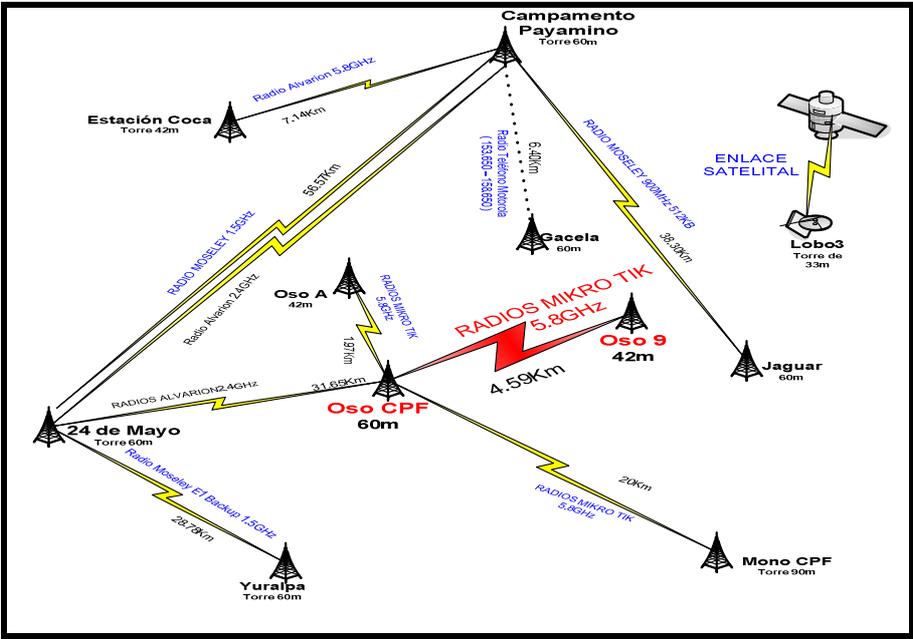


Figura 1.43: Enlace Digital Oso CPF – Oso 9.

Los radios son de marca Mikrotik, modelo RIC-522, basado en el estándar 802.11a, en la banda de frecuencia de 5,8GHz. En la tabla 1.8 se muestran las características de este radio junto con las antenas.

| | |
|--------------------|--|
| Distancia Enlace | 5 Km |
| Frecuencia | 5.8 GHz |
| Radio | Marca Mikrotik; Modelo RIC-522; Estándar 802.11a |
| Ancho de banda | 20Mbps |
| Velocidad | 2, 6, 9 y 18Mbps. |
| Potencia de salida | 65mW |
| Antenas | Semiparabólica Grilla |
| Ganancia | 24 dBi |
| Polarización | Vertical |
| Altura de Antenas | 60 m en Torre OSO CPF |
| Altura de Antenas | 42 m en Torre OSO 9 |

Tabla 1.8: Características radio Mikrotik y antenas.

Problemas y Requerimientos

El enlace actual no posee la capacidad suficiente para aplicaciones futuras. De tal modo que se necesita remplazarlos por otros radios de mayor capacidad.

h) Enlace digital Oso CPF - Oso A.

Este enlace concentra la información solamente de la estación Oso A, como se muestra en la figura 1.44.

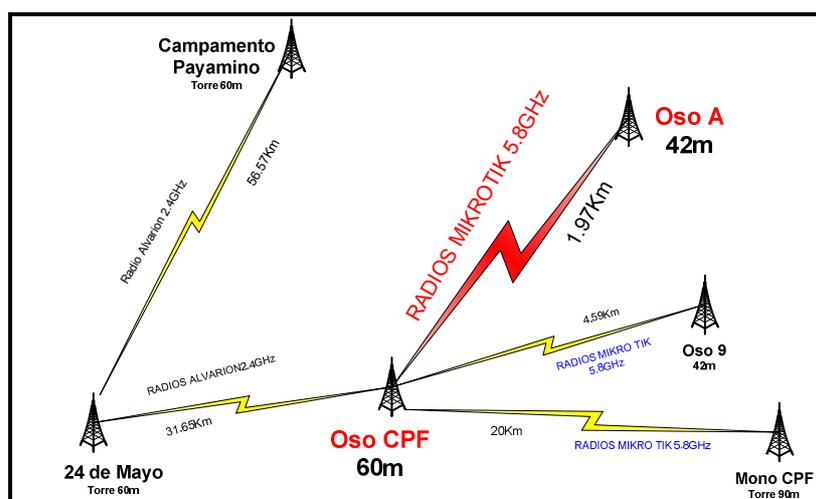


Figura 1.44: Enlace Digital Oso CPF – Oso A.

Los radios son de marca Mikrotik, modelo RIC-522, basado en el estándar 802.11a, en la banda de frecuencia de 5,8GHz. En la tabla 1.9 se muestran las características de este radio junto con las antenas.

| | |
|--------------------|--|
| Distancia Enlace | 2 Km |
| Frecuencia | 5.8 GHz |
| Radio | Marca Mikrotik; Modelo RIC-522; Estándar 802.11a |
| Ancho de banda | 20Mbps |
| Velocidad | Desde 6 hasta 54Mbps. |
| Potencia de salida | 65mW |
| Sensibilidad | Hasta -105dBm |
| | |
| Antenas | Semiparabólica Grilla |
| Ganancia | 24 dBi |
| Polarización | Vertical |
| Altura de Antenas | 39 m en Torre OSO CPF |
| Altura de Antenas | 42 m en Torre OSO A |

Tabla 1.9: Características radio Mikrotik y antenas.

Problemas y Requerimientos

El enlace actual no posee el ancho de banda suficiente para aplicaciones futuras. De tal modo que se necesita remplazarlos por otros radios de mayor capacidad.

i) Enlace digital Oso CPF - Mono CPF.

Este enlace concentra la información solamente de la Estación Mono CPF (figura 1.45).

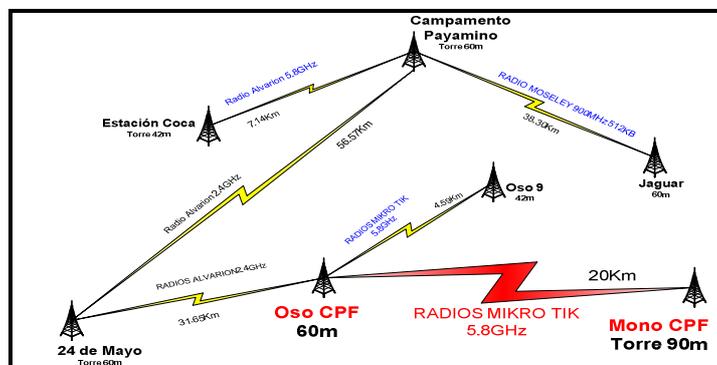


Figura 1.45: Enlace Digital Oso CPF – Mono CPF.

Los radios son de marca Mikrotik, modelo RIC-522, basado en el estándar 802.11a, en la banda de frecuencia de 5.8GHz. En la tabla 1.10 se muestran las características de este radio junto con las antenas.

| | |
|-------------------|---|
| Distancia Enlace | 20 Km |
| Frecuencia | 5.8GHz |
| Radio | Marca Mikrotik; Modelo RIC-522; Estándar 802.11a; Velocidad 2Mbps |
| BW | 20Mbps |
| Potencia | 65mW |
| Modo Operación | Fullduplex |
| | |
| Antenas | Parabólica Plato Sólido 3 pies |
| Ganancia | 26dBi |
| Polarización | Vertical |
| Altura de Antenas | 50 metros en Torre Oso CPF |
| Altura de Antenas | 80 metros en Torre Estación MONO |

Tabla 1.10: Características radio Mikrotik y antenas.

Problemas y Requerimientos

El enlace actual no posee la capacidad suficiente para aplicaciones futuras. De tal modo que se necesita remplazarlos por otros radios de mayor capacidad.

j) Enlace digital Campamento Payamino – Jaguar

Este enlace concentra la información de la Estación Jaguar (figura 1.46).

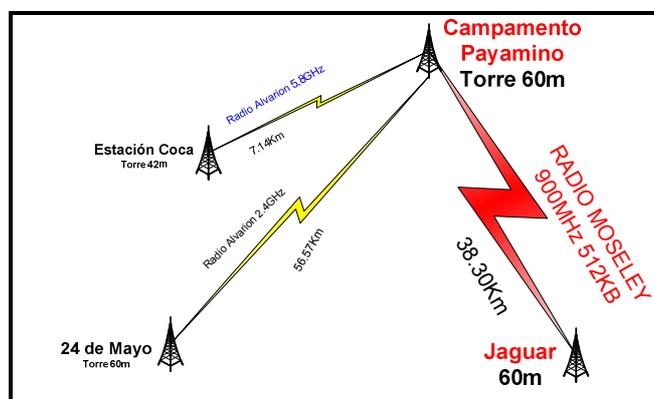


Figura 1.46: Enlace Digital Campamento Payamino - Jaguar

Está conformado por una pareja de radios marca MOSELEY, modelo NX64, en la banda de frecuencia 900MHz y con modulación 16QAM. En la tabla 1.7 se exponen las características del radio y antenas de este enlace.

| | | |
|-------------------|--|-------------|
| Distancia Enlace | 35 Km | |
| Frecuencia (MHz) | Tx: 935,000 | Rx: 944,000 |
| Radio | Marca MOSELEY; Modelo NX64; Modulación 16QAM | |
| Ancho de banda | 9MHz | |
| Velocidad | 384Kbps | |
| | | |
| Antenas | Grilla PR-900 | |
| Ganancia | 18 dBi | |
| Polarización | Vertical | |
| Altura de Antenas | 56 metros en Torre Camp. PAYAMINO | |
| Altura de Antenas | 60 metros en Torre Jaguar | |

Tabla 1.11: Características radio MOSELEY y antenas.

Problemas y Requerimientos

Este enlace tiene tiempos de respuesta altos y en ocasiones presenta caídas del enlace, porque no posee una adecuada línea de vista. Entonces se requiere buscar otra ruta para llegar a este sitio desde el Campamento Payamino con mejores niveles de señal y tiempos de respuesta óptimos.

También el ancho de banda del enlace actual no es suficiente para soportar otros servicios que se implementarán más adelante. Para lo cual se necesita otros radios de microonda digital que posean más capacidad.

1.4.3.4 Análisis de Problemas en la Red de Microondas.

Como se explico al inicio, PERENCO dejó a los Bloques 7 y 21 con sistemas de comunicaciones obsoletos y desactualizados, porque desde el 2006 hasta el 2009 que dejó de operar en estos sitios, no realizó ninguna inversión en cuanto a tecnología de punta (que es uno de los requisitos que deben cumplir las empresas petroleras privadas). Por lo que, junto al Departamento de TI se

evaluó nuevas tecnologías y equipos que permitan estandarizar, renovar la infraestructura que había cumplido su ciclo de vida útil y que permita implementar un nuevo Sistema de Telecomunicaciones.

Para hacer un análisis de los problemas que tiene la empresa hemos tomado en cuenta los siguientes factores: necesidades de expansión, ancho de banda de la red, renovación y estandarización de los equipos e infraestructura.

Al momento se cuenta con enlaces menores a $1E1^6$ en todos los trayectos, y por los mismos cursa solamente poco tráfico de información. Pero para los próximos años se necesitará mayor capacidad en la red para dar nuevos servicios, por lo que se convertirá en un limitante.

1.4.3.5 Requerimientos para mejorar la Red de Enlaces.

1.4.3.5.1 Diseño de una Red con nuevos Radios.

A futuro se prevé incrementar el ancho de banda de la red debido a que se instalarán teléfonos IP, se realizarán videoconferencias y otros servicios adicionales, por lo que el ancho de banda actual de la red será insuficiente. Es por esto, que se propone diseñar nuevos enlaces de microondas que permitan cubrir esta necesidad, para lo cual se implementarán enlaces de $2E1^7$ en trayectos en donde no viaja mucha información y serán considerados como enlaces de ultima milla o finales, y con $4E1^8$ en trayectos donde viaja mucha información y se considerarán a estos enlaces como el backbone de la red de enlaces.

⁶ **1E1:** Es un formato de transmisión digital de jerarquía europea, la trama E1 consta de 32 divisiones de 64Kbps cada una, es decir 1E1 equivale a 2048Kbps (2Mbps) y corresponde al primer nivel jerárquico.

⁷ **2E1:** Corresponde al segundo nivel jerárquico y equivale a 8.448Mbps (8Mbps). Se obtiene al multiplexar cuatro flujos E1.

⁸ **4E1:** Corresponde al tercer nivel jerárquico y equivale a 34.368Mbps (34Mbps). Se obtiene al multiplexar cuatro flujos de 2E1.

Otro factor es que la mayoría de los equipos ya cumplieron su vida útil o están desactualizados, y es más PETROAMAZONAS dentro de sus objetivos que persigue está la modernización y estandarización de los mismos.

Por lo tanto, se propone realizar nuevos enlaces de microondas, con equipos modernos que permitan aumentar el ancho de banda de la red para soportar aplicaciones futuras.

1.4.3.5.2 Nuevo trayecto para enlazar el Campamento Payamino con Oso CPF.

Como se mencionó antes, la infraestructura montada en el sector de 24 de Mayo esta dentro del colegio “Ávila” que pertenece a la comunidad local. Por tal motivo, este sitio es arrendado y no presta las facilidades para el correcto mantenimiento. Otra desventaja es que en este sector existen constantes apagones de la red eléctrica pública, lo cual pone en riesgo el funcionamiento de los enlaces actuales. Cabe señalar que la empresa cuenta actualmente con baterías de respaldo para paliar este inconveniente, pero no es suficiente porque no abastecen por mucho tiempo.

Por lo antes mencionado, se propone realizar el estudio para encontrar otra ruta de enlaces para llegar a Oso CPF y a otras estaciones, con el fin de eliminar el enlace con 24 de Mayo. En caso de existir esta nueva ruta, se analizará la opción para dejar temporalmente estos enlaces como respaldo o de Backup.

1.4.4 SISTEMA VHF ACTUAL.

El sistema funciona con tecnología analógica y está compuesto por radios portátiles (Handy) que posee todo el personal, bases móviles que se encuentran instaladas en los vehículos y por bases fijas instaladas en oficinas. Y por una red de repetidoras en VHF, que da cobertura por separado tanto al Bloque 7 como al Bloque 21.

Los equipos utilizados en este sistema de radiofrecuencia son de marca MOTOROLA para los radios y las repetidoras marca KENWOOD.

1.4.4.1 Sistema VHF para el Bloque 7.

Para mantenerse comunicados permanentemente todo el personal dentro de cada una de las estaciones y durante los traslados en vehículos hacia otras estaciones, el sistema cubre gran parte del Bloque 7 (figura 1.47) mediante cuatro canales VHF. Y por una red conformada por tres Repetidoras (marca Kenwood, modelo TKR-750) enlazadas con Radios Motorola PRO5100.

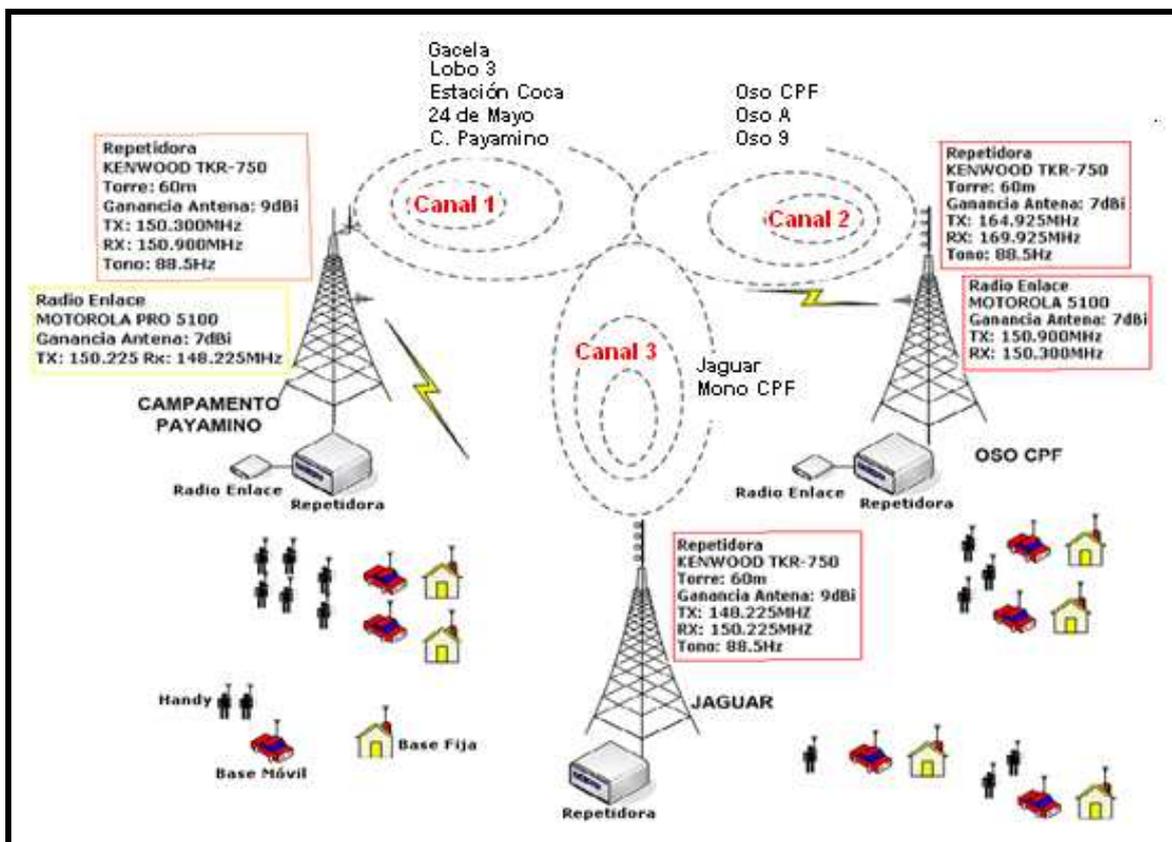


Figura 1.47: Radiocomunicaciones VHF Bloque 7.

El departamento de TI tiene asignado por nombres a estos cuatro canales, los cuales se presentan en la tabla 1.12:

| Número de Canal | Canal 1 | Canal 2 | Canal 3 | Canal 4 |
|------------------------|------------|------------|------------|------------|
| Nombre del Canal | Payamino | Oso | Jaguar | Simplex |
| Frecuencia de Rx (MHz) | 150,900000 | 169,925000 | 148,225000 | 148,525000 |
| Frecuencia de Tx (MHz) | 150,300000 | 164,925000 | 150,225000 | 148,525000 |
| Tono (Hz) | 88.50 | 88.50 | 88.50 | 88.50 |
| AB (KHz) | 12.50 | 12.50 | 12.50 | 12.50 |

Tabla 1.12 Canales VHF para cubrir el Bloque 7 y sus alrededores.

El **Canal Payamino** mediante una antena omnidireccional que está colocada en la torre del Campamento Payamino, cubre lo siguiente: todo el Campamento Payamino, Estación Coca, Lobo 3 y Gacela. También cubre todo el trayecto durante los desplazamientos por vehículo hacia los sitios de 24 de Mayo y Estación Jaguar.

El **Canal Jaguar** recibe la señal del Canal Payamino por medio de una antena yagui y activa a la Repetidora marca KENWOOD ubicada en la Estación Jaguar, la cual mediante una antena omnidireccional que está colocada en la torre de este sitio cubre la Estación Jaguar, la Estación Mono CPF y el trayecto entre estos dos sitios.

El **Canal Oso** recibe la señal del Canal Payamino mediante una antena yagui y activa a la Repetidora marca KENWOOD ubicada en la Estación Oso CPF, la cual mediante una antena omnidireccional colocada en la torre cubre las Estaciones Oso CPF, Oso 9, Oso A, Oso B y los trayectos entre estos sitios.

El **Canal Simplex** es utilizado eventualmente por el personal para comunicación local en distancias cortas (sin necesidad de repetidoras), cuando se realizan trabajos temporales.

1.4.4.2 Sistema VHF para el Bloque 21.

El sistema de VHF para el Bloque 21 es independiente del Bloque 7, cubre la Estación Yuralpa y sus alrededores, posee una Repetidora en el sector de Santa Clara para dar cobertura a la ciudad del Tena y sus alrededores (*figura 1.48*).

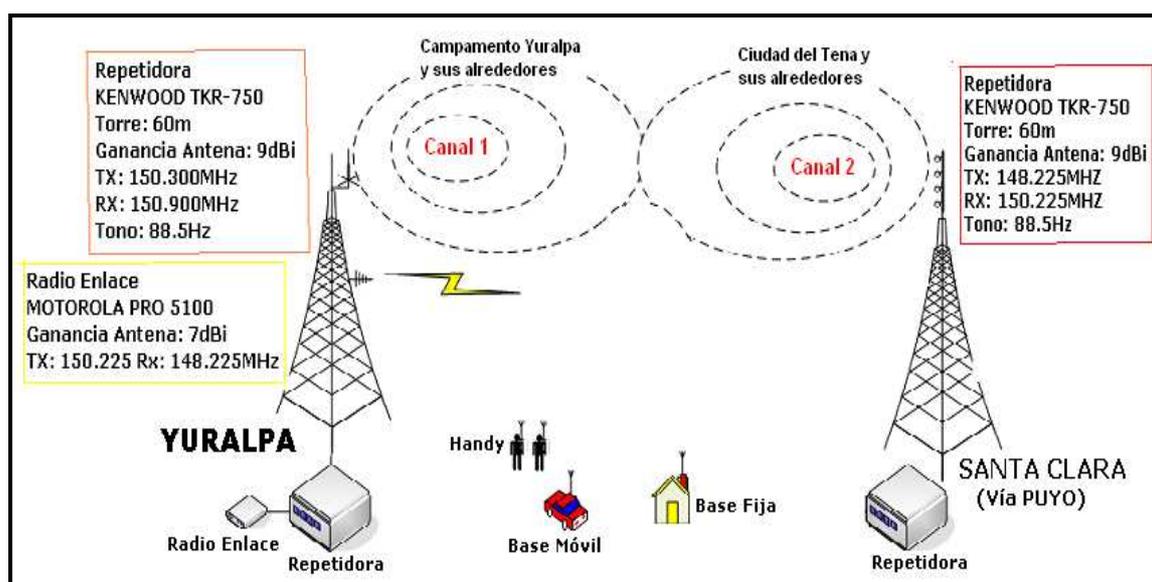


Figura 1.48: Radiocomunicaciones VHF Bloque 21.

En la tabla 1.13 se muestran las características de los tres canales que utilizan el personal.

| Número de Canal | Canal 1 | Canal 2 | Canal 3 |
|------------------------|------------|-------------|------------|
| Nombre del Canal | Yuralpa | Santa Clara | Simplex |
| Frecuencia de Tx (MHz) | 150,300000 | 148,225000 | 148,525000 |
| Frecuencia de Rx (MHz) | 150,900000 | 150,225000 | 148,525000 |
| Tono (Hz) | 88.50 | 88.50 | 88.50 |
| AB (KHz) | 12.50 | 12.50 | 12.50 |

Tabla 1.13 Canales VHF para cubrir el Bloque 21 y alrededores.

1.4.4.3 Equipamiento del Sistema VHF.

A continuación se puede mostrar detalladamente con gráficos y datos técnicos, los equipos con los que cuenta la red VHF:

- Radio Portátil MOTOROLA PRO 5150 EN VHF, *figura 1.49 (a)*. Todo el personal posee esta radio portátil para mantenerse en constante comunicación dentro de las instalaciones. Esta radio posee 16 canales para ser programados, de los cuales solamente son utilizados cuatro.
- Radio Móvil MOTOROLA PRO3100, *figura 1.49 (b)*. Se encuentran instalados en varios vehículos. Sus características principales brindan lo esencial para mantener una comunicación constante y eficiente. Características: 4 canales, rango de frecuencia VHF 136-174MHz, espaciamiento de canal 12,5KHz, potencia de salida 45W.
- Radio Móvil MOTOROLA VHF MAXTRAC 300, *figura 1.49 (c)*. Están instalados en pocos vehículos, que permiten estar comunicados en las carreteras durante los traslados de una estación a otra. Posee 16 canales (de los cuales solamente se utiliza cuatro), 25 watts de potencia, rango de frecuencia VHF 136-174MHz.



Figura 1.49: Radios Portátiles y Móviles

- REPETIDOR KENWOOD VHF TKR-750, figura 1.50. Permite retransmitir la señal recibida desde otro sitio. Existen tres de estos Repetidores instalados en las siguientes estaciones: Oso CPF, Jaguar y Campamento Payamino. Sus características son: 16 canales, potencia de salida de 50Watts en VHF, pantalla de dos dígitos que indica el número de canal y estado de exploración, multimodo por canal 30, 25 / 15, 12.5 KHz (VHF).



Figura 1.50: Repetidor Kenwood TKR-750

- Antena omnidireccional VHF de 4 dipolos, figura 1.51. Este mismo tipo de antena se encuentra instalada en las torres de los siguientes sitios: Campamento Payamino, Jaguar, Oso CPF y Santa Clara.



Figura 1.51: Antena Omnidireccional de 4 dipolos VHF

1.4.4.4 Requerimientos del Sistema VHF.

Luego de ver en los ítems anteriores las características de los equipos de VHF actuales, se puede decir que los equipos portátiles (handy) y bases (vehículos y

oficinas) son modelos antiguos y desactualizados, ya que entre otras cosas no poseen pantalla, por lo que se propone cambiarlos por otros nuevos, con mejores características. Manteniendo los mismos enlaces y repetidoras.

Se necesitan también nuevas radios bases, porque no existen en stock, para ser instaladas en las oficinas de nuevas estaciones cuando se descubren pozos de petróleo y en los vehículos nuevos.

Se requieren nuevos radios portátiles con certificado **intrínsecamente seguro**⁹, ya que los actuales no poseen ésta característica. Y que al mismo tiempo serán aprovechados para ser asignados a usuarios nuevos que recién llegan a las estaciones y que no poseen.

Existen radios portátiles que están en bodega en buenas condiciones pero que necesitan de algunos accesorios para su funcionamiento, para los cuales se necesitan adquirir baterías, clips para batería, cargadores, fuentes, perillas para volumen y perillas del selector de canales.

Se necesita cable DC para instalar en las oficinas de nuevas estaciones y en algunos casos reemplazar algunos cables que están en mal estado dentro de los vehículos y oficinas. Adicional se necesitan antenas junto con el kit de montaje para vehículos.

El personal técnico requiere para la programación y mantenimiento de los radios los siguientes elementos: cable de programación, herramientas que sirven para retirar las perillas y el chasis, adaptadores BNC para medir la potencia de los radios portátiles.

⁹ Son diseñados y construidos dentro de las exigencias más altas en seguridad. Para usar en ambientes potencialmente explosivos de gasolinas o instalaciones de gas, como depósitos o plataformas petrolíferas.

CAPÍTULO 2

OPTIMIZACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DE TELECOMUNICACIONES.

Luego de analizar en el capítulo anterior los requerimientos de las estaciones, en este capítulo analizaremos los equipos y elementos necesarios que justifiquen los cambios ó mejoras para optimizar la infraestructura de Telecomunicaciones de los Bloques 7-21. Al final de este capítulo se mostrará cómo quedarán las diferentes áreas después de los cambios realizados.

2.1 CAMBIO DE SHELTER.

De los análisis realizados en el capítulo anterior se concluyó que se necesitan dos shelters nuevos, uno para Gacela y otro para 24 de Mayo.

En el primer caso, en Gacela no existe ninguna Caseta para albergar los equipos y accesorios del nuevo sistema de comunicaciones, por lo que es necesario instalar un nuevo.

En el sitio de 24 de Mayo, sí existe un Shelter, pero se requiere cambiarlo por un nuevo debido a que se encuentra bastante deteriorado, desactualizado y no tiene espacio suficiente en su interior, tal como se observa en la figura 2.1.



Figura 2.1: Shelter deteriorado en el sector de 24 de Mayo.

Se necesita también un sistema de Carga DC en el sitio de 24 de Mayo, conformado por un nuevo banco de baterías (24 voltios como estándar) que soporte el problema de los apagones existentes en el lugar. Además de la instalación del Aire Acondicionado en la parte externa de cada Shelter.

A continuación se presentan las especificaciones del nuevo shelter, que incluye un sistema de respaldo de energía de 24VDC para 72 horas conformado por un banco de baterías y cargador; y adicional un inversor de 12VDC a 120VAC.

Se tomó como modelo el shelter estándar que posee Petroamazonas instalados recientemente en otros Bloques de operación, como es el caso de Pañacocha.

2.1.1 CARACTERÍSTICAS SHELTER 2.54mx2.54mx2.40m.

Las especificaciones de este nuevo shelter para equipos de comunicación son las siguientes:

Estructura

- Construido en hierro estructural de 4mm, columnas y vigas con tubo cuadrado de 100x100mm.
- Acabado con pintura de poliuretano de alta resistencia para ambientes húmedos.
- Tren de arrastre y vigas de refuerzo.
- Ganchos de sujeción para puente grúa y transporte aéreo.
- Escalerilla de acero en la parte posterior externa al shelter, para acceso a la cubierta.

Dimensiones

- 2.5m de largo.
- 2.5m de ancho.
- 2.4m de alto.

Forramiento Exterior

- Las paredes exteriores (paredes y techo) están fabricadas con planchas de acero paneladas de 2mm.
- Puerta de acero panelado forrada con plancha galvanizada y con revestimiento térmico.
- Cerradura de seguridad.

Forramiento Interior

- Las paredes interiores (paredes y techo), están fabricadas con planchas de acero galvanizadas paneladas de 0.8mm.
- El piso está fabricado con plancha de acero galvanizado de 1,5mm, revestimiento de vinyl poliéster, lona de caucho con pupos (antideslizante). Barrederas y canaletas para conducción eléctrica.
- Protección térmica entre paredes interiores y exteriores: Polipropileno de 100mm.

Instalación Eléctrica

- Centro de carga de 8 puntos con protecciones para energía normal.
- Centro de carga de 8 puntos con protecciones para energía regulada.
- Alimentación principal con tomacorriente tipo clavija de 3 polos.
- Un TVSS¹⁰ (Transient Voltage Surge Suppressor) para 110VAC instalado en el tablero de distribución de energía normal.
- Un tablero eléctrico para control y bypass del UPS.
- Conducción de cables eléctricos por canaleta de aluminio sellada con tapa de presión.
- Conductores número 14 para iluminación y número 12 para toma corrientes.
- Tomacorrientes polarizados encausados en la canaleta de aluminio.
- Iluminación con 2 lámparas fluorescentes de 2X32W encapsulada contra polvo y humedad.

¹⁰ Los supresores de transitorios TVSS (Transient Voltage Surge Supressors) son dispositivos de protección contra sobretensiones transitorias.

- Lámpara de emergencia de 12VDC con batería interna.

Sistema de Tierra

- 8 varillas cooperwell de 5/8 x1.8cm, 20m de cable (TW#2) desnudo, 10 sueldas maxwel de 115 gramos.
- Una placa de cobre de 51x4x5mm para la torre.
- Dos placas de cobre de 51x4x3mm para Racks de 19", con dos pernos partidos #0 para unir los racks al bus de tierra.
- Dos placas de cobre de 51x4x3mm para supresores.

El sistema de tierra dentro del shelter viene instalado previamente, sólo la malla de tierra según especificaciones exterior a la caseta y la conexión con la misma de la torre se realiza en el campo.

Accesorios

- Un UPS marca APC de 3KVA.
- Un banco de baterías para soporte de una hora a plena carga marca APC.
- Dos racks de 19" para equipos, marca Quest, de aluminio color negro.
- 4 regletas verticales de energía de 1,8m.
- Organizadores de cables: 3 verticales, 6 horizontales de 2U¹¹ y 4 horizontales de 1U para rack 19".
- 4 bandejas ranuradas de 2U para la instalación de equipos en el rack.
- 1 aire acondicionado de 220VAC, marca LG. Incluye una base exterior para sujetar y un techo para proteger de la lluvia.
- Escritorio modular con cajones a un costado y silla de trabajo.
- Escalerilla interna de aluminio para cables.
- Dos pasamuros marca Andrew con 4 entradas de 4" para cable.
- Escalerilla externa galvanizada en caliente para instalarse entre el shelter y la torre de comunicaciones.

¹¹ **U (Unidad de rack):** Es una unidad de medida que describe la altura del equipo para ser montado en un rack de 19 ó 23 pulgadas de ancho. Una unidad de rack (1U) equivale a 1.75pulgadas (44.45mm) de alto. La gran mayoría de racks son de 42U (1.8m) de altura.

Todo lo expuesto anteriormente viene instalado, solamente el aire acondicionado, el UPS y el banco externo de baterías van empacados para su instalación en campo.

Se deberá tomar en cuenta también la instalación de la base de hormigón para shelter y cerramiento con malla de alambre.

Se muestra en la *figura 2.2*, los planos del Shelter y el diagrama eléctrico (tomado como estándar de Petroamazonas). Incluido la ubicación del aire acondicionado (*figura 2.3*).

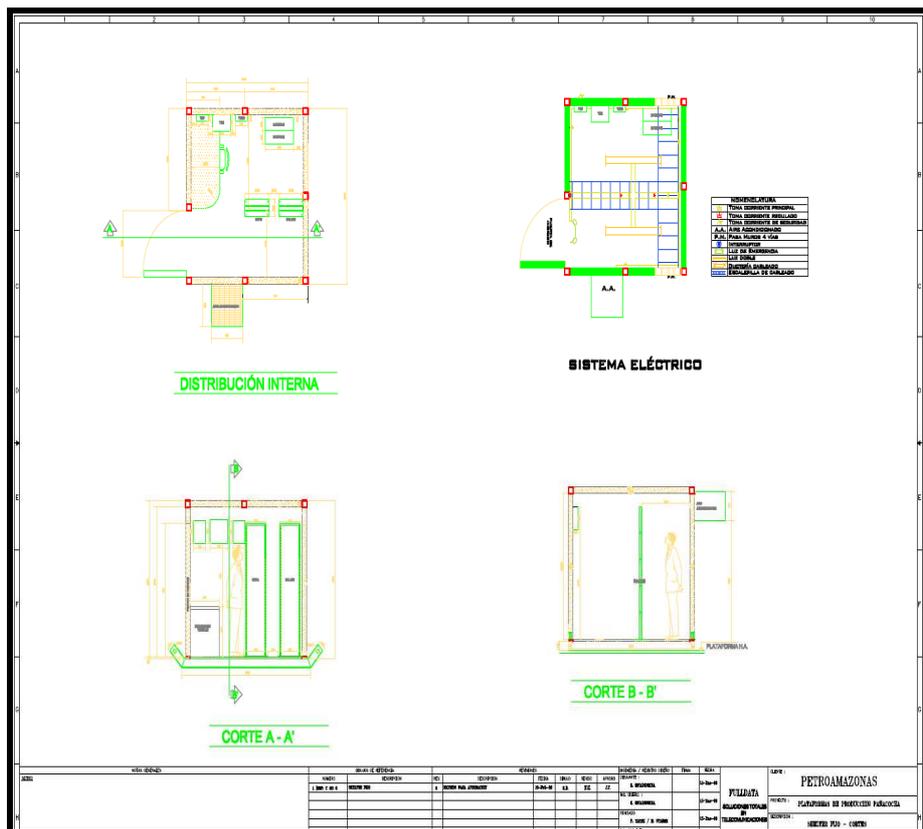


Figura 2.2: Diagrama del Shelter.
Fuente: Petroamazonas

Puesto que del aire acondicionado normalmente caen gotas de agua, estos son instalados de acuerdo a la *figura 2.3* en la parte exterior del Shelter; por lo que se ha considerado la instalación de un techo para protegerlos de la lluvia, ya que se tiene como antecedentes, que fue necesario hacer construir localmente un techo porque filtraba agua de lluvia al interior del aire acondicionado.



Figura 2.3: Instalación del aire acondicionado con techo.

2.1.2 SISTEMA DE RESPALDO DE ENERGÍA 24VDC PARA 72 HORAS.

Para el problema de los apagones en el sector de 24 de Mayo, se incluye un banco de baterías y paneles solares.

2.1.2.1 Características

El sistema incluye:

- 2 módulos MD001 Isofoton I-5, 12V, 5W
- 1 Regulador Prof. RP003 Phocos PL 60/60A, 12/24/48V, 60A
- 1 Regulador Prof. RP004 PL RS232 Interface
- 12 Baterías RITAR RL-21000G 2V/1000Ah a C20
- 1 Cargador de Baterías Studer MBC 24-32/1 IP65 Input Vac 170 260 Battery voltaje 24 Output A 32.

Se adjunta el diagrama del sistema de respaldo de energía en la *figura 2.4*.

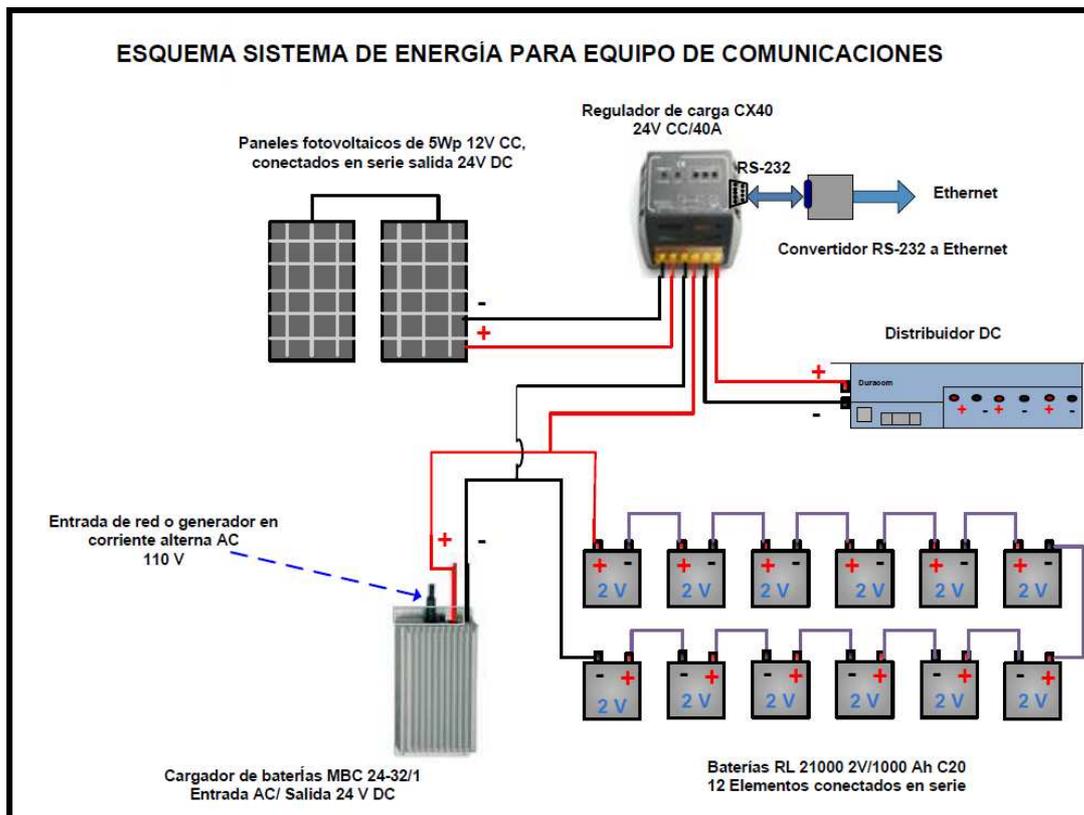


Figura 2.4: Esquema Sistema de Energía
Fuente: FULLDATA

2.1.3 INVERSOR DE 12VDC A 120VAC.

Se incluye un inversor de 12Vdc a 120VAC, con la finalidad de que cuando existan cortes de energía en el lugar, los equipos que funcionen con AC sigan trabajando sin problema.

2.1.3.1 Características.

- Un Inversor 12VDC-120VAC, 1000W, PST-12-1000w Samlex.
- 2 Baterías secas selladas, 12V, 75A, PS-12750 Powersonic.
- Distribuidor de voltaje DC DP 10-LED-12.
- Accesorios.

Adjunto el esquema del Inversor de energía de 12VDC a 120VAC, junto con las baterías; indicado en la *figura 2.5*.

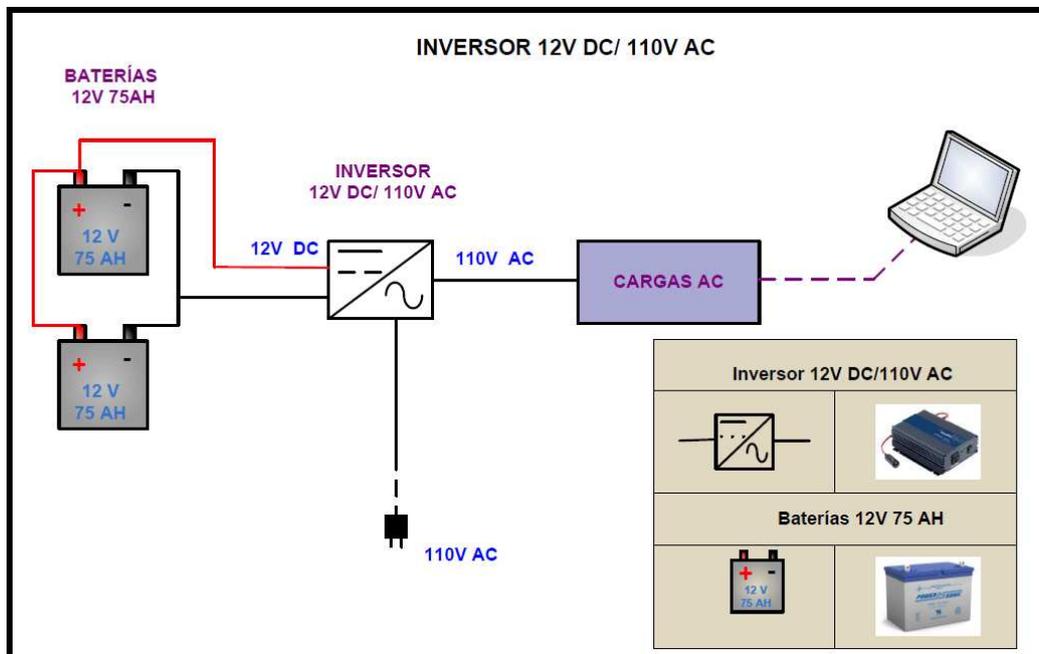


Figura 2.5: Inversor 12VDC / 110VAC
Fuente: FULLDATA

Se solicitó un banco de baterías independiente con un inversor, por temas de seguridad en caso de que se corte la energía y se necesite algún servicio que funcione con 110 VAC.

Para el caso de que los router y switch necesiten energía 110 VAC, ahora se vuelve más crítico aún contar con el respaldo para estos equipos, puesto que no ganaríamos mucho teniendo un buen respaldo de energía DC para los radios de microonda si los equipos de networking se caen en una falla de energía AC.

Por lo que se tendrían que considerar las siguientes opciones:

- Modelos de switchs y routers que tengan capacidad de operar con 24VDC.
- Un sistema eléctrico para tener tiempos similares de respaldo para la parte de DC como de AC.

Conforme a lo anterior se tomaría en cuenta como cargas en AC por lo menos el router y switch que estarían instalados en la caseta o en el shelter de las estaciones, tal como se muestra en la *figura 2.6*.

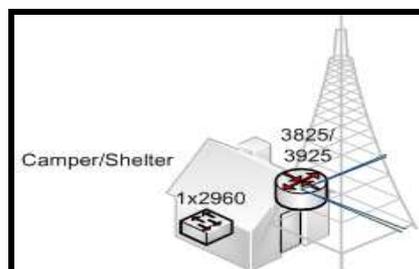


Figura 2.6: Ubicación del switch y router en la caseta.

Para lo referente al switch existe la opción del Cisco IE3000 de 8 puertos que puede ser alimentado con DC, ya que a más de poseer esta característica se lo toma en cuenta por el consumo, ya que éstos consumen 15.7W, mucho menos que el 2960 que consume 45W (*figura 2.7*).

| Power Specifications for Cisco IE300 Series Switch | |
|--|---|
| Description | Specification |
| Maximum power consumption | <ul style="list-style-type: none"> • 15.1W (IE-3000-4TC, IE-3000-4TC-E) • <u>15.7W</u> (IE-3000-8TC, IE-3000-8TC-E) |
| Input voltage and currents supported | <ul style="list-style-type: none"> • <u>18-60VDC</u>, (Cisco IE-3000-4TC, Cisco IE-3000-8TC, Cisco IE-3000-4TC-E and Cisco IE-3000-8TC-E) • 85-265VAC/88-300VDC, 1.3-0.8A, 50-60 Hz (with addition of Cisco PWR-IE3000-AC=) |

| Power Specifications for Cisco Catalyst 2960 Series Switch | |
|--|---|
| Description | Specification |
| Maximum Power Consumption | <ul style="list-style-type: none"> • <u>30W</u> (Cisco Catalyst 2960-24TT and Catalyst 2960-24TC) • <u>45W</u> (Cisco Catalyst 2960-48TT and Catalyst 2960-48TC) • 75W (Cisco Catalyst 2960G-24TC) |

Figura 2.7: Especificaciones Switch Cisco IE3000 y 2960.

En cuanto al modelo de router, se tiene la alternativa de que el router 3825 y/o 3925 vienen con alimentación DC, tal como se puede observar en la figura 2.8 las especificaciones de éstos.

| Specifications of Cisco 3825 and 3845 | | | | |
|--|---|---|----------------------------|-----------------------------|
| Cisco 3800 Series Features | Cisco 3825/3825-NOVPN | Cisco 3845/3845-NOVPN | | |
| AC input voltage | 100–240 VAC, autoranging | 100–240 VAC, autoranging | | |
| DC input voltage | 24–60 VDC, autoranging positive or negative | 24–60 VDC, autoranging positive or negative | | |
| Specifications of Cisco 3945E, 3925E, 3945, and 3925 Integrated Services Routers | | | | |
| Services and Slot Density | Cisco 3945E | Cisco 3925E | Cisco 3945 | Cisco 3925 |
| Power-supply options | Internal: AC, PoE, and DC* | Internal : AC, PoE, and DC* | Internal: AC, PoE, and DC* | Internal : AC, PoE, and DC* |

Figura 2.8: Especificaciones Router 3825 y 3925.

Por lo tanto, luego de analizar estas posibilidades, se optará por la compra de equipos de networking que tengan alimentación DC para el sitio de 24 de mayo, ya que los mismos garantizan la mayor disponibilidad posible cuando existan cortes de energía y no se caiga la red. Por consiguiente, es importante la instalación del sistema de respaldo DC en el interior del Shelter de 24 de Mayo.

2.1.4 TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE LOS SHELTERS.

Se presenta la forma como se transportaron los nuevos Shelter desde Quito hasta la ciudad del Coca y luego a los campamentos para su posterior instalación.

Los mismos que pueden ser transportados vía terrestre mediante remolques, tal como indica la figura 2.9, pues éstos poseen llantas y un herraje para enganchar al vehículo y ser remolcados hacia las estaciones. También pueden ser trasladados en las plataformas de camiones.



Figura 2.9: Transporte de los Shelter.

Otra forma de transportar es vía aérea gracias a que estos shelters tienen instalado sobre su techo unos ganchos de sujeción. De esta manera pueden ser transportados mediante helicóptero para lugares distantes y con grúas para distancias cortas como por ejemplo en el interior de los campamentos.

En lo que respecta a la instalación en las estaciones se procedió de la siguiente manera:

- Construcción de la base de concreto sobre el cual descansará el shelter,
- Ubicación del shelter mediante una grúa proporcionada por la empresa.
- Colocación del cerramiento de alambre.
- Instalación del aire acondicionado en la parte superior externa al shelter.

En la figura 2.10 se muestra como quedaron instalados los nuevos shelters en los sitios de Gacela y 24 de Mayo. Listos para albergar los nuevos equipos.



(a) Shelter Gacela

(b) Shelter 24 de Mayo

Figura 2.10: Instalación de los Shelters.

2.2 MEJORAS AL SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIONES VHF.

Se propone realizar la actualización y estandarización del sistema de Radiocomunicaciones VHF para los Bloques 7 y 21, razón por la cual se analizó en el capítulo anterior los requerimientos para mejorar el sistema de VHF y en base a ello trabajar para que se ajuste a las necesidades de la empresa.

Uno de los problemas es que actualmente los equipos que posee el sistema son antiguos. Por lo tanto, se necesita modernizar el sistema con la compra de nuevos Radios VHF, como son equipos portátiles (Handy), bases fijas (oficinas) y móviles (automóviles) manteniendo el mismo sistema de enlaces existente y la tecnología analógica, pero con mejores características.

Otro inconveniente es que los radios no tienen la propiedad de intrínsecamente seguros, lo cual es importante para trabajos en lugares que existen gases. Además llegaron nuevos vehículos y personal nuevo a las diferentes Estaciones y no existe en stock radios para asignarlos.

En base a la investigación en el mercado y a sugerencias de proveedores nacionales, los nuevos equipos a adquirir para el proyecto de mejoramiento son de marca Motorola, ya que los mismos nos permiten cubrir los problemas existentes antes mencionados. Los modelos que se recomiendan son:

- Radio portátil Motorola PRO 7150 (para el personal).
- Radio base Motorola PRO 5100 (para vehículos y oficinas)

Una diferencia bien marcada entre los equipos antiguos (PRO 5150 Y 3100) versus los nuevos (PRO 7150 y 5100) es que no tienen pantalla, es decir, pierden las ventajas de visualizar entre otras cosas el nivel de señal, indicador carga de batería, nombres de los diferentes canales. Otra diferencia es el número de canales que poseen (*Figura 2.11*).



Figura 2.11: Radios Motorola antiguos vs nuevos.

Estos equipos nuevos también cumplen con el requerimiento solicitado de que deben poseer el certificado de intrínsecamente seguros.

2.2.1 NUEVOS RADIOS VHF.

2.2.1.1 Cambio de Radios PRO 3100 por Radios PRO 5100.

Al momento llegaron 10 camionetas nuevas al Bloque 7, y están por llegar 8 adicionales. Se requiere por lo pronto 18 Radios Motorola 5100 nuevos con su respectivo kit de instalación antenas 5/8, cables RF y cables DC.

Se dotará a estos vehículos con éstas radios nuevas, y las radios antiguas que puedan ser recuperadas de otros vehículos serán guardadas para tenerlas como respaldo. Pero no todas las radios podrán ser recuperadas y más bien se les dará de baja.

Para el bloque 21 se necesitan 7 radios móviles, ya que llegaron 5 camionetas nuevas, siendo necesario cinco radios Motorola PRO 5100 más dos radios extras para tenerlos de backup (respaldo).

Entonces para los Bloques 7 y 21 se necesitan en total 25 radios Motorola PRO5100. Adicional se requiere kit de bobinas, látigos, binchas, cables coaxial y cables de poder VDC. También antenas y baterías para las radios.

2.2.1.2 Cambio de Radios PRO 5150 por Radios PRO 7150.

Se reemplazará inicialmente una parte de los radios portátiles PRO 5150 que posee el personal (en total 30 unidades) por los nuevos PRO 7150, ya que se encuentran desactualizados, en primer lugar no son intrínsecamente seguros y en segundo lugar no poseen pantalla entre lo más importante.

Por lo tanto, se presenta el listado final de los requerimientos de Radios VHF y accesorios en la tabla 2.1, en donde se incluye la justificación de cada grupo de equipos. De igual manera, se detalla todos los ítems incluyendo equipos y accesorios que son requeridos.

| CANT. | EQUIPO | MARCA | MODELO | # DE PARTE | DESCRIPCION | JUSTIFICACION |
|-------|--------------------------|----------------|-----------------|-------------------------------------|---|---|
| 25 | Radio Móvil | MOTOROLA | PRO5100 | LAM25KKD9AA2AM | 25-45 W 136-174 MHZ VHF | Vehículos nuevos, locaciones nuevas, spare |
| 25 | Kit Remoto | MOTOROLA | RLN4801/RLN4802 | RLN4802AA | Remote Mount KIT (excluding cable kit) | Radios nuevos, instalación según estándares de PAM |
| 25 | Cable de Kit Remoto | MOTOROLA | | RKN4077 | REMOTE MOUNT CABLE 3M | Radios nuevos, instalación según estándares de PAM |
| 30 | Radio Portátil | MOTOROLA | PRO7150 | LAH25KDH9AA6AN | 5 W 136-174 MHZ, 128 CANALES VHF, certificado intrínsecamente seguro | Reemplazo de radios 5150 e intrínsecamente no seguros, usuarios nuevos, spare |
| 10 | Antena radio portatil | MOTOROLA | | 8504762J01 | VHF 14 cm, 136 - 155 MHZ replaced part PMAD4014A | Reparación, radios área Payamino |
| 10 | Antena radio portatil | MOTOROLA | | PMAD4015A | VHF 14 cm, 155 - 174 MHZ | Reparación, radios área OSO |
| 15 | Clip para batería | MOTOROLA | | HLN9714A | Clip para batería radio portatil motorola 7150 | Reparación |
| 15 | Cargador Rápido PRO7150 | MOTOROLA | | AAHTN3000D | 110 V Rapid rate Single Unit Charger US/LA | Reparación |
| 20 | Batería par PRO7150 | MOTOROLA | | HNN9010A | NiMH/Ultra-High_Capacity, FMCSA | Reparación |
| 15 | Perilla | MOTOROLA | | 3680529Z01 | Perilla de volumen PRO7150 | Reparación |
| 15 | Perilla | MOTOROLA | | 3680529Z02 | Perilla del selector de canales 7150 | Reparación |
| 20 | Cable DC radio movil | | | HKN4137A | MOBILE PWR CBL | Instalación nuevas locaciones / reemplazo |
| 20 | Kit de montaje de Antena | MAXRAD (PCTEL) | | CBL60150M1 | Trunk Lid Mount, Black w/17' RG58A/U. Loose PL259 Connector | Instalación nuevas locaciones / reemplazo |
| 30 | Antena para vehículo | | | MHB5800 | 144-174 MHz, 200 Watts, 3dB Gain 5/8 Wave Antenna, Chrome | Instalación nuevas locaciones / reemplazo |
| 15 | Fuentes 13.8 V DC | ASTROM | RS-20A | | Fuentes de voltaje DC 13.8v 16 / 20 AMPS | Instalación nuevas locaciones / reemplazo |
| 2 | Cable para Programación | | | RKN4074A PMDN4077AR AARKN4075 | Cable de programación para radio series PRO con conector_USB(no necesita RIB) | Programación / Mantenimiento |
| 2 | Herramienta | MOTOROLA | | 6680702Z01 | Herramienta para servicios, permite retirar perillas y chasis | Programación / Mantenimiento |
| 2 | Adaptador | MOTOROLA | | HLN9756 | Adptador BNC, para medir potencia Radios Portatiles | Programación / Mantenimiento |

Tabla 2.1: Requerimiento de nuevos Radios Motorola VHF y accesorios.

A continuación detallamos las características de éstas radios nuevas que se propone para la actualización del sistema de radiocomunicaciones VHF actual.

2.2.2 RADIO MOTOROLA PRO 5100.

Es una radio para ser instalada en los vehículos y en las oficinas. Trabaja en la banda de frecuencia VHF 136-174MHz, posee 64 canales, potencia 25W.

Ideal para organizaciones con comunicaciones estándares, el radio PRO5100 provee un funcionamiento sencillo y de alta calidad. El sistema de señalización le permite llamar a individuos o grupos de trabajo, identificar a la persona que llama, notificar a otros que usted está tratando de comunicarse cuando ellos están fuera de sus vehículos, o mandar un pedido de ayuda en situaciones de emergencia. Además, los 64 canales fácilmente se acomodan a diversos grupos de trabajo y el rastreo con doble prioridad le asegura que no va a perder llamadas importantes. La amplia pantalla de 14 caracteres alfanuméricos con íconos de fácil uso provee una información comprensible en cualquiera de los cuatro idiomas. La función X-Pand® de Motorola y un parlante en la parte frontal otorgan un sonido nítido, aun en ambientes de alto ruido. A continuación se muestra en la figura 2.12 una imagen de este radio.



Figura 2.12: Radio Motorola PRO 5100.

2.2.2.1 Especificaciones Técnicas

- 64 canales convencionales.
- 15 zonas troncalizadas con 16 grupos de conversación cada una.

- Identificación de llamada PTT-ID (envío/recepción).
- Alerta de llamada (envío/recepción).
- Llamada selectiva de voz (envío/recepción).
- Verificación del radio (envío/recepción).
- Inhibición selectiva del radio (recepción).
- Emergencia (envío).
- Señalización Quick-call II (envío/recepción).
- Zonificación.
- Monitoreo.
- Rastreo con doble prioridad.
- Pantalla de 14 caracteres alfanuméricos.
- Bloqueo de canal ocupado.
- Limitador de tiempo de transmisión.
- Eliminación de canal no deseado.

2.2.3 RADIO MOTOROLA PRO 7150.

Se trata de una radio portátil, será utilizada por todo el personal, llevado todo el tiempo para estar en constante comunicación. Trabaja en la banda de frecuencia VHF 136-174MHz, posee 128 canales, potencia 5W. Certificado intrínsecamente seguro (Factory mutual). Viene incluido batería antiexplosiva, clip, antena, cargador rápido y manual de uso. A continuación mostramos las especificaciones de este equipo (*figura 2.13*).



Figura 2.13: Radio Motorola PRO 7150.

2.2.3.1 Especificaciones Técnicas

- Banda: VHF / UHF.
- Rango de frecuencias: (35–50 MHz) / (136–174 MHz VHF) / (403-470 MHz UHF) / (450-527 MHz UHF).
- Potencia de salida: (5w – VHF) / (4w UHF).
- 128 Canales.
- Recepción DTMF, para llamadas entrantes.
- Almacenamiento de voz para grabar mensajes breves.
- Identificación de llamadas (envío/recepción).
- Llamada selectiva de voz (envío/recepción).
- Verificación de radio (envío/recepción).
- Inhibición selectiva del radio (recepción solamente).
- Señalización Quick-Call II (envío/recepción).
- Alarma de Emergencia
- Monitoreo
- Rastreo con Doble Prioridad
- Silenciamiento Comprimido / Normal
- Teclado DTMF incorporado
- Pantalla Alfanumérica de 14 caracteres
- Bloqueo de canal ocupado
- Limitador de tiempo de transmisión.
- Reloj alarma
- Eliminación de canales ruidosos
- Puerto de tarjetas opcionales
- Indicador visual de carga de batería.
- Capacidad para tarjetas y placas opcionales de Almacenamiento de voz.

OPCIONAL:

- PRO-7150 FM - Factory Mutual - Antiexplosivo.
- Aprobación Factory Mutual: Q390 ha sido designada como intrínsecamente segura para el uso en clases I,II y III, División 1, Grupos C,D,E,F y G. Aprobadas como no incendiaria para el uso en Clase I, División 2 y Grupos A,B,C y D.

2.2.4 PROGRAMACIÓN DE LOS RADIOS.

El programa que se utiliza para la programación es el “Profesional Radio CPS” indicado en la *figura 2.14*, el cual permite configurar radios MOTOROLA portátiles y móviles análogos:

- PRO 5150 portátil antiguo (sin pantalla, 15 canales).
- PRO 3100 Base móvil antigua (sin pantalla, 8 canales).
- PRO 7150 portátil nuevo (con pantalla, 128 canales).
- PRO 5100 Base móvil nueva (con pantalla, 64 canales).

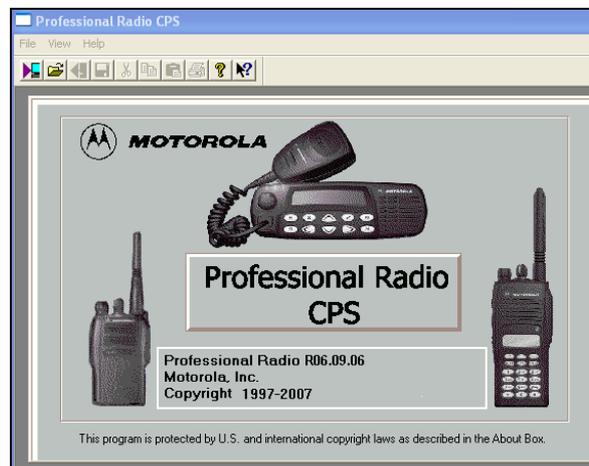


Figura 2.14: Programa “Profesional Radio CPS”.

Primer paso: En la siguiente *figura 2.15* mostramos la programación del nombre del canal, el ancho de banda, la frecuencia de transmisión, la frecuencia de recepción y la frecuencia de tono.

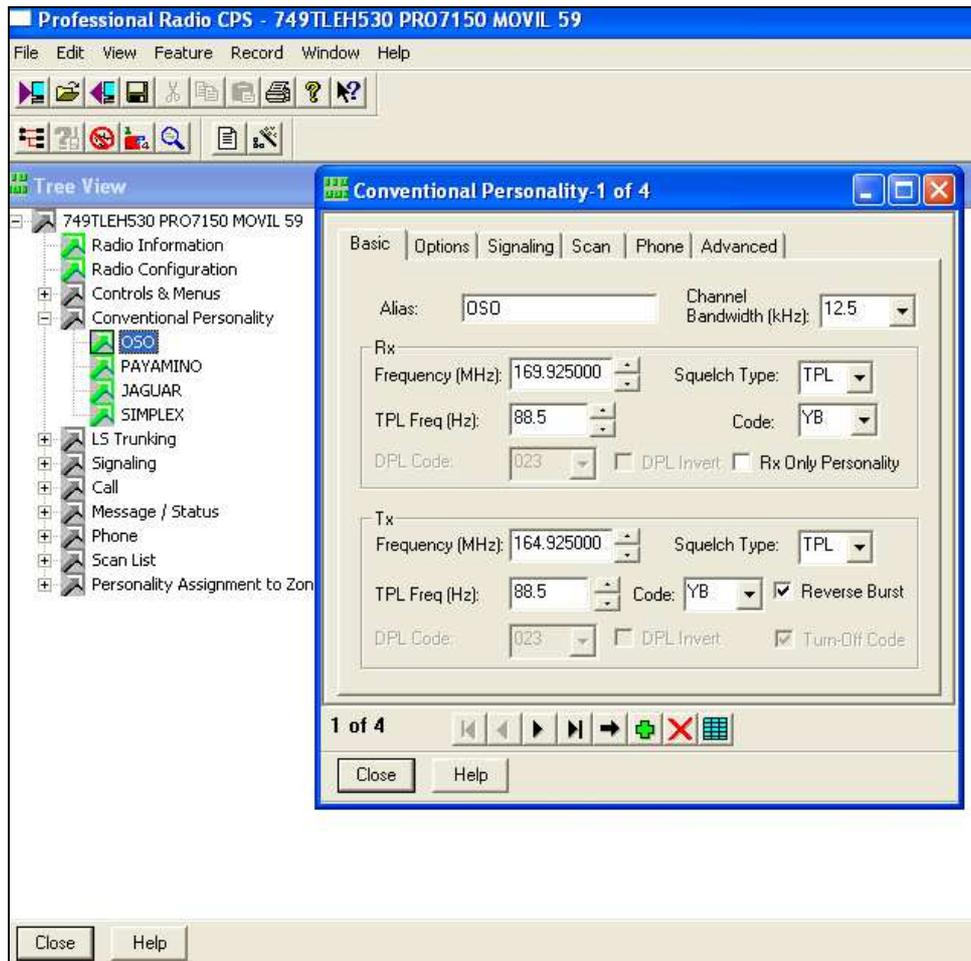


Figura 2.15: Programación de frecuencias en la radio.

Segundo paso: Luego confirmamos el modelo y la serie del equipo a ser programado, tal como se muestra en la figura 2.16.

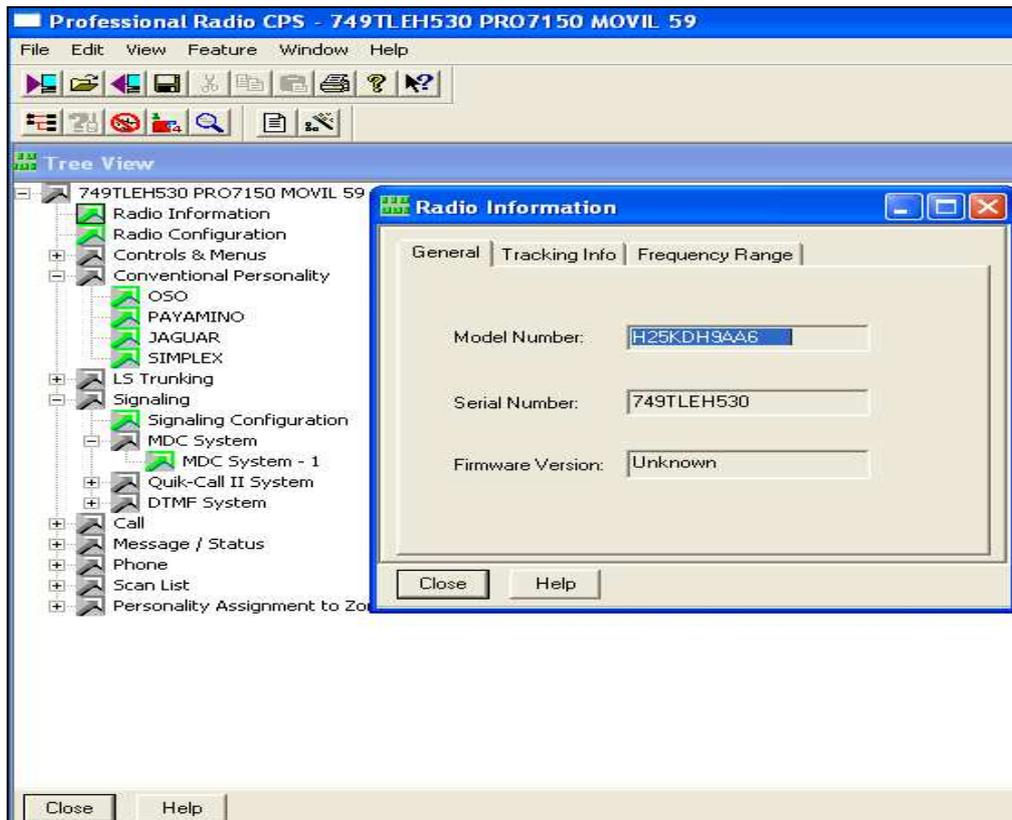


Figura 2.16: Verificación del modelo y la serie del equipo.

Tercer paso: Se concluye la programación de las Radio Motorola PRO 7150 y PRO 5100, digitando la opción de grabar. Este último paso se indica en la *figura 2.17*.



Figura 2.17: Paso final para la programación de las Radios Motorola.

2.2.5 INSTALACIÓN DE LAS RADIOS EN LOS VEHÍCULOS.

En la figura 2.18 se muestra la instalación de la antena, el accesorio donde se colocará la radio y los cables tanto de DC como de la antena desde el tablero del vehículo hacia la parte del motor.



Figura 2.18: Instalación de Antena y accesorios.

Luego se realiza la conexión de la energía desde la batería del vehículo hasta la radio. Se coloca el conector en el cable que viene desde la antena. Se fija en el panel frontal el accesorio para colocar el micrófono (figura 2.19).



Figura 2.19: Conexión de cables de antena y de energía.

En la figura 2.20 se muestra como queda instalada la radio y el micrófono en la parte interna del vehículo. Como parte final se realizan pruebas desde esta radio para verificar su correcto funcionamiento.



Figura 2.20: Paso final de la instalación de la radio en el vehículo.

2.3 NUEVOS EQUIPOS DE CONECTIVIDAD.

Se analiza los requerimientos para el Proyecto de networking de los Bloques 7 y 21, de modo que logremos actualizar y estandarizar los equipos dentro de la infraestructura de la red actual.

Como resultado del análisis en conjunto con la empresa respecto a las marcas de los equipos de networking (conectividad), se definió que la renombrada marca CISCO será el nuevo estándar corporativo debido a que cumple con los requerimientos de la empresa, por su presencia mundial en el mercado de tecnología y porque se quiere estandarizar con esta marca todos los Bloques Petroleros de Petroamazonas.

Puesto que se realizará el diseño de los nuevos enlaces de microondas de mayor capacidad, será necesario adquirir nuevos switches y routers para cada una de las estaciones dentro de los dos Bloques, y que al mismo tiempo se cumplirá con el objetivo de modernizarlos.

Los nuevos equipos Cisco que se recomiendan son:

- Router 3825 y/o 3925 con alimentación DC (sólo para el sitio de 24 de Mayo)
- Router 2911 con alimentación AC.
- Router 7604 con alimentación AC.
- Switch 2960 con alimentación AC.
- Para lo referente al switch con alimentación DC se toma la opción del Cisco IE3000 (sólo para el sitio de 24 de Mayo).

Para el caso de equipos inalámbricos (wireless), servirán para dar servicio dentro de los campamentos en donde no exista cableado desde la caseta o

shelter hacia las oficinas que se encuentren distantes de la torre, se proponen los siguientes:

- Radio Cisco Aironet 1310, AIR-BR1310G-A-K9-R.
- Radio Cisco Aironet 1310, AIR-BR1310G-A-K9
- Antena Parabólica Grilla Hyperlink de 24dBi.
- Antena omnidireccional de 15dBi.

2.3.1 REQUERIMIENTOS PARA LA INSTALACIÓN.

1. Accesorios para la instalación del switch, router, Access Point (AP)-wireless y antenas.
 - a. Cable de antena (cable superflex).
 - b. Pigtail.
 - c. Protección para los conectores (taipe y autofundente).
 - d. Longitud necesaria para los cables duales del AP al Power Inyector.
 - e. Protecciones antes del Power Inyector.
 - f. Kits de montaje para los AP y antenas.

2. Mástiles en los que se deben instalar los equipos inalámbricos.
 - a. Altura mínima del mástil para sobrepasar la presencia de árboles y tener línea de vista.

3. Disponer de racks, cableado, aire acondicionado, UPS, energía y demás elementos necesarios para el correcto funcionamiento de los equipos de red.

4. Distancia de cobertura con APs.

5. Kit de montaje en el rack para los switches que van en las casetas/shelters junto a las torres.
6. El personal que se encargue de la instalación en las torres/mástiles debe contar con experiencia en este tipo de trabajo y trabajar con las debidas medidas y herramientas de seguridad.

A continuación mostramos en la figura 2.21 un esquema de cómo se ubicarán los equipos de networking. En este diagrama de red, las casetas ó shelters van junto a las torres, y los equipos de networking dentro de las casetas.

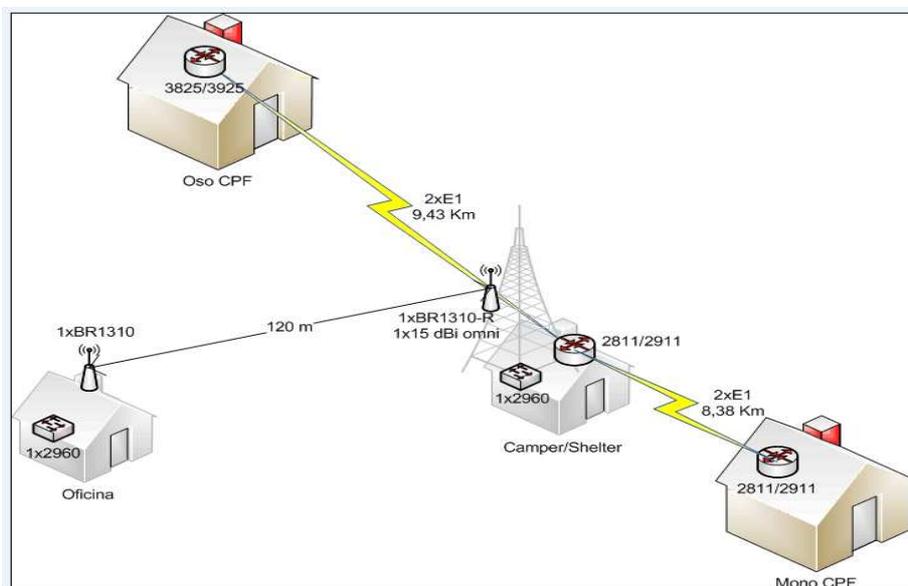


Figura 2.21: Esquema de los equipos de Networking.

2.3.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS DE CONECTIVIDAD.

En esta sección describimos las especificaciones técnicas de los nuevos equipos de networking que nos permiten cubrir los requerimientos antes mencionados y cumplir con el objetivo de modernizar y estandarizar el sistema de telecomunicaciones actual.

2.3.2.1 Cisco Catalyst 2960, WS-C2960-8TC-L.

Es un Switch marca Cisco, modelo Catalyst 2960, WS-C2960-8TC-L. Soporta voz, datos, vídeo y acceso seguro, Figura 2.22.



Figura 2.22: Cisco Catalyst 2960, WS-C2960-8TC-L.

Especificaciones:

- Calidad de servicio (QoS).
- Alcance de temperatura operativa: 0 - 45 °C.
- Temperatura: -25-70 °C.
- Cantidad de puertos SFP : 1.
- Ethernet LAN (RJ-45) cantidad de puertos: 8.
- Gigabit Ethernet (cobre), cantidad de puertos: 1.
- Tecnología de cableado: 10Base-T, 100Base-TX.
- Requisitos de energía: 100-240V; 0.5-0.25A; 50-60Hz.
- Tipo de fuente de alimentación: AC.
- Memoria Flash: 32 MB.
- Memoria interna: 64 MB.
- Tipo de memoria: DRAM.
- Dimensiones (Ancho x Profundidad x Altura): 270x163 x 44 mm.
- Peso: 1400 g.
- Protocolos de gestión: SNMP v1, SNMP v2, SNMP v3, IGMP.
- Protocolos de red admitidos: STP, UDP, TCP, ARP, RSTP, DTP, VTP, NTP.
- Características de red: Ethernet/Fast Ethernet DHCP, servidor.

- Tamaño de la tabla de direcciones MAC: 8000 entradas.
- Método de autenticación: 802.1x, TACACS+, RADIUS.
- Capacidad de conmutación: 16 Gbit/s.
- Full dúplex.
- Tasa de transferencia (máx): 1 Gbit/s.
- Velocidad de transferencia (paquete): 2.7 Mpps.

Características:

El Switch Cisco Catalyst Serie 2960 ofrece una amplia gama de características, que incluye:

- Soporte para comunicaciones inalámbricas de datos y voz que le permite instalar una única red para todas sus necesidades de comunicación.
- Capacidad de Power over Ethernet (POE) para que puedan implementar nuevas funcionalidades como voz y tecnología inalámbrica sin tener que realizar un nuevo cableado.
- Opción de Fast Ethernet (transferencia de datos de 100 Mbps) o Gigabit Ethernet (transferencia de datos de 1000 Mbps), dependiendo del precio y las necesidades de rendimiento.
- Múltiples modelos de configuración, con la habilidad para conectar escritorios, servidores, teléfonos IP, puntos de acceso inalámbrico, cámaras de TV de circuito cerrado u otros dispositivos de red.
- Capacidad de configurar LANs virtuales de forma que los empleados estén conectados a través de funciones de organización, equipos de proyecto o aplicaciones en lugar de por criterios físicos o geográficos.
- Funciones de monitorización de red y solución de problemas de conectividad mejoradas.

2.3.2.2 Cisco 2911/K9.

Este equipo Cisco es un Router, modelo 2911/K9, y se presenta en la figura 2.23.



Figura 2.23: Router Cisco 2911/K9.

Especificaciones Técnicas:

- Tipo de dispositivo: Router
- Modelo : CISCO2911/K9
- Memoria RAM: 512 MB.
- Memoria Flash: 256 MB.
- Factor de forma: Externo - modular - 2U.
- Dimensiones (WxDxH): 43.8 cm x 30.5 cm x 8.9 cm.
- Peso: 8.2 kg.
- Protocolo de tx de datos: Ethernet, Fast Ethernet, gigabit Ethernet.
- Alimentación: 120/230 VAC (50/60Hz).
- Puertos LAN Ethernet (RJ-45): 3
- Puertos USB 2.0: 2
- Puerto WAN: 1
- Puerto RS-232: 1
- Ranuras de expansión: 3 GE, 4 EHWIC, 2 DSP, 1 ISM.
- Energía sobre Ethernet (PoE): Sí
- Temperatura: 0-40°C.
- Características: Cisco IOS IP Base, protección firewall, asistencia técnica VPN, soporte de MPLS, soporte para Syslog, soporte IPv6.

2.3.2.3 Cisco IE 3000 Switch-8, 10/100, +2T/SFP.

El switch Cisco IE 3000 que se muestra en la figura 2.24 está diseñado para aplicaciones industriales de Ethernet como automatización de fábrica, control de energía y proceso o sistemas de transporte de inteligencia. Según la descripción de Cisco estos dispositivos "proporcionan una infraestructura resistente, fácil de usar y segura para entornos duros".

Este Switch será instalado en el interior del shelter de 24 de Mayo, ya que por el problema de los apagones posee la característica de ser alimentado con energía DC, para lo cual se tendrá el soporte de un banco de baterías.



Figura 2.24: Cisco IE 3000 Switch-8 10/100 + 2 T/SFP

Especificaciones

| | |
|-------------------|--|
| Nombre | Cisco IE 3000 Switch-8 10/100 + 2 T/SFP |
| Tipo | Ethernet Switch |
| Alimentación | 18-60DC |
| Dimensiones | 5.80" Ancho x 6" Profundidad x 4.40" Altura |
| Interfaz/Puertos | 8 x RJ-45 10/100Base-TX LAN |
| Factor de Forma | Montaje en Rack |
| Modelo | 3000-8TC |
| Memoria Flash | 64 MB |
| Capa | 2 |
| Memoria Estándar | 128 MB |
| Administración | DHCP , Telnet, RMON SNMP v1, v2, v3 IEEE 802.1p QoS IEEE 802.1Q VLAN Web |
| Tecnología de red | 10/100Base-TX |
| Adicional | Un puerto 10/100/1000 Ethernet y un puerto Gigabit Ethernet |

2.3.2.4 Cisco 3925/K9.

Es un Router, marca Cisco, modelo 3925/K9, W/SPE100, figura 2.25.

Será instalado en el sitio de 24 de Mayo, porque puede ser alimentado con energía DC y mediante el banco de baterías evitar el problema de los apagones en el sector.



Figura 2.25: Router Cisco 3925/K9, W/SPE100.

Especificaciones:

- Tipo de dispositivo: Enrutador.
- Modelo: CISCO3925/K9
- Memoria RAM: 1 GB (instalados) / 2 GB (máx.)
- Memoria Flash: 256 MB (instalados) / 8 GB (máx.)
- Temperatura: -20 - 70 °C.
- Puertos USB 2.0: 2.
- Características del puerto WAN: si
- Puertos LAN Ethernet (RJ-45): 4
- Energía sobre Ethernet (PoE): si.
- Frecuencia de entrada: 50/60 Hz.
- Alimentación: AC.
- Conexión ISDN: si
- Dimensiones: 438.15mmAnchox476.25mmProfundidadx133.35 mmAltura.
- Factor de forma: 3U.
- Peso: 27,2Kg
- Tasa de transferencia (máx): 1 Gbit/s
- Conexión WLAN: si
- Características: Cisco IOS IP Base, protección firewall, asistencia técnica VPN, soporte de MPLS, soporte para Syslog, filtrado de contenido, soporte IPv6.

2.3.2.5 Cisco 7604.

El router Cisco 7604 de la figura 2.26 posee un chasis modular de 4 ranuras y 5 estantes de unidades, lo que proporciona al cliente un rendimiento de Ethernet de $n \times 10$ gigabits de gran disponibilidad y densidad. Este router de dimensiones reducidas puede acomodar tarjetas de línea desde DS0 a OC-48, así como obtener velocidades de 10/100/1000, y está diseñado para permitir a los proveedores de servicios desplegar VPNs L2/L3 y accesos a Internet, o para empresas que necesiten ampliar sus redes en el extremo.



Figura 2.26: Router Cisco 7604.

Especificaciones Técnicas:

- **Tipo incluido:** Sobremesa - modular - 5U
- **Protocolo de interconexión de datos:** Ethernet, Fast Ethernet, Gigabit Ethernet
- **Rendimiento:** Enrutamiento IPv4 : 400 Mbps | Enrutamiento IPv6 : 200 Mbps | Capacidad de conmutación : 720 Gbps
- **Capacidad:** Rutas IPv4 : 256000 | Rutas IPv6 : 128000 | Entradas NetFlow : 128000 | Normas ACL : 128000
- **Red / Protocolo de transporte:** TCP/IP, ICMP/IP

- **Protocolo de direccionamiento:** OSPF, RIP, BGP-4, IS-IS, IGMP, PIM-SM, PIM-DM
- **Características:** Conmutación Layer 3, conmutación Layer 2, asignación dirección dinámica IP, soporte de DHCP, soporte de MPLS, soporte VLAN, snooping IGMP, limitación de tráfico, prevención contra ataque de DoS (denegación de servicio), soporte de Access Control List (ACL), Quality of Service (QoS)
- **Cumplimiento de normas:** IEEE 802.1x
- **Dimensiones (Ancho x Profundidad x Altura):** 44.5cmx55.2cmx 22.2cm
- **Temperatura mínima de funcionamiento:** 0 °C
- **Temperatura máxima de funcionamiento:** 40 °C
- **Ámbito de humedad de funcionamiento:** 10 - 85%

2.3.2.6 Cisco Aironet 1310, AIR-BR1310G-A-K9-R.

Se trata de un punto de acceso inalámbrico (Access Point), marca CISCO, modelo AIR-BR1310G-A-K9-R (figura 2.27). Este equipo inalámbrico está a la vanguardia de la tecnología. Ofrece una nueva dimensión en conectividad inalámbrica, fiable y de alto rendimiento. Asegura comodidad, calidad y eficiencia. Este equipo tiene la característica especial de trabajar con antena externa, que para nuestro caso será una antena Grilla de 24dBi en la frecuencia de 2,4GHz.



Figura 2.27: Cisco Aironet 1310, AIR-BR1310G-A-K9-R.

Especificaciones:

- Fabricante: Cisco
- Modelo: AIR-BR1310G-A-K9-R
- Características: Soporte de DHCP, equilibrio de carga
- Protocolo de interconexión de datos (Estándar WLAN): IEEE 802.11b, IEEE 802.11g
- Tipo de dispositivo: Punto de acceso inalámbrico
- Velocidad: 54 Mbps
- Canales de operación: 802.11b/g: 11 (EEUU), 13 (Europa), 14 (Japón)
- Frecuencia: 2.4 GHz.
- Puerto Consola: Ethernet RJ-45.

2.3.2.7 Cisco Aironet 1310, AIR-BR1310G-A-K9

En la figura 2.28 mostramos el Cisco Aironet 1310, modelo AIR-BR1310G-A-k9. Es un equipo que ofrece conectividad inalámbrica, fiable y de alto rendimiento. La diferencia con el equipo anterior (AIR-BR1310G-A-k9-R) es que tiene antena integrada (interna) y es utilizado para distancias cortas.



Figura 2.28: Cisco Aironet 1310, AIR-BR1310G-A-K9.

Especificaciones:

- Fabricante: Cisco
- Modelo: AIR-BR1310G-A-K9.
- Velocidad: 54 Mbps.

- Antena: Interna / Antena Integrada.
- Estándar WLAN: IEEE 802.11g/b.
- Canales de operación: 802.11b/g: 11 (EEUU), 13 (Europa), 14 (Japón)
- Frecuencia: 2.4 GHz.
- Velocidad de Datos 802.11b: 11 Mbps, 5.5 Mbps, 2 Mbps, 1 Mbps.
- Velocidad de Datos 802.11g: 54 Mbps, 48 Mbps, 36 Mbps, 24 Mbps, 20 Mbps, 12 Mbps, 9 Mbps, 6 Mbps, 5.5 Mbps, 2 Mbps, 1 Mbps.

2.3.2.8 Antena Parabólica Grilla.

Se presenta en la figura 2.29, la antena parabólica tipo grilla, 2.4 GHz, ganancia 24dBi, marca Hyperlink, modelo HG2424G-NM.

Será utilizada con el Cisco Aironet 1310, para enlaces dentro de los campamentos desde 1,5 hasta 7,5Km (considerando una potencia de 500mW).



Figura 2.29: Antena Parabólica Grilla 2,4 GHz 24 dBi N-Male Hyperlink

Se presenta las especificaciones técnicas de ésta antena en la tabla 2.2, acompañada de los diagramas de radiación (figura 2.30).

| Especificaciones eléctricas: | |
|------------------------------|-------------------------------------|
| Frecuencia | 2400-2500 MHz |
| Ganancia | 24 dBi |
| Impedancia | 50 Ohm |
| Potencia de entrada Máx. | 50 Watts |
| VSWR | < 1.5:1 avg. |
| Especificaciones mecánicas: | |
| Peso | 8 lbs. (3.62 kg) |
| Dimensiones | 100 cm x 60 cm |
| Montaje | 31.8 - 50.8 mm diámetro mástil máx. |
| Angulo de elevación | 0 a +10 grados |
| Temperatura de Operación | -40° C a 85° C |

Tabla 2.2: Especificaciones Técnicas.

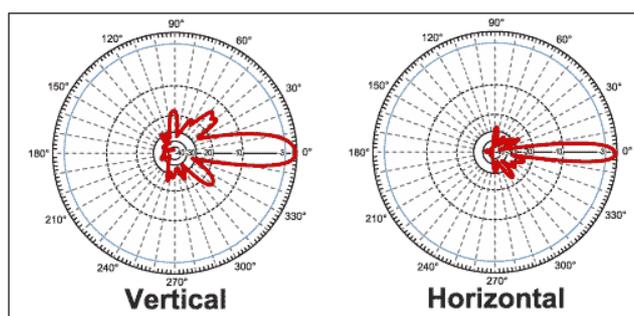


Figura 2.30: Patrones de radiación de la antena.

2.3.2.9 Antena omnidireccional.

Se eligió la Antena Omnidireccional 2.4 Ghz, 15dBi, modelo HG2415U-Pro, figura 2.31. Será utilizada con el Cisco Aironet 1310, para dar cobertura exterior (360 grados) de hasta 2Km (considerando una potencia de 500mW).



Figura 2.31: Antena Omnidireccional 15dbi, 2.4 Ghz, HG2415U-Pro.

Cubre un área de gran tamaño con conectividad inalámbrica constante en todas direcciones. Es ideal para Wi-Fi de área amplia y otras aplicaciones de negocios.

Se conecta esta antena exterior versátil a cualquier dispositivo de red inalámbrica 802.11b/g de 2.4GHz, que tenga un conector tipo-N hembra.

Viene con un kit para base de montaje. Puede simplemente montarla sobre una pared, torre, construcción o poste en el ángulo de su preferencia para cobertura inalámbrica y rendimiento máximos.

La instalación es simple y rápida. No es necesario ningún software de configuración o de instalación.

La antena es a prueba de agua. Puede soportar vientos de hasta 215 km/h y puede soportar la caída de varios rayos si se usa con kits de protección exterior de sobretensiones.

En la *tabla 2.3* se muestran las características de la antena, y en la figura 2.32 los patrones de radiación.

| Especificaciones eléctricas: | |
|-----------------------------------|------------------------|
| Frecuencia | 2400-2500 MHz |
| Ganancia | 15 dBi |
| Amplitud de señal vertical | 8° |
| Amplitud de señal horizontal | 360° |
| Impedancia | 50 Ohm |
| VSWR | < 1.3 |
| Especificaciones mecánicas: | |
| Peso | 1.95 Kg |
| Dimensiones | 1 m x 4.5 cm |
| Material de la carcasa protectora | Fibra de vidrio |
| Montaje | Base para mástil de 2" |
| Polarización | Vertical |
| Temperatura de operación | -40° C a 85° C |
| Resistencia al viento | > 241 Km/h |

Tabla 2.3: Especificaciones Técnicas

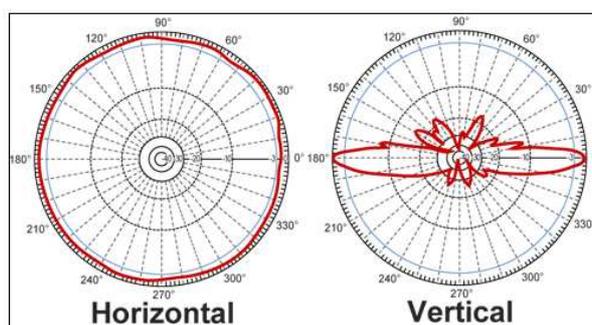


Figura 2.32: Patrones de radiación de la antena.

En la tabla 2.4 se presenta la cantidad de los equipos de conectividad que se necesita en cada Estación dentro de los Bloques 7 y 21.

| | P a y a m i n o | G a c e l a | L o b o 3 | E s t a c i ó n C o c a | 2 4 d e M a y o | Y u r a l p a | O s o A | O s o C P F | O s o 9 | J a g u a r | M o n o C P F | CANTIDAD |
|-------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|-----------------------|--|--------------------------------------|---------------------------------|------------------|----------------------------|------------------|----------------------------|---------------------------------|----------|
| Router 7604 | 1 | | | | | | | | | | | 1 |
| Switch 2960 | 1 | 2 | 3 | 2 | | 1 | 6 | 3 | 1 | 2 | 2 | 23 |
| Router 2911 | | 1 | 1 | 1 | | 1 | 1 | | 1 | 1 | 1 | 8 |
| Switch IE 3000 | | | | | 1 | | 1 | | | | | 2 |
| Router 3925 | | | | | 1 | | | 1 | | | | 2 |
| AIR-BR1310G-A-K9-R | | | | 1 | | | | 1 | | | | 2 |
| AIR-BR1310G-A-K9 | | 1 | 1 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 7 |
| AIR-CAB100DRG6-F (Chicote) | | 1 | 1 | 1 | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 8 |
| HG2424G-NM (Antena Grilla) | | | | 1 | | | | 1 | | | | 2 |
| HG2415U-PRO (Antena Omni) | | 1 | 1 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 7 |
| CA-RTPNMA004 (Pigtail Omni) | | 1 | 1 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 7 |
| CA-RTPNFA004 (Pigtail Grilla) | | | | 1 | | | | 1 | | | | 2 |

Tabla 2.4: Cantidad de equipos de conectividad en cada sitio.

A continuación se presenta en la figura 2.33 un esquema de una Estación, en donde se muestra la forma como quedarán instalados los equipos de conectividad, tales como switch (2960), router (2811/2911, 3825/3925, 7604), wireless (BR1310, BR1310-R) y antenas (grilla 24dBi, omnidireccional 15dBi).

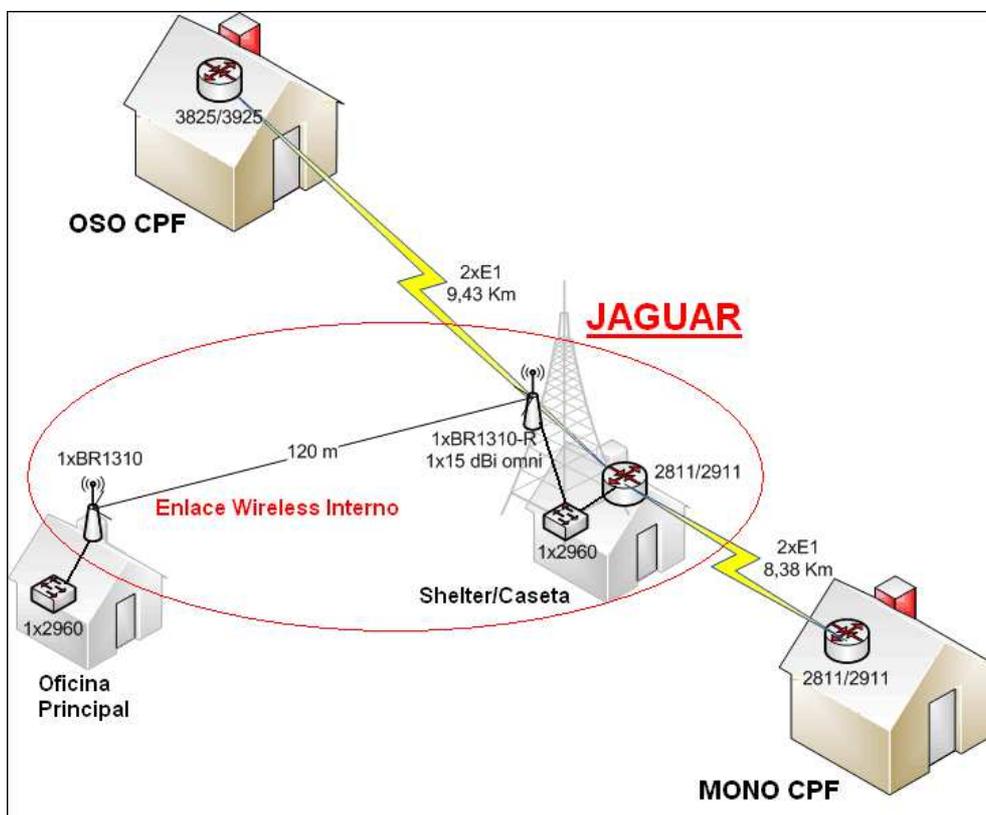


Figura 2.33: Esquema de equipos instalados en Jaguar.

El esquema muestra que el router 2911 será instalado en Jaguar para hacer el ruteo con las estaciones Oso CPF y Mono CPF. Serán instalados dos switch 2960, uno dentro de la caseta/Shelter y otro en la oficina principal. El enlace wireless interno sirve para llegar desde la torre hasta las oficinas que se encuentran a 120m, para lo cual se utilizan una pareja de radios Cisco 1310 con antena interna y con antena externa omnidireccional.

Al final de la instalación de todos los equipos de conectividad en todas las Estaciones se cumplirá con el objetivo de estandarizar y modernizar los mismos. En la figura 2.34 se muestra un esquema general de los equipos de conectividad después de ser instalados en todas las Estaciones.

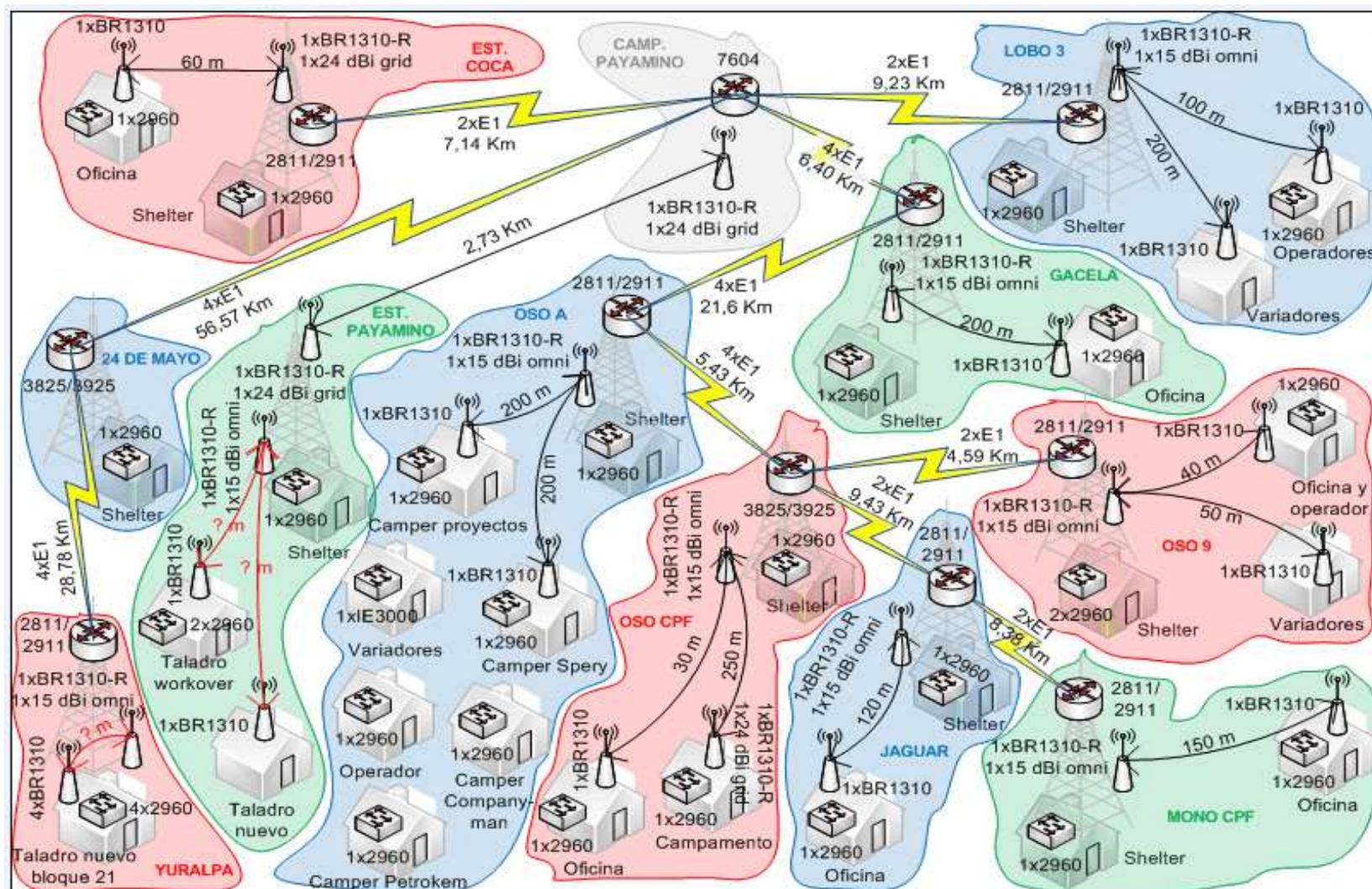


Figura 2.34: Esquema General de los equipos de conectividad para el Bloque 7-21.

CAPÍTULO 3

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE NUEVOS ENLACES DE MICROONDAS

El objetivo es diseñar una nueva red de enlaces de microondas, para cubrir todas las estaciones dentro del Bloque 7-21 y permitir que las mismas se encuentren comunicadas constantemente sobre los niveles de extracción de petróleo mediante el monitoreo de los parámetros involucrados.

A partir de un mapa real de la zona, daremos la mejor ruta y la solución más adecuada para su implementación.

El diseño de los enlaces es punto a punto, con transmisión full dúplex, en banda licenciada. Además soportará interfaces estándar de transmisión (2E1 y 4E1).

A pedido de la empresa el diseño se realizará con radios marca MDS que trabajan en la frecuencia de 1400MHz; utilizando cable Heliac y antenas Mark.

3.1 PASOS PARA ESTABLECER UN RADIOENLACE.

3.1.1 DETERMINACIÓN DE LOS SITIOS PARA UBICACIÓN DE ANTENAS.

Algunos de los factores de importancia a tomar en cuenta para determinar los posibles lugares en los que se pueden ubicar torres y antenas son los siguientes:

- Condiciones de clima en el sitio (temperatura, nivel de lluvias, descargas eléctricas, humedad).
- Tipo de terreno (arena, suelo, piedras).
- Población (escasa o densamente poblada).
- Acceso a vías de transporte.

- Punto de alimentación (energía más cercana al sitio).
- Infraestructura existente.

Para nuestro caso en los sitios en donde se desea implementar los radioenlaces si existe infraestructura propia, como torres, acometidas eléctricas, enlaces puestos en marcha, etc. Lo cual es muy importante, ya que esto reduce considerablemente los costos.

Un radioenlace puede ser diseñado tanto en una o varias trayectorias. Todo depende de las condiciones del terreno entre los puntos a enlazar y de costos; en caso de necesitar un nuevo sitio a consideración para un back to back¹² de antenas (en caso de dos trayectorias o más), debido a la presencia de obstáculos en el camino, se deberá ir hasta dicho lugar para establecer que tan fácil resulta llegar, así como también que tan cerca están los puntos de alimentación y si dicho lugar tiene algún propietario.

Por supuesto, el acceso a electricidad en el sitio es vital. Para asegurar la estabilidad de su servicio, la fuente de electricidad también debe ser confiable. Si existiesen cortes de energía y fluctuaciones de frecuencia, el uso de baterías más cargadores es una excelente opción.

Si la distancia a la red eléctrica más cercana no es muy grande y la red es razonablemente confiable, se debería solicitar permiso a la compañía de energía para vincular el sistema a la red utilizando un cable de extensión. Si la distancia a la red es demasiado larga, o por alguna razón no es posible colocar un cable de extensión, se podría considerar otra fuente de energía como el viento o paneles solares. Si la red nacional de energía aún no está presente en el lugar de la implementación, la electricidad por viento o solar son posibles opciones.

¹² Un back to back de antenas es conocido también como un repetidor pasivo con antenas espalda-espalda, este no dispone de elementos activos y el cable coaxial o guía de ondas desde una antena se une a la otra con unos pocos metros de distancia.

En cualquier ubicación cercana a la línea ecuatorial, los paneles solares son ideales para equipos inalámbricos en torres. Los costos iniciales son relativamente altos, pero la solución estable, requiere bajo mantenimiento y tiene un largo tiempo de vida (más de 20 años).

3.1.2 LEVANTAMIENTO DEL PERFIL.

Para levantar un perfil del terreno se utiliza mapas adquiridos en el IGM a escalas 1:50.000; junto con la información de las coordenadas geográficas (latitud, longitud y elevación) de los sitios. Para nuestro diseño si contamos con esta información de todas las Estaciones.

Hoy en día existen programas que facilitan el cálculo del perfil y que gozan de credibilidad. Los resultados que muestran por lo general son la distancia entre los dos sitios, las distancias en donde existen obstrucciones y las alturas a las que se deben colocar las antenas para tener línea de vista. Se utilizará el Programa PTP LINKPLANNER¹³ de la figura 3.1 para el cálculo de los Perfiles Topográficos (ver Anexo 1).



Figura 3.1: Programa PTP LINKPLANNER.

¹³ El modelo PTP LINKPlanner permite que los clientes determinen las características del rendimiento de enlaces para las soluciones inalámbricas, basadas en la geografía, distancia, altura de la antena, potencia de transmisión y otros factores a fin de optimizar el rendimiento del sistema antes de adquirirlo.

3.1.3 DETERMINACIÓN DE ALTURAS DE LAS ANTENAS.

En base al Programa LINK PLANNER mostrado en la figura 3.1 se obtendrán las alturas a la cual serán colocadas las antenas en la torre para cada enlace, siempre y cuando se logre obtener excelente línea de vista, asumiendo que existen árboles de 30 metros de altura en el trayecto de los enlaces.

3.1.4 PRESUPUESTO DE POTENCIA DEL ENLACE.

Independientemente del buen equipamiento de red inalámbrica que posea y del despeje de la línea de vista, se necesita calcular el presupuesto de potencia del enlace. Sobrecargar un radio enlace no hará necesariamente, que las cosas mejoren para su implementación y causará problemas a otros usuarios del espectro.

Tener un buen presupuesto de potencia es esencial, ya que es el requerimiento básico del funcionamiento del mismo. Puede ser comparado con los cimientos de una edificación: no importa lo bien hecho que estén el piso, las paredes y el techo, si el cimiento es débil, la edificación entera se caerá.

Un presupuesto de potencia para un enlace punto a punto es el cálculo de ganancias y pérdidas desde el radio transmisor (fuente de la señal de radio), a través de cables, conectores y espacio libre hacia el receptor. La estimación del valor de potencia en diferentes partes del radioenlace es necesaria para hacer el mejor diseño y elegir el equipamiento adecuado.

3.1.5 ELEMENTOS DEL PRESUPUESTO DEL ENLACE.

Los elementos pueden ser definidos en tres partes principales:

- El lado de Transmisión con potencia efectiva de transmisión.
- Pérdidas en la propagación.
- El lado de Recepción con efectiva sensibilidad receptiva.

Un presupuesto de radio enlace completo es simplemente la suma de todos los aportes (en decibeles) en el camino de las tres partes principales, tal como se observa en la figura 3.2.



Figura 3.2. Trayectoria completa de transmisión entre transmisor y receptor.

Potencia del transmisor [dBm] $-$ Pérdida en el cable TX [dB] $+$ ganancia de antena TX [dBi] $-$ Pérdidas en la trayectoria en el espacio abierto [dB] $+$ ganancia de antena RX [dBi] $-$ Pérdidas en el cable del RX [dB] $=$ Margen $-$ Sensibilidad del receptor [dBm]

La figura 3.3 muestra cada elemento del presupuesto del radio enlace.

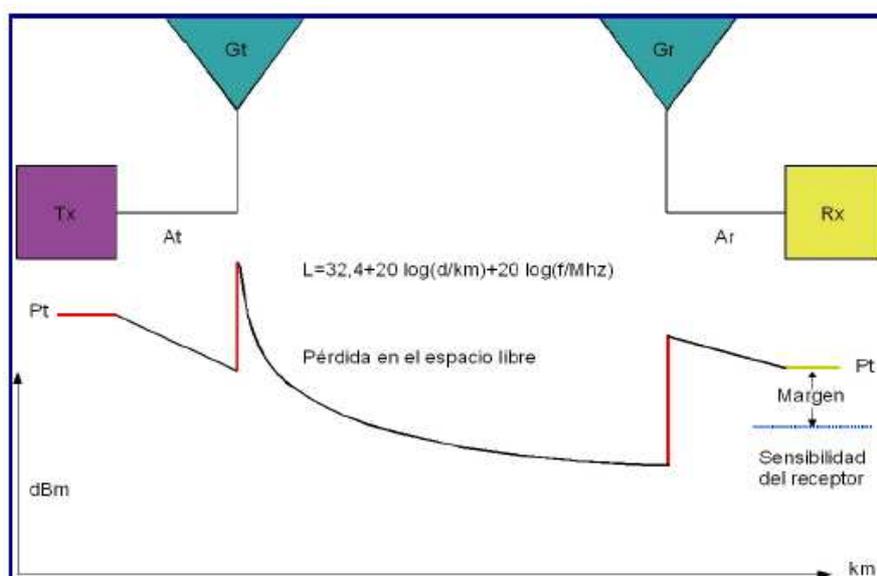


Figura 3.3: Potencia en dBm en función de la distancia para un radioenlace.

3.1.5.1 Lado de transmisión.

3.1.5.1.1 Potencia de Transmisión (Tx).

La potencia de transmisión es la potencia de salida del radio. El límite superior depende de las regulaciones vigentes en cada país, dependiendo de la frecuencia de operación y puede cambiar al variar el marco regulatorio. En general, los radios con mayor potencia de salida son más costosos.

La potencia de transmisión del radio, normalmente se encuentra en las especificaciones técnicas del vendedor. Tenga en cuenta que las especificaciones técnicas le darán valores ideales, los valores reales pueden variar con factores como la temperatura y la tensión de alimentación.

La potencia de transmisión típica en los equipos IEEE 802.11 varía entre 15-26dBm (30-400mW). Y para nuestro caso los radios MDS LEDR trabajan con una potencia máxima de salida de +30dBm (1W).

3.1.5.1.2 Pérdida en el cable.

Las pérdidas en la señal de radio se pueden producir en los cables que conectan el transmisor y el receptor a las antenas. Las pérdidas dependen del tipo de cable y la frecuencia de operación y normalmente se miden en dB/m o dB/pies.

Independientemente de lo bueno que sea el cable, siempre tendrá pérdidas. Por eso, recuerde que el cable de la antena debe ser lo más corto posible. La pérdida típica en los cables está entre 0.1dB/m. Para nuestro caso el cable Heliac de 1/2" sufre una atenuación de 8,3dB cada 100 metros a una frecuencia de 1,2GHz y el de 7/8" se atenúa 4,3dB cada 100 metros a una frecuencia de 1,2GHz. En general, mientras más grueso y más rígido sea el cable menor atenuación presentará.

Para dar una idea de cuán grande puede ser la pérdida en un cable, considere que está usando un cable RG58 que tiene una pérdida de 1dB/m, para conectar un transmisor con una antena. Usando tres metros de cable RG58 es suficiente para perder el 50% de la potencia (3dB).

Las pérdidas en los cables dependen mucho de la frecuencia. Por eso al calcular la pérdida en el cable, asegúrese de usar los valores correctos para el rango de frecuencia usada. Controle la hoja de datos del distribuidor y si fuera posible, verifique las pérdidas tomando sus propias mediciones. En la tabla 3.1 se muestra los valores típicos de pérdidas en los cables (dB/100m) para la frecuencia de 2.4GHz.

| <i>Tipo de cable</i> | <i>Pérdida [db/100m]</i> |
|----------------------|--------------------------|
| RG 58 | 80-100 |
| RG 213 | 50 |
| LMR-200 | 50 |
| LMR-400 | 22 |
| Aircom plus | 22 |
| LMR-600 | 14 |
| Flexline de 1/2" | 12 |
| Flexline de 7/8" | 6,6 |
| C2FCP | 21 |
| Helix de 1/2 " | 12 |
| Helix de 7/8" | 7 |

Tabla 3.1: Valores típicos de pérdida en los cables para 2,4GHz.

3.1.5.1.3 Pérdidas en los conectores.

Estime por lo menos 0.25 dB de pérdida para cada conector en su cableado. Estos valores son para conectores bien hechos mientras que los conectores mal soldados pueden implicar pérdidas mayores. Vea la hoja de datos para las pérdidas en su rango de frecuencia y el tipo de conector que usará.

Si se usan cables largos (por ejemplo 100m), la suma de las pérdidas en los conectores está incluida en una parte de la ecuación de “Pérdidas en los cables”. Pero para estar seguro, siempre considere un promedio de pérdidas de 0,3 a 0,5 dB por conector como regla general.

Además, los protectores contra descargas eléctricas que se usan entre las antenas y el radio deben ser presupuestados hasta con 1 dB de pérdida, dependiendo del tipo. Se deben revisar los valores suministrados por el fabricante (los de buena calidad sólo introducen 0,2 dB).

3.1.5.1.4 Amplificadores.

Opcionalmente, se pueden usar amplificadores para compensar la pérdida en los cables o cuando no haya otra manera de cumplir con el presupuesto de potencia. En general, el uso de amplificadores debe ser la última opción. Una escogencia inteligente de las antenas y una alta sensibilidad del receptor son mejores que la fuerza bruta de amplificación.

Los amplificadores de alta calidad son costosos y uno económico empeora el espectro de frecuencia (ensanchamiento), lo que puede afectar los canales adyacentes. Todos los amplificadores añaden ruido extra a la señal, y los niveles de potencia resultantes pueden contravenir las normas legales de la región.

Técnicamente hablando, prácticamente no hay límites en la cantidad de potencia que se puede agregar a través de un amplificador, pero nuevamente se debe tener en cuenta que los amplificadores siempre elevan el ruido también.

3.1.5.1.5 Ganancia de antena.

La ganancia de una antena típica varía entre 2 dBi (antena integrada simple), 8 dBi (omnidireccional) y hasta 21-30 dBi (parabólica). Para el diseño se utilizarán antenas parabólicas marca Mark con ganancias de 21.1, 23.7 y 27.5dBi (Véase la sección 3.2.5.2).

Tomando en cuenta que hay muchos factores que disminuyen la ganancia real de una antena. Las pérdidas pueden ocurrir por muchas razones, principalmente relacionadas con una incorrecta instalación (pérdidas en la inclinación, en la polarización, objetos metálicos adyacentes). Esto significa que sólo puede esperarse una ganancia completa de antena, si está instalada en forma óptima.

3.1.5.2 Pérdidas de Propagación.

Las pérdidas de propagación están relacionadas con la atenuación que ocurre en la señal cuando ésta sale de la antena de transmisión hasta que llega a la antena receptora.

3.1.5.2.1 Pérdidas en el espacio libre.

La mayor parte de la potencia de la señal de radio se perderá en el aire. Aún en el vacío, una onda de radio pierde energía (de acuerdo a los principios de Huygens¹⁴) que se irradia en direcciones diferentes a la que puede capturar la antena receptora. Nótese que esto no tiene nada que ver con el aire, la niebla, la lluvia o cualquier otra cosa que puede adicionar pérdidas.

La Pérdida en el Espacio Libre (FSL), mide la potencia que se pierde en el mismo sin ninguna clase de obstáculo. La señal de radio se debilita en el aire debido a la expansión dentro de una superficie esférica.

La pérdida en el espacio libre es proporcional al cuadrado de la distancia y también proporcional al cuadrado de la frecuencia. Aplicando decibeles, resulta la siguiente ecuación:

¹⁴ **Principio de Huygens:** Es un método utilizado en la propagación de ondas. Afirma que todo punto de un frente de onda inicial puede considerarse como una fuente de ondas esféricas secundarias que se extienden en todas las direcciones con la misma velocidad, frecuencia y longitud de onda que el frente de onda del que preceden.

$$\text{FSL(dB)} = 20\log_{10}(d) + 20\log_{10}(f) + K$$

Donde:

d = distancia

f = frecuencia

k = constante que depende de las unidades usadas en d y f.

Si d se mide en metros, la f en Hz y el enlace usa antenas isotrópicas, la fórmula es:

$$\text{FSL(dB)} = 20\log_{10}(d) + 20\log_{10}(f) - 187.5$$

3.1.5.2.2 Zona de Fresnel.

Teniendo como punto de partida el principio de Huygens, podemos calcular la primera zona de Fresnel, el espacio alrededor del eje que contribuye a la transferencia de potencia desde la fuente hacia el receptor (figura 3.4).

Basados en esto, podemos investigar cual debería ser la máxima penetración de un obstáculo (por ejemplo un edificio, una colina o la propia curvatura de la tierra) en esta zona para contener las pérdidas.

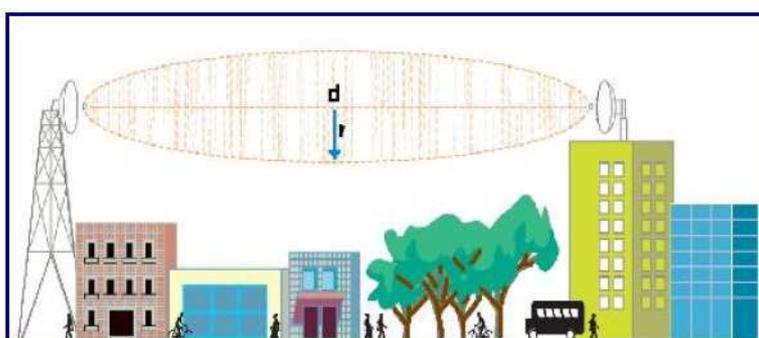


Figura 3.4: Zona de Fresnel.

Lo ideal es que la primera zona de Fresnel no esté obstruida, pero normalmente es suficiente despejar el 60% del radio de la primera zona de Fresnel para tener

un enlace satisfactorio. En aplicaciones críticas, habrá que hacer el cálculo también para condiciones anómalas de propagación, en las cuales las ondas de radio se curvan hacia arriba y por lo tanto se requiere altura adicional en las torres. Para grandes distancias hay que tomar en cuenta también la curvatura terrestre que introduce una altura adicional que deberán despejar las antenas.

La siguiente fórmula calcula la primera zona de Fresnel:

$$r = 17,32 * \sqrt{\frac{(d1 * d2)}{(d * f)}}$$

Donde:

d1 = distancia al obstáculo desde el transmisor (Km)

d2 = distancia al obstáculo desde el receptor (Km)

d = distancia entre el transmisor y receptor (Km)

f = frecuencia (GHz)

r = radio (m)

Si el cálculo está situado en el medio (d1 = d2), la fórmula se simplifica:

$$r = 17,32 * \sqrt{\frac{d}{4f}}$$

Tomando el 60% nos queda:

$$0,6r = 5,2 * \sqrt{\frac{d}{f}}$$

Por ejemplo en la tabla 3.2 se calcula el valor de la primera zona de fresnel.

| Distancia [km] | 915 MHz | 2,4 GHz | 5,8 GHz |
|----------------|---------|---------|---------|
| 1 | 9 | 6 | 4 |
| 10 | 29 | 18 | 11 |
| 100 | 90 | 56 | 36 |

Tabla 3.2: Radio (metros) para la primera zona de Fresnel.

3.1.5.3 Lado del Receptor.

Los cálculos son casi idénticos que los del radio transmisor.

3.1.5.3.1 Ganancia de antena desde el receptor.

Véase el literal 3.1.4.1.5 relacionado con “Ganancia de Antena” desde el lado del transmisor y también la sección 3.2.5.2 que describe las características de las antenas marca Mark que se utilizarán en el diseño.

3.1.5.3.2 Amplificadores desde el receptor

Los cálculos y los principios son los mismos que el transmisor. Nuevamente, la amplificación no es un método recomendable a menos que otras opciones hayan sido consideradas y aún así sea necesario, por ejemplo para compensar pérdidas en el cable.

3.1.5.3.3 Sensibilidad del receptor.

La sensibilidad de un receptor es un parámetro que merece especial atención ya que identifica el valor mínimo de potencia que necesita para poder decodificar/extraer “bits lógicos” y alcanzar una cierta tasa de bits.

Cuanto más baja sea la sensibilidad, mejor será la recepción del radio. Un valor típico es -82 dBm en un enlace de 11Mbps y -94 dBm para uno de 1 Mbps.

Nótese que la sensibilidad depende de la tasa de transmisión, tal como indican las tablas 3.3 y 3.4 para tres equipos diferentes.

| Tarjeta | 11 Mbps | 5,5 Mbps | 2 Mbps | 1 Mbps |
|----------------------------------|----------------|-----------------|---------------|---------------|
| Orinoco cards PCMCIA Silver/Gold | -82dBm | -87dBm | -91dBm | -94dBm |
| Senao 802.11b card | -89dBm | -91dBm | -93dBm | -95dBm |

Tabla 3.3: Sensibilidad típica del receptor de tarjetas de red inalámbricas.

| Radio | 1E1 | 2E1 | 4E1 |
|----------------|------------|------------|------------|
| MDS, LEDR 1400 | -89dBm | -86dBm | -83dBm |

Tabla 3.4: Sensibilidad para Radios MDS, modelo LEDR 1400.

3.1.5.3.4 Margen y Relación S/N.

No es suficiente que la señal que llega al receptor sea mayor que la sensibilidad del mismo, sino que además se requiere que haya cierto margen para garantizar el funcionamiento adecuado.

La relación entre el ruido y la señal se mide por la tasa de señal a ruido (S/N). Un requerimiento típico de la SNR es 16dB para una conexión de 11Mbps y 4dB para la velocidad más baja de 1Mbps.

En situaciones en donde hay poco ruido el enlace está limitado primeramente por la sensibilidad del receptor. En áreas urbanas donde hay muchos radioenlaces operando, es común encontrar altos niveles de ruido (tan altos como -92dBm). En esos escenarios, se requiere un margen mayor.

$$\text{Relación señal a ruido [dB]} = 10 \cdot \text{Log}_{10} (\text{Potencia de la señal [W]} / \text{Potencia del ruido [W]})$$

En condiciones normales sin ninguna otra fuente en la banda de 2,4GHz y sin ruido de industrias, el nivel de ruido es alrededor de los -100dBm.

3.1.5.3.5 PIRE (Potencia Irradiada Isotrópica Efectiva.)

La potencia irradiada isotrópica efectiva está regulada por la autoridad nacional. La misma especifica la potencia máxima legalmente permitida para ser enviada al espacio abierto en un área/país específico. El límite legal en Europa es normalmente 100mW, en algunos escenarios muy particulares (enlaces punto a punto) y en otros países el máximo es de 4W.

El PIRE es una medida de la potencia que se está enfocando en una determinada región de espacio. Determinada por las características de la antena transmisora.

El PIRE es el resultado de restar pérdidas de potencia en el cable y conectores y sumar la ganancia relativa de antena a la potencia del transmisor.

$$\text{PIRE (dBm)} = \text{Potencia del transmisor (dBm)} - \text{Pérdidas en el cable y conectores (dB)} + \text{ganancia de antena (dBi)}$$

El cálculo de presupuesto de enlace es para estar seguro de que el margen en el receptor es mayor que un cierto umbral. Además, el PIRE debe estar dentro de las regulaciones. El margen de un presupuesto de enlace puede ser resumido de la siguiente manera:

$$\text{Margen} = \text{Potencia de Transmisión [dBm]} - \text{Pérdidas en el cable TX [dB]} + \text{Ganancia de Antena TX [dBi]} - \text{pérdida en la trayectoria del Espacio Abierto [dB]} + \text{Ganancia de Antena RX [dBi]} - \text{Pérdida de Cable RX [dB]} - \text{Sensibilidad del receptor [dBm]}$$

En las siguientes tablas 3.5 y 3.6 se muestran dos ejemplos reales de cálculo de presupuesto de enlace, uno para un enlace de 50Km y otro para uno de 1Km.

| <i>Datos</i> | <i>Elementos</i> | <i>Valores</i> |
|---|---------------------------|----------------|
| Distancia: 50 km (31,1 millas) Frecuencia: 2,4 GHz | Salidas de transmisor | + 15 dBm |
| | Cables y conectores | - 3 dB |
| | Antena TX | + 24 dBi |
| | FSL | -134 dB |
| | Antena RX | + 24 dBi |
| | Cables y conectores | - 3 dB |
| | Sensibilidad del receptor | - 85 dBm |
| | Total: (margen) | + 8 dB |

Tabla 3.5: Enlace de 50Km.

El margen del enlace es de 8dB que puede ser adecuado para un ambiente rural pero la potencia irradiada de 36dBm (4W) no es legal en Europa aunque si en EEUU.

| <i>Datos</i> | <i>Elementos</i> | <i>Valores</i> |
|---|---------------------------|----------------|
| Distancia: 1 km (0,622 millas) Frecuencia: 2,4 GHz Cable de baja calidad Poca ganancia de antena | Salida del transmisor | + 18 dBm |
| | Cables y conectores | - 5 dB |
| | Antena TX | + 5 dBi |
| | FSL | -100 dB |
| | Antena RX | + 8 dBi |
| | Cables y conectores | - 5 dB |
| | Sensibilidad del receptor | - 92 dBm |
| | Total: (margen) | + 13 dB |

Tabla 3.6: Enlace de 1 Km.

El margen de este enlace es de 13dB, adecuado para ambientes urbanos y la potencia irradiada es de 18dBm (<100mW), quiere decir que el enlace es legal en cualquier país.

3.2 DISEÑO DE LOS RADIOENLACES

Actualmente para llegar desde Payamino hacia las demás estaciones se hace un salto en el Repetidor 24 de Mayo, lo cual no es recomendable por los inconvenientes antes mencionados. Por lo tanto se realizará los estudios radioeléctricos necesarios y determinar si existe otra opción, de tal forma que, se establezca el enlace desde Campamento Payamino hasta Oso CPF sin que sea necesario pasar por 24 de Mayo.

A continuación se presentan los estudios realizados mediante el programa PTP LINKPLANNER, en base a la situación actual obtenida en las visitas a los campamentos de los bloques 7 y 21.

3.2.1 ESQUEMA INICIAL

La región que cubre los bloques 7 y 21, consta de varias áreas montañosas que no permite tener línea de vista en gran parte de la zona. En tal sentido para enlazar dos Estaciones a veces se necesitará realizar varios saltos hasta llegar a un sitio específico.

En lo posible se utilizarán sitios que poseen infraestructura física adecuada. En la tabla 3.7 mostramos la altura de las torres que existe en las Estaciones y las distancias entre cada una de ellas.

| PUNTOS | | Distancia del Enlace (Km) | Altura actual torre (m) | |
|---------------------|-----------------|---------------------------|-------------------------|---------|
| Punto A | Punto B | | Punto A | Punto B |
| Campamento Payamino | Estación Coca | 7.2 Km | 60 | 33 |
| | Estación Gacela | 6.4 Km | 60 | 60 |
| | Jaguar | 38.5 Km | 60 | 60 |
| | Lobo 3 | 9.3 Km | 60 | 33 |
| | 24 de Mayo | 56.6 Km | 60 | 60 |
| OSO CPF | Oso A | 5,5 | 60 | 42 |
| | Oso 9 | 4,6 | 60 | 42 |
| JAGUAR | Mono CPF | 8,4 | 60 | 90 |
| 24 DE MAYO | Yuralpa | 28,9 | 72 | 69 |
| | Oso CPF | | 60 | 60 |

Tabla 3.7: Distancia entre las Estaciones.

Gráficamente se muestra en la figura 3.5 las estaciones que poseen infraestructura dentro de los bloques 7 y 21. Se indica además, las alturas de las torres de comunicaciones en cada sitio.

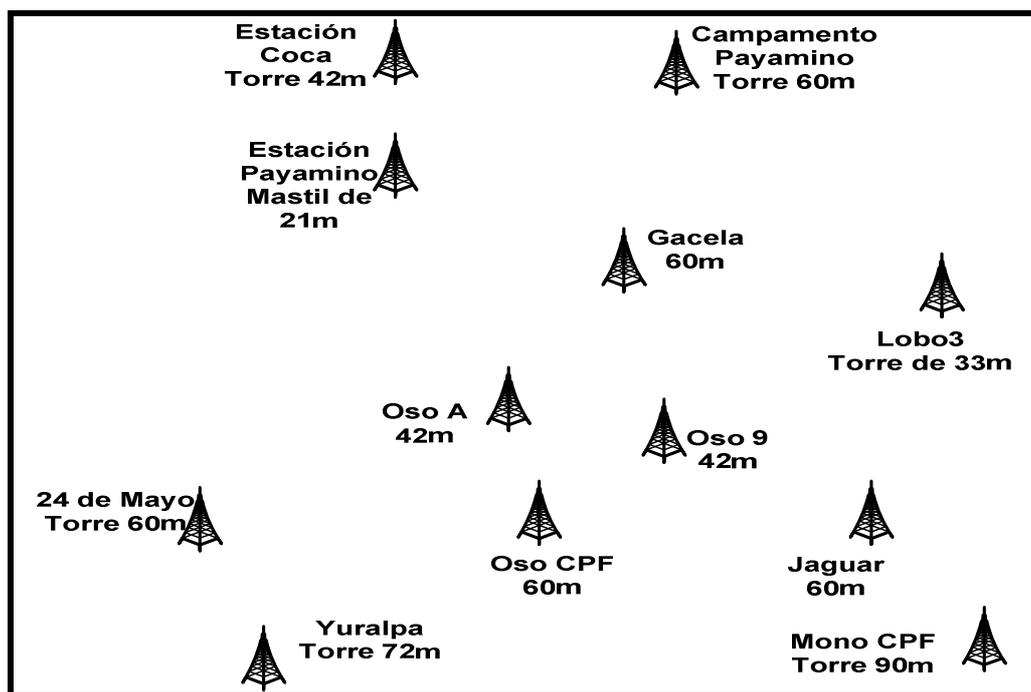


Figura 3.5: Estaciones que poseen Infraestructura en el Bloque 7-21.

3.2.2 SELECCIÓN DE LA NUEVA RUTA DE ENLACES.

Hay que tomar en cuenta que para realizar el diseño de los radioenlaces, el campamento Payamino es el punto principal, es decir, desde y hacia donde convergen todos los enlaces.

Comenzaremos analizando varias alternativas para enlazar el Campamento Payamino con el Oso CPF, de las cuales se escogerá la mejor opción. Con el fin de evitar el enlace actual que existe con el Repetidor 24 de Mayo, ya que este sitio no es de la empresa y solamente es arrendada y no presta las facilidades para realizar el correcto mantenimiento; además este sitio no cuenta con energía propia sino con energía suministrada por la red pública y en este sector existe constantes apagones lo que pone en riesgo las operaciones de la red, a pesar de que se tiene un banco de baterías en la caseta no es suficiente.

3.2.2.1 Opciones para enlazar Campamento Payamino con Oso CPF.

A continuación mostramos en las figuras 3.6 y 3.7 todas las posibilidades (trayectoria A, B, C, D, E, F, G, H, I, J) para enlazar el Campamento Payamino con la Estación Oso CPF. Incluyendo las alturas actuales de las torres que existen en cada uno de los sitios considerados y las distancias entre ellos.

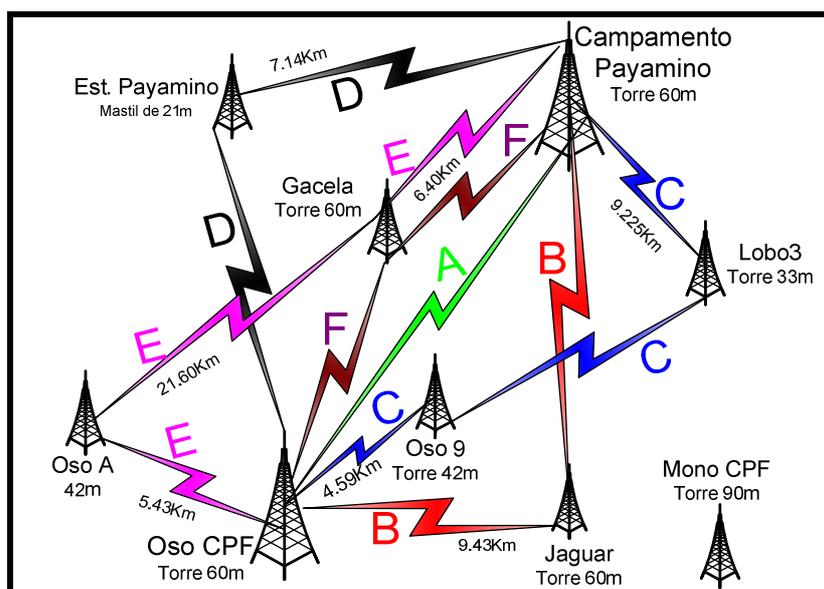


Figura 3.6: Trayectos de las opciones A, B, C, D, E, F.

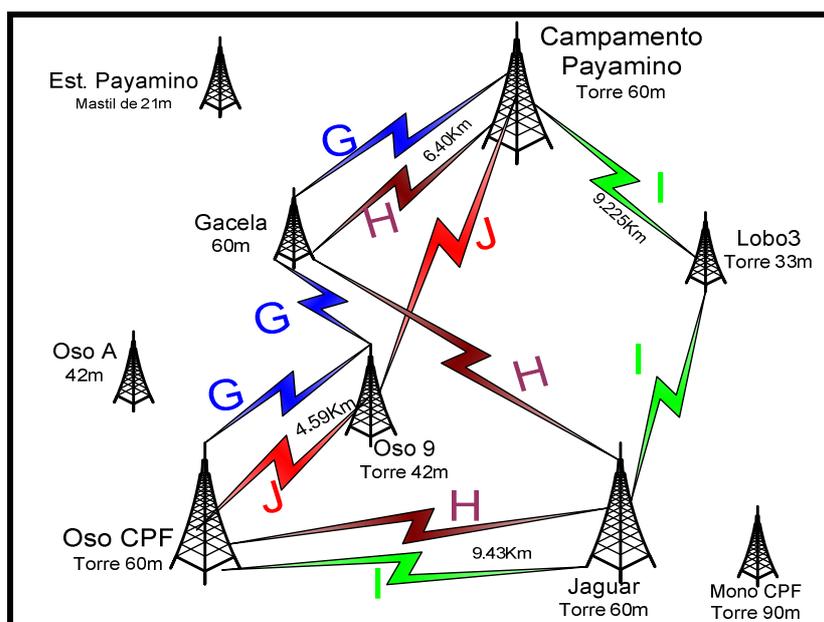


Figura 3.7: Trayectos de las opciones G, H, I, J.

Los siguientes perfiles topográficos fueron obtenidos mediante el Programa “LINK PLANNER”, asumiendo que las antenas se colocarán 5 metros más abajo de la cima de las torres y a la frecuencia de 1400MHz.

Se analizará cada una de las opciones para enlazar el Campamento Payamino con el Oso CPF y se escogerá la mejor opción que reúna las siguientes condiciones:

- Exista buena línea de vista.
- Se encuentre despejada la Primera Zona de Fresnel.
- La utilización del menor número de saltos posibles.
- Que no haya que hacer muchos cambios en las alturas de las torres existentes.

Trayecto A: Campamento Payamino - Oso CPF.

Primero analizamos un solo enlace directo entre los dos sitios considerados. Se descarta este trayecto porque no existe línea de vista con las torres de 60m existentes en ambos sitios, tal como indica la figura 3.8. Se puede conseguir línea de vista subiendo las alturas de las torres a 90 metros en cada sitio, pero estas torres no permiten hacer este aumento, por lo tanto queda descartada esta opción.

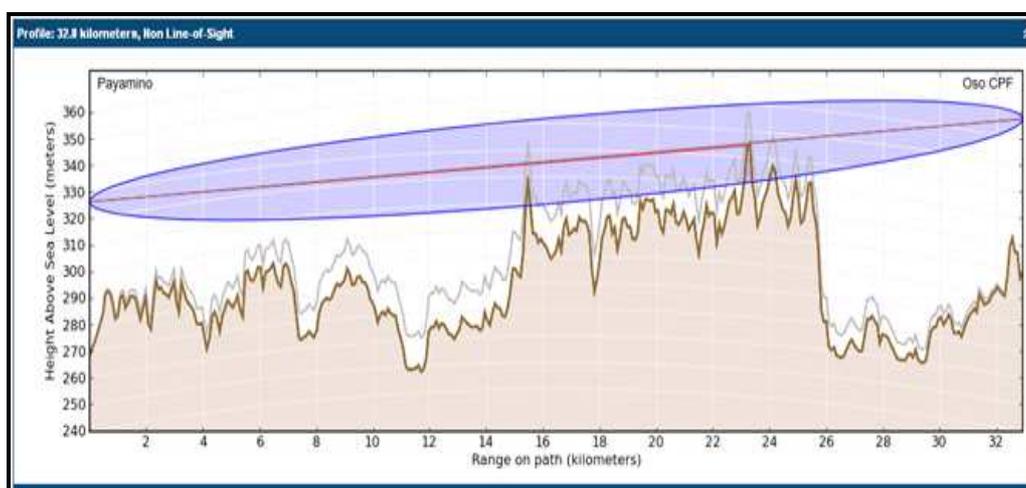


Figura 3.8: Perfil Payamino – Oso CPF.

Trayecto B: Campamento Payamino - Jaguar - Oso CPF.

Este trayecto posee dos enlaces. Con las alturas actuales de las torres en los tres sitios, en el enlace Payamino-Jaguar no existe línea de vista, tal como muestra la figura 3.9, sin embargo en el enlace Jaguar-Oso CPF si existe.

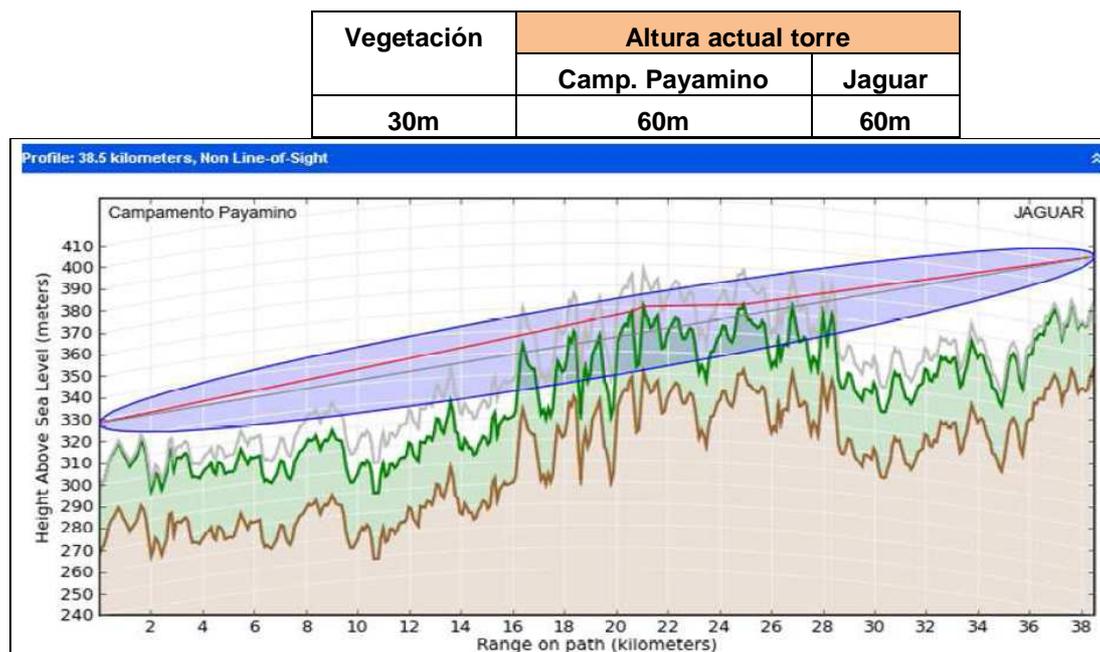


Figura 3.9: Perfil Payamino-Jaguar con alturas actuales.

Como se puede observar en la figura 3.9, la primera Zona de Fresnel no se encuentra despejada. Por lo tanto para obtener línea de vista debemos subir a 90 metros la torre del Campamento Payamino y de Jaguar de acuerdo al siguiente estudio radioeléctrico.

| Vegetación | Altura sugerida torre | |
|------------|-----------------------|--------|
| | Camp. Payamino | Jaguar |
| 30m | 90m | 90m |



Figura 3.10: Perfil Payamino-Jaguar aumentado alturas en las torres.

La figura 3.10 muestra que al realizar estos aumentos en las torres se consigue línea de vista, pero estas torres no permiten hacer estos aumentos, por lo que queda descartada esta opción.

Trayecto C: Campamento Payamino-Lobo3-Oso9-OsoCPF.

Para este trayecto utilizamos tres enlaces. Con las alturas actuales de las torres en los cuatro sitios, en los enlaces Campamento Payamino-Lobo3 y Oso9-OsoCPF si existe línea de vista. Sin embargo, en el enlace Lobo3-Oso9 no existe, tal como indica la figura 3.11. Entonces para que exista línea de vista debemos subir de altura a las torres a 90 metros, pero no es factible aumentar, quedando descartada la opción.

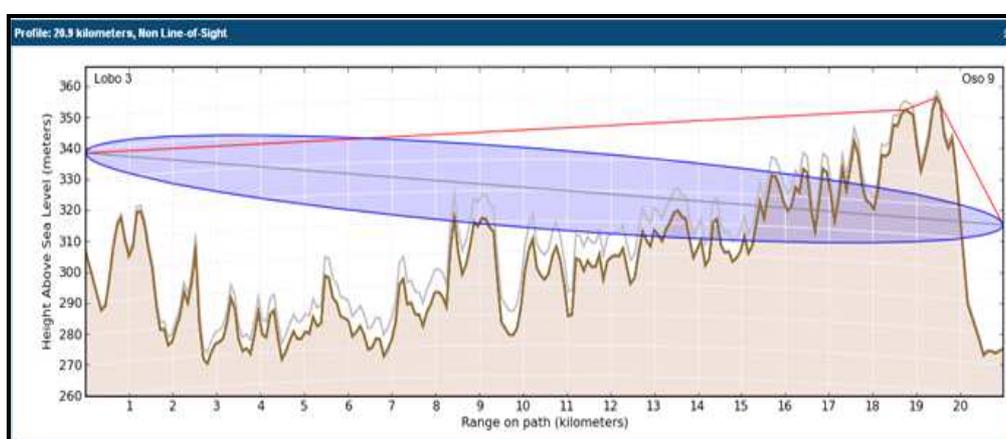


Figura 3.11 Perfil con alturas actuales.

Trayecto D: Campamento Payamino-Estación Payamino-Oso CPF.

Aquí utilizamos dos enlaces. Con las alturas de torres existentes en los tres sitios, en el enlace Campamento Payamino-Estación Payamino si existe línea de vista (figura 3.12) y en el enlace Estación Payamino-Oso CPF no existe. Pero, se puede conseguir línea de vista instalando una torre nueva de 60m en la Estación Payamino, lo cual no es posible por costos y por tiempo, entonces queda descartada ésta opción.

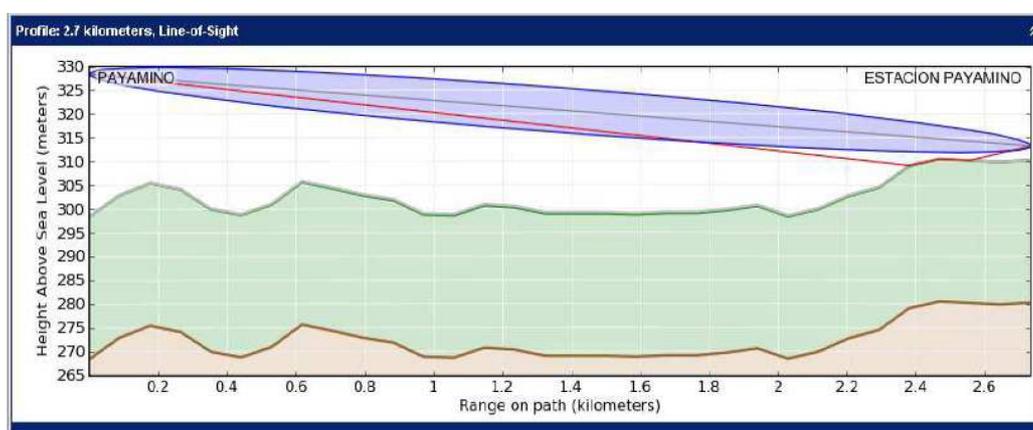


Figura 3.12: Perfil Campamento Payamino – Estación Payamino.

Trayecto E: Campamento Payamino-Gacela-Oso A-Oso CPF.

Aquí utilizamos tres enlaces en todo el trayecto. Con las alturas actuales de las torres en los cuatro sitios, en los tres enlaces se tiene línea de vista.

Por lo que este trayecto por el momento sería el escogido a menos que exista otra mejor opción.

Visualmente se puede ver en la figura 3.13.

| Vegetación | Altura actual torre | |
|------------|---------------------|-------|
| | Oso CPF | Oso A |
| 30m | 60m | 42m |

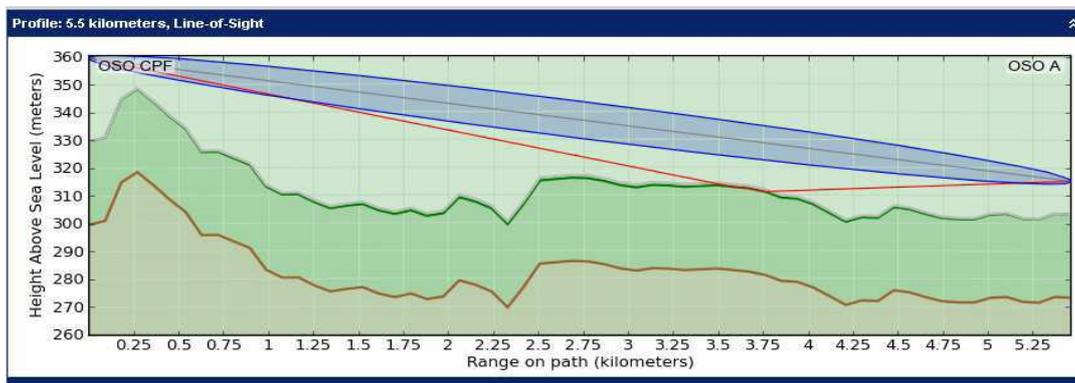


Figura 3.13: Perfil Enlace Oso A – Oso CPF.

Trayecto F: Campamento Payamino-Gacela-Oso CPF.

Consideramos dos enlaces en este trayecto. Con las alturas de torres existentes en los tres sitios, en el primer enlace si existe línea de vista y en el segundo enlace no existe (figura 3.13), pero se puede conseguir línea de vista subiendo a 100m la torre de Oso CPF (figura 3.14).

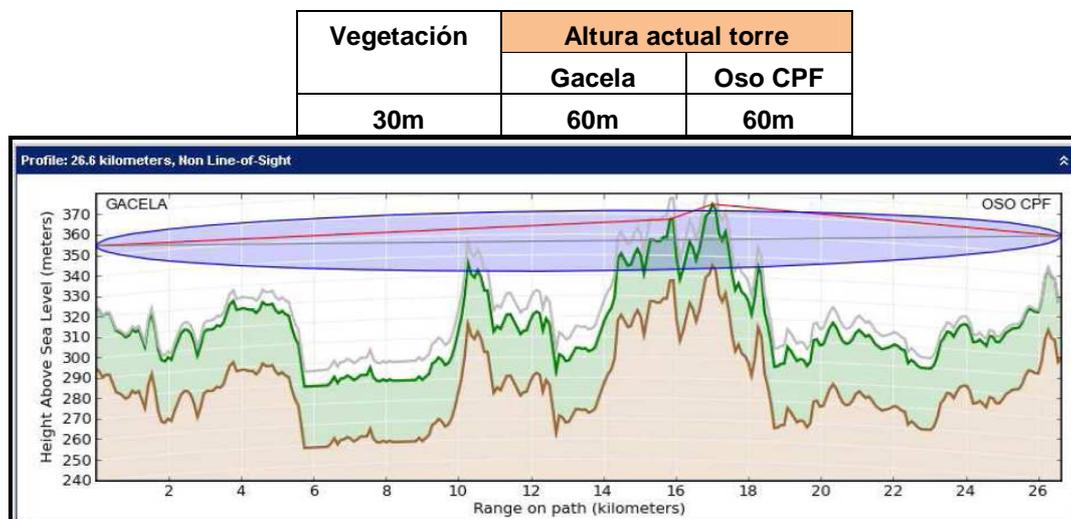


Figura 3.14: Perfil del enlace Gacela – Oso CPF.

Como se puede ver en la figura 3.14 la primera Zona de Fresnel, no se encuentra despejada. Por lo tanto se sugiere un aumento de torre en el punto Oso CPF de acuerdo al siguiente estudio radioeléctrico de la figura 3.15:



Figura 3.15: Perfil del enlace Gacela – Oso CPF.

Trayecto G: Campamento Payamino-Gacela-Oso 9-Oso CPF.

Consideramos tres enlaces en este trayecto. En el enlace Campamento Payamino-Gacela existe línea de vista, en el enlace Gacela-Oso9 no existe (figura 3.16) y en el enlace Oso9-OsoCPF si existe. Para tener línea de vista en el segundo enlace debemos subir a 90 metros las torres, pero no es factible este aumento, entonces queda descartada esta opción.

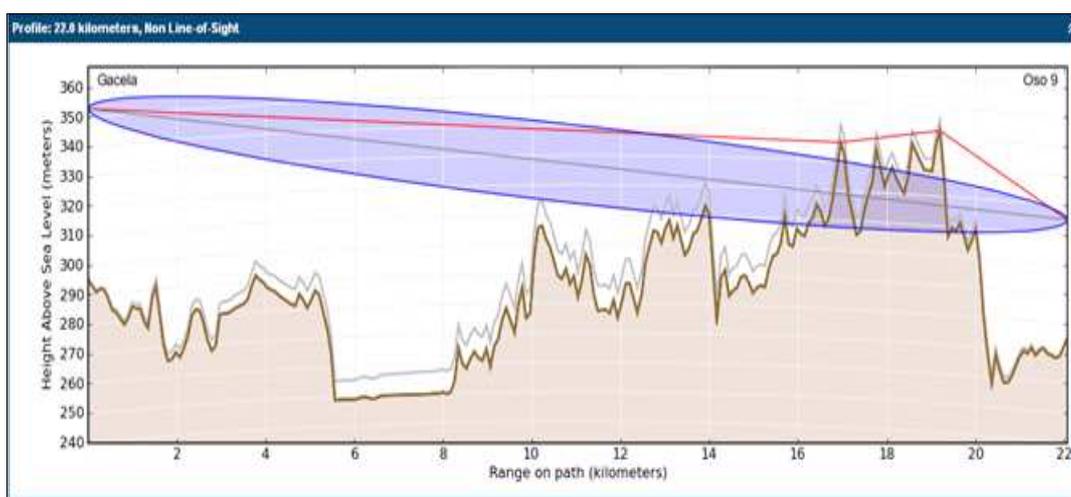


Figura 3.16: Perfil del enlace Gacela – Oso 9.

Trayecto H: Campamento Payamino-Gacela-Jaguar-Oso CPF.

En este trayecto de tres enlaces, no existe línea de vista en el enlace Gacela-Jaguar (figura 3.17). Se puede conseguir línea de vista subiendo a 99m la torre de Jaguar (figura 3.18). Pero, resulta costoso este cambio. Por lo que se descarta este trayecto.

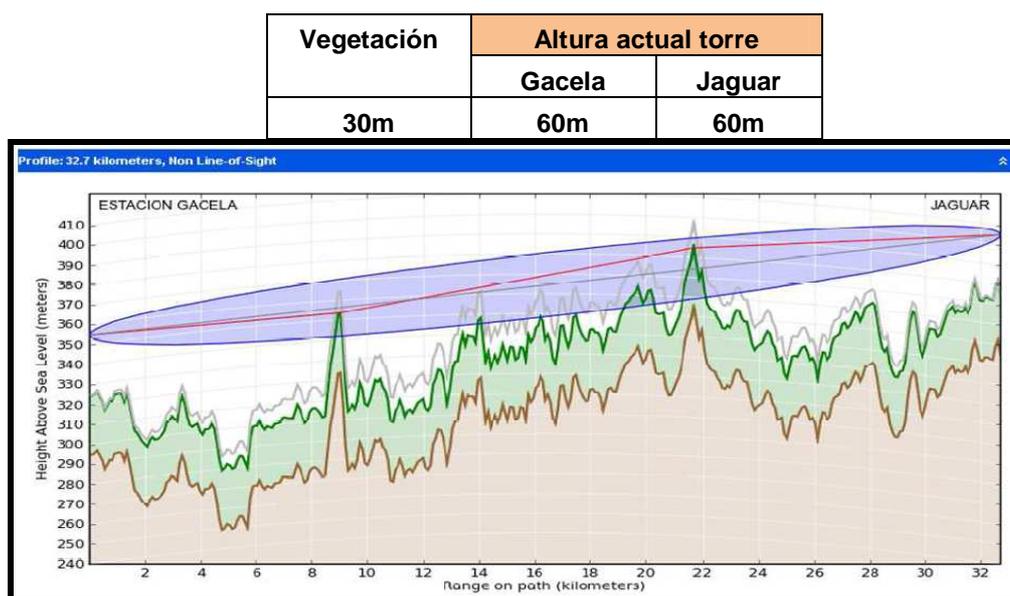


Figura 3.17: Perfil del enlace Gacela – Jaguar.

Como se puede observar en la figura 3.17 la primera Zona de Fresnel, no se encuentra despejada. Por lo tanto, se sugiere un aumento de torre en el punto Jaguar de acuerdo al siguiente estudio radioeléctrico de la figura 3.18:

| Vegetación | Altura sugerida torre | |
|------------|-----------------------|--------|
| | Gacela | Jaguar |
| 30m | 60m | 99m |

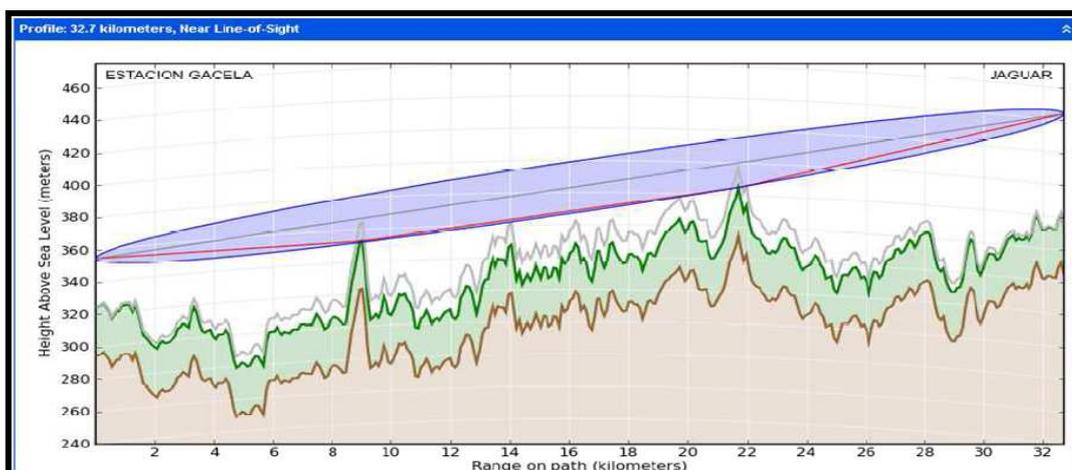


Figura 3.18: Perfil del enlace Gacela – Jaguar, con aumento de torre.

Trayecto I: Campamento Payamino-Lobo3-Jaguar-Oso CPF.

Con las alturas de torres actuales no existe línea de vista solamente entre Lobo 3 y Jaguar, tal como muestra la figura 3.19.

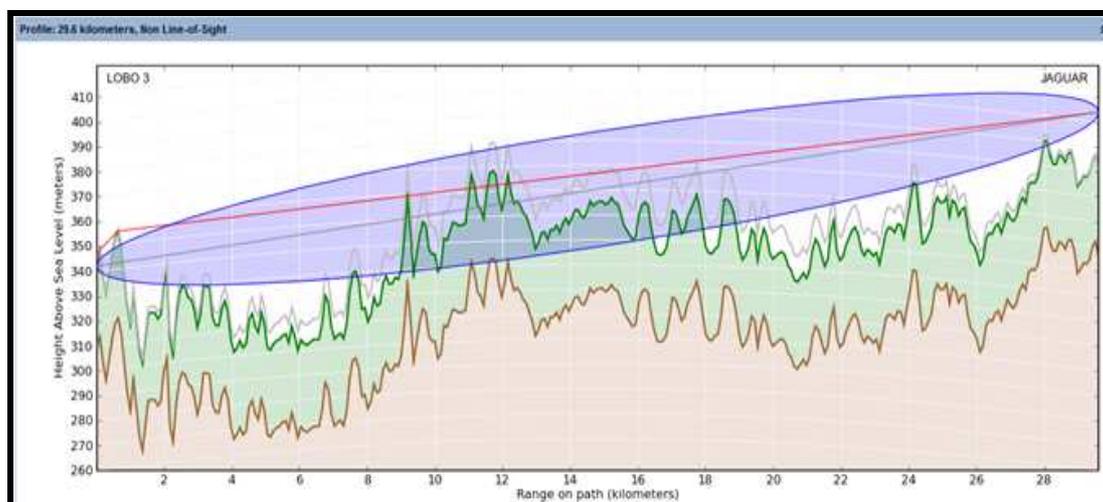


Figura 3.19: Perfil del enlace Lobo 3 – Jaguar.

Se puede conseguir línea de vista modificando las alturas de torres. En Lobo 3 en vez de la torre de 33m instalar una nueva de 90m y en Jaguar mantener la torre de 60m existente.

Pero lamentablemente no se puede subir de 33 a 90m porque esa torre no permite este incremento, de tal forma que queda descartada esta opción.

Trayecto J: Campamento Payamino-Oso9-Oso CPF.

Con las alturas de torres existentes, solamente en el enlace Campamento Payamino-Oso9 no existe línea de vista.

Se puede conseguir línea de vista subiendo la altura de las torres a 90 metros. Pero la torre de 42m en Oso 9 no permite realizar este aumento, por tanto se descarta ésta opción.

El aumento de torres se justifica debido a que en los enlaces de Backbone deberá existir una capacidad de 4E1 y en los puntos remotos 2E1. Para lograr este objetivo y además para asegurar la confiabilidad de los enlaces radioeléctricos, éstos deberán tener la Zona de Fresnel despejada en un 100%.

Cabe destacar que no se hizo el análisis con el sitio de Mono CPF, porque además de la distancia que es muy grande, tampoco se consigue línea de vista desde otro sitio cualquiera a excepción desde jaguar.

En todos los casos, solamente las torres de 33 metros se pueden subir de altura, mientras que las demás no es posible incrementarlas.

Del análisis anterior, comparando entre todas las opciones, la opción E es la elegida. Es la mejor ruta para llegar a Oso CPF desde Campamento Payamino, mediante tres saltos: Campamento Payamino – Gacela - Oso A – Oso CPF. Puesto que con esta ruta no realizamos ninguna modificación de la altura de las torres existentes, lo cual es ventajoso por el menor tiempo de instalación que se necesitaría.

Por lo tanto, el esquema de enlaces mediante la opción E queda de la siguiente manera (figura 3.20):

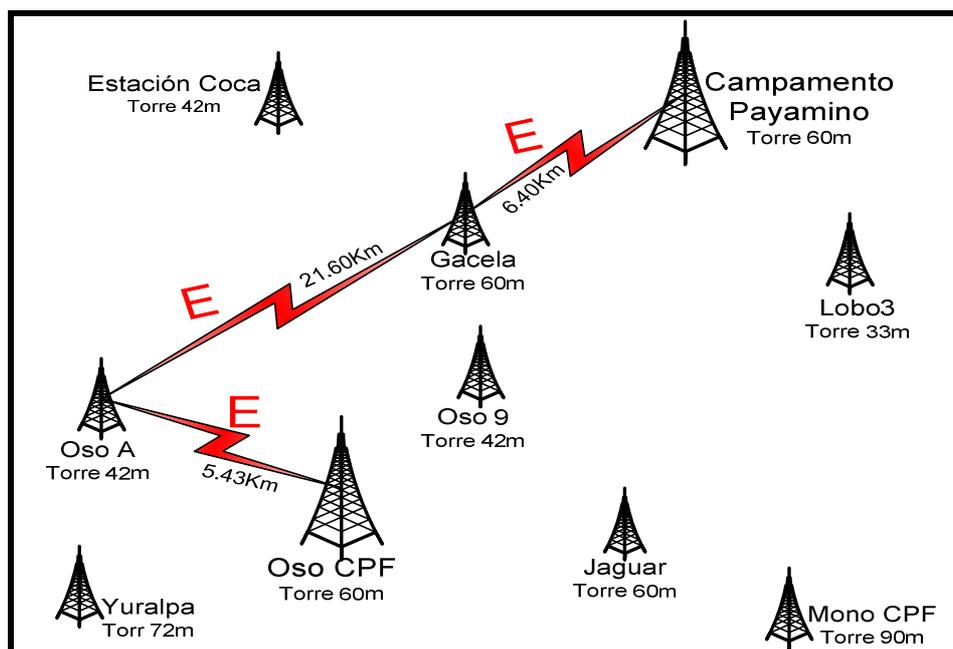


Figura 3.20: Opción "E" escogida (3 saltos).

Con esta opción, además de unir Oso CPF con Payamino, también se logró enlazar Oso A y Gacela.

Enseguida presentamos los estudios radioeléctricos para enlazar el Campamento Payamino con Estación Coca, Lobo 3, Yuralpa, Oso 9, Jaguar y Mono CPF.

3.2.3 ESTUDIOS RADIOELÉCTRICOS DEFINITIVOS.

Luego de haber seleccionado la ruta de los enlaces para unir los bloques 7 y 21, a continuación se completa los estudios radioeléctricos de los enlaces definitivos.

Cabe mencionar, que para calcular la factibilidad de los enlaces radioeléctricos, se ha considerado que la altura promedio de la vegetación en la zona es de 30m. Además se debe tomar en cuenta que para cada estudio radioeléctrico, la Zona de Fresnel deberá permanecer completamente despejada, de tal forma

que se cumpla con el ancho de banda requerido en los puntos remotos (2E1) y en el Backbone principal (4E1) y que además el enlace presente alta confiabilidad.

El Programa PTP LINKPLANNER para obtener y presentar los resultados de un enlace requiere el ingreso de los siguientes datos:

- Coordenadas de los dos sitios.
- Ganancia de antenas.
- Altura de obstrucciones durante el trayecto del enlace.
- Cuenta de correo electrónico.

Luego de ejecutar el programa, el perfil topográfico y los datos del enlace nos llegan al correo electrónico. Además nos permite observar gráficamente la ubicación de los sitios mediante el Google Earth. Y finalmente nos entrega los datos del enlace en un archivo PDF. Por lo tanto, vamos a mostrar a continuación los datos obtenidos de todos los enlaces.

3.2.3.1 Enlace Campamento Payamino – Estación Gacela.

Este enlace forma parte de la opción E escogida anteriormente. Posee línea de vista, en la figura 3.21 se observa que tiene despejada la primera zona de Fresnel.

| | | |
|------------|----------------|--------|
| Torre | Camp. Payamino | Gacela |
| Altura (m) | 60 | 60 |

Datos del Enlace

| Camp. Payamino – Gacela | |
|-------------------------|-----------------|
| Distancia del enlace | 6.4 Km |
| Banda de frecuencia | 1.4 GHz |
| Radio | MDS LEDR 1.4GHz |

Datos para Camp. Payamino

| Camp. Payamino | |
|---------------------------------|-------------------------------------|
| Coordenadas | 00° 26' 50.40" S 77° 01' 2.70" W |
| Elevación s.n.m. | 269 m |
| Tipo y Ganancia de la antena | 21.1 dBi |
| Altura mínima de la Antena | 50 m |
| Azimuth hacia Gacela | 216.5° |
| Ángulo de inclinación de antena | 0.2° |

Datos para Gacela

| Gacela | |
|---------------------------------|-------------------------------|
| Coordenadas | 00 29 37.50 S 77 03 6.40 W |
| Elevación s.n.m. | 295 m |
| Tipo y Ganancia de la antena | 21.1 dBi |
| Altura mínima de la Antena | 50 m |
| Azimuth hacia Camp. Payamino | 36.5° |
| Ángulo de inclinación de antena | -0.3° |

Perfil Topográfico del enlace

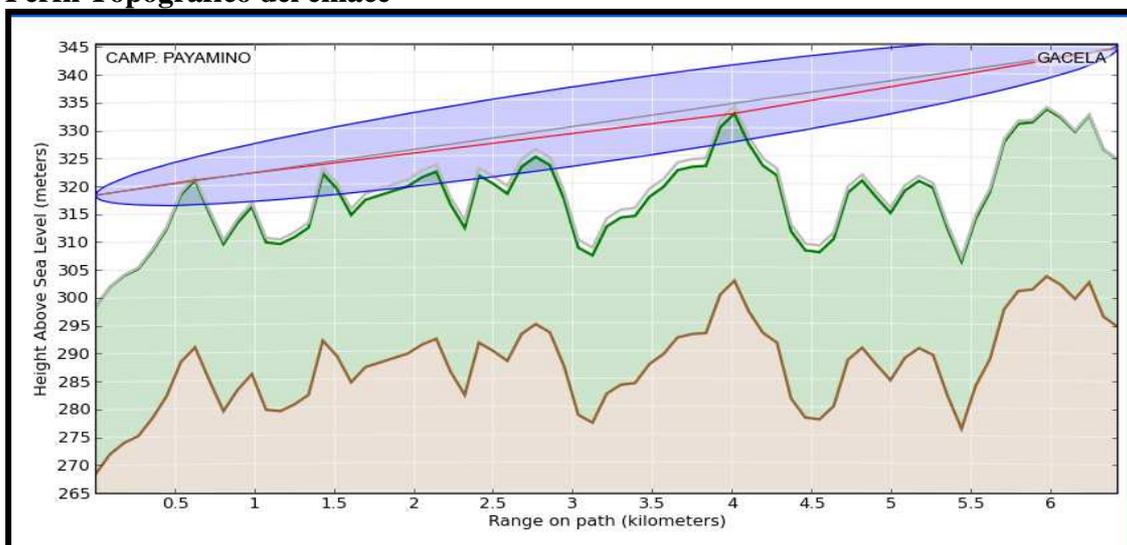


Figura 3.21: Perfil entre Payamino y Gacela.

3.2.3.2 Enlace Estación Gacela – Oso A.

Este enlace forma parte de la opción E escogida anteriormente. Posee línea de vista, en la figura 3.22 se observa que tiene despejada la primera zona de Fresnel.

| | | |
|-------------------|---------------|--------------|
| Torre | Gacela | Oso A |
| Altura (m) | 60 | 42 |

Datos del Enlace

| Gacela – Oso A | |
|-----------------------------|-----------------|
| Distancia del enlace | 21.34 Km |
| Banda de frecuencia | 1.4 GHz |
| Radio | MDS LEDR 1.4GHz |

Datos para Gacela

| Gacela | | |
|--|----------------------|---------------------|
| Coordenadas | 00 29 37.50 S | 77 03 6.40 W |
| Elevación s.n.m. | 295 m | |
| Tipo y Ganancia de la antena | 27.5 dBi | |
| Altura mínima de la Antena | 49 m | |
| Azimuth hacia Oso A | 207.1° | |
| Ángulo de inclinación de antena | -0.1° | |

Datos para Oso A

| Oso A | | |
|--|----------------------|----------------------|
| Coordenadas | 00 39 52.98 S | 77 08 20.73 W |
| Elevación s.n.m. | 273 m | |
| Tipo y Ganancia de la antena | 27.5 dBi | |
| Altura mínima de la Antena | 39 m | |
| Azimuth hacia Gacela | 27.1° | |
| Ángulo de inclinación de antena | -0.0° | |

Perfil Topográfico del enlace

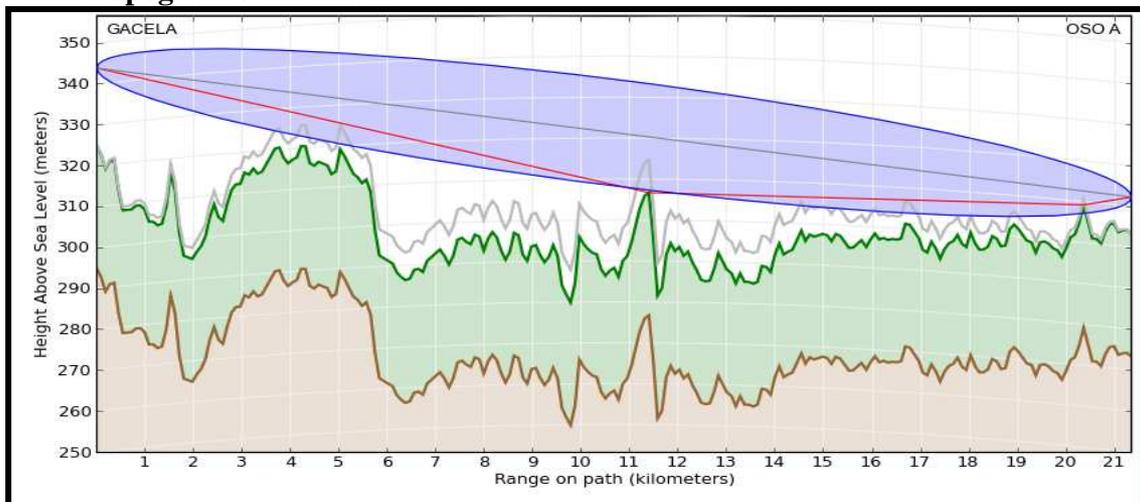


Figura 3.22: Perfil entre Gacela y Oso A.

3.2.3.3 Enlace Oso A – Oso CPF.

Este enlace forma parte de la opción E escogida. Posee línea de vista, en la figura 3.23 se observa que tiene despejada la primera zona de Fresnel.

| Torre | Oso CPF | Oso A |
|------------|---------|-------|
| Altura (m) | 60 | 42 |

Datos del Enlace

| Oso A – Oso CPF | |
|----------------------|-----------------|
| Distancia del enlace | 5.45 Km |
| Banda de frecuencia | 1.4 GHz |
| Radio | MDS LEDR 1.4GHz |

Datos para Oso A

| Oso A | |
|---------------------------------|--------------------------------|
| Coordenadas | 00 39 52.98 S 77 08 20.73 W |
| Elevación s.n.m. | 273 m |
| Tipo y Ganancia de la antena | 21.1 dBi |
| Altura mínima de la Antena | 33 m |
| Azimuth hacia Oso CPF | 190.2° |
| Ángulo de inclinación de antena | 0.4° |

Datos para Oso CPF

| Oso CPF | | |
|---------------------------------|---------------|---------------|
| Coordenadas | 00 42 46.92 S | 77 08 52.09 W |
| Elevación s.n.m. | 300 m | |
| Tipo y Ganancia de la antena | 21.1 dBi | |
| Altura mínima de la Antena | 50 m | |
| Azimuth hacia Oso A | 10.2° | |
| Ángulo de inclinación de antena | -0.2° | |

Perfil Topográfico del enlace

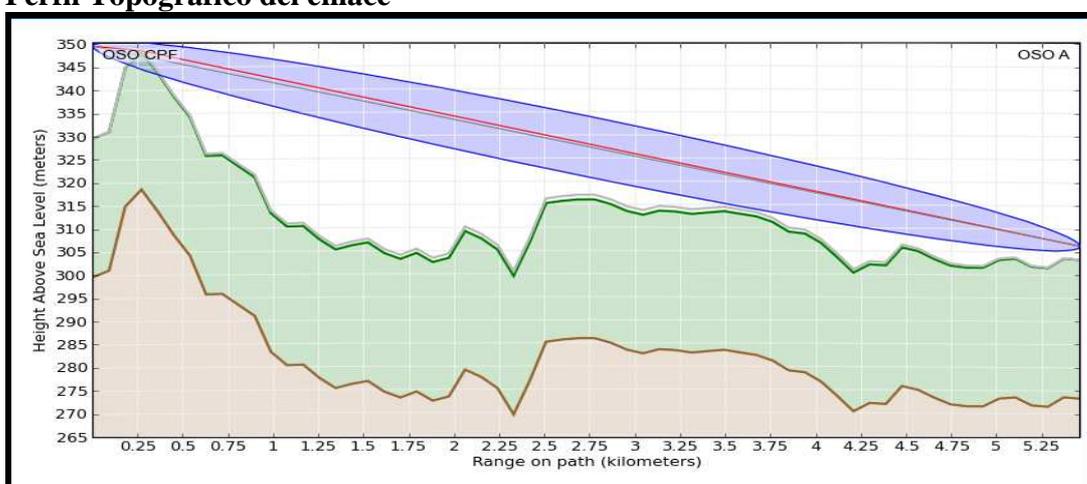


Figura 3.23: Perfil entre Oso A y Oso CPF.

3.2.3.4 Enlace Oso CPF – Jaguar.

A continuación se muestra en la figura 3.24 el perfil topográfico de este enlace, el cual posee línea de vista.

| | | |
|------------|---------|--------|
| Torre | Oso CPF | Jaguar |
| Altura (m) | 60 | 60 |

Datos del Enlace

| Oso CPF - Jaguar | |
|----------------------|-----------------|
| Distancia del enlace | 9.45 Km |
| Banda de frecuencia | 1.4 GHz |
| Radio | MDS LEDR 1.4GHz |

Datos para Oso CPF

| Oso CPF | | |
|---------------------------------|---------------|---------------|
| Coordenadas | 00 42 46.92 S | 77 08 52.09 W |
| Elevación s.n.m. | 300 m | |
| Tipo y Ganancia de la antena | 21.1 dBi | |
| Altura mínima de la Antena | 58 m | |
| Azimuth hacia Jaguar | 146° | |
| Ángulo de inclinación de antena | 0.3° | |

Datos para Jaguar

| Jaguar | | |
|---------------------------------|--------------|--------------|
| Coordenadas | 00 47 0.52 S | 77 06 0.85 W |
| Elevación s.n.m. | 345 m | |
| Tipo y Ganancia de la antena | 21.1 dBi | |
| Altura mínima de la Antena | 55 m | |
| Azimuth hacia Oso CPF | 326.0° | |
| Ángulo de inclinación de antena | -0.3° | |

Perfil Topográfico del enlace

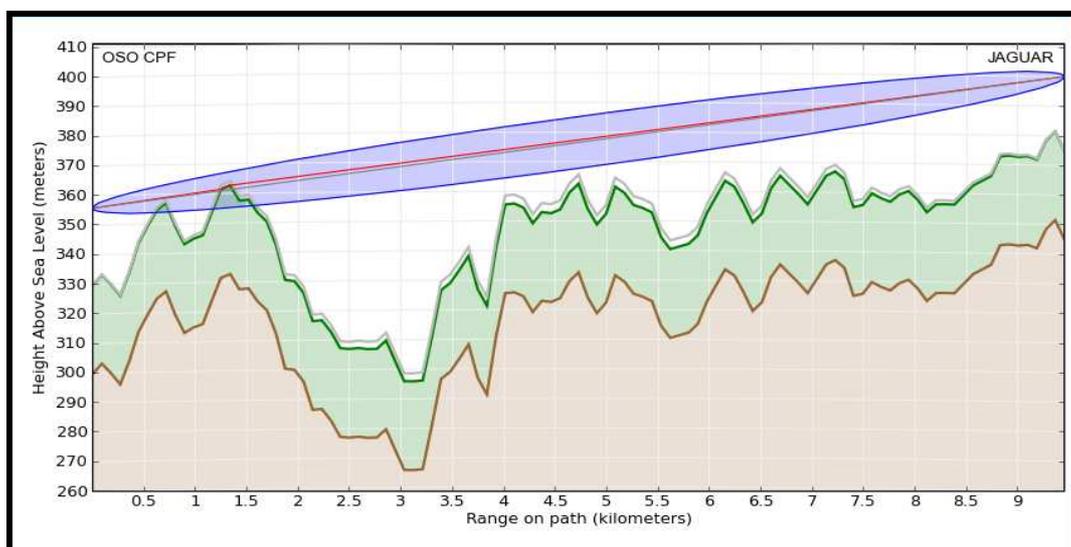


Figura 3.24: Perfil entre Oso CPF y Jaguar.

3.2.3.5 Enlace Jaguar – Mono CPF.

El sitio Mono CPF es la estación más distante del Bloque 7 con respecto a Payamino, alrededor del mismo se encuentran varios pozos petroleros que necesitan ser monitoreados localmente y enviada su información por medio de este enlace hacia Payamino. Se presentan los resultados del enlace y en la figura 3.25 se indica que si existe línea de vista.

| | | |
|-------------------|---------------|-----------------|
| Torre | Jaguar | Mono CPF |
| Altura (m) | 60 | 90 |

Datos del Enlace

| Jaguar – Mono CPF | |
|-----------------------------|-----------------|
| Distancia del enlace | 8.39 Km |
| Banda de frecuencia | 1.4 GHz |
| Radio | MDS LEDR 1.4GHz |

Datos para Jaguar

| Jaguar | | |
|--|---------------------|---------------------|
| Coordenadas | 00 47 0.52 S | 77 06 0.85 W |
| Elevación s.n.m. | 345 m | |
| Tipo y Ganancia de la antena | 21.1 dBi | |
| Altura mínima de la Antena | 58 m | |
| Azimuth hacia Mono CPF | 135.1° | |
| Ángulo de inclinación de antena | -0.1° | |

Datos para Mono CPF

| Mono CPF | | |
|--|----------------------|----------------------|
| Coordenadas | 00 50 13.20 S | 77 02 49.00 W |
| Elevación s.n.m. | 308 m | |
| Tipo y Ganancia de la antena | 21.1 dBi | |
| Altura mínima de la Antena | 85 m | |
| Azimuth hacia Jaguar | 315.1° | |
| Ángulo de inclinación de antena | 0.0° | |

Perfil Topográfico del enlace

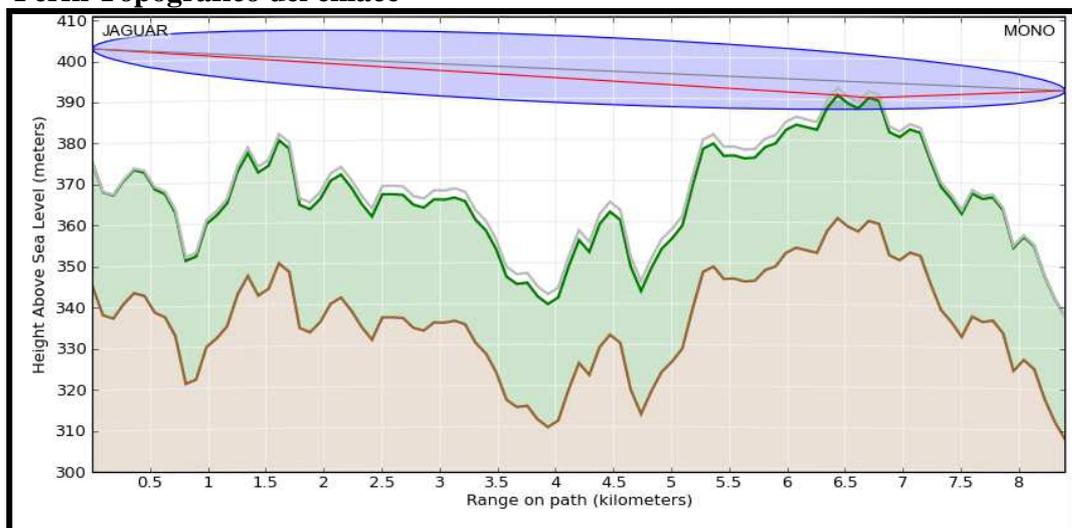


Figura 3.25: Perfil enlace Jaguar – Mono CPF.

3.2.3.6 Enlace Oso CPF – Oso 9.

La distancia de este enlace es relativamente corta (4,6Km) y posee línea de vista entre las dos estaciones, tal como indica la figura 3.26.

| Torre | Oso CPF | Oso 9 |
|------------|---------|-------|
| Altura (m) | 60 | 42 |

Datos del Enlace

| Oso CPF – Oso 9 | |
|----------------------|-----------------|
| Distancia del enlace | 4.6 Km |
| Banda de frecuencia | 1.4 GHz |
| Radio | MDS LEDR 1.4GHz |

Datos para Oso CPF

| Oso CPF | | |
|---------------------------------|---------------|---------------|
| Coordenadas | 00 42 46.92 S | 77 08 52.09 W |
| Elevación s.n.m. | 300 m | |
| Tipo y Ganancia de la antena | 21.1 dBi | |
| Altura mínima de la Antena | 44 m | |
| Azimuth hacia Oso 9 | 30.7° | |
| Ángulo de inclinación de antena | -0.5° | |

Datos para Oso 9

| Oso 9 | | |
|---------------------------------|---------------|---------------|
| Coordenadas | 00 40 38.78 S | 77 07 36.08 W |
| Elevación s.n.m. | 275 m | |
| Tipo y Ganancia de la antena | 21.1 dBi | |
| Altura mínima de la Antena | 30 m | |
| Azimuth hacia Oso CPF | 210.7° | |
| Ángulo de inclinación de antena | 0.5° | |

Perfil Topográfico del enlace

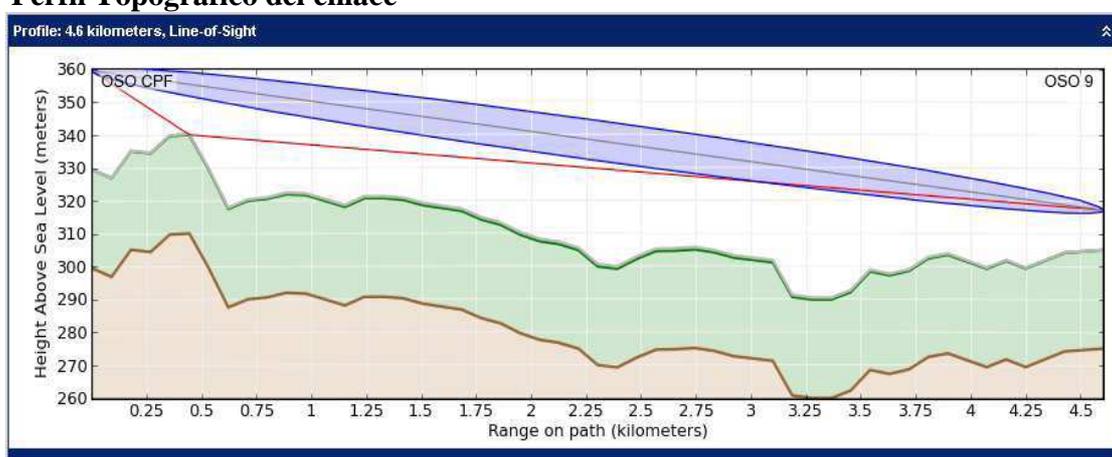


Figura 3.26: Perfil del Enlace Oso CPF – Oso 9.

3.2.3.7 Enlace Campamento Payamino – Estación Coca.

Al realizar el perfil de este enlace se observa en la figura 3.27 que si existe excelente línea de vista.

| Torre | Camp. Payamino | Estación Coca |
|------------|----------------|---------------|
| Altura (m) | 60 | 33 |

Datos del Enlace

| Camp. Payamino – Estación Coca | |
|--------------------------------|-----------------|
| Distancia del enlace | 7.15 Km |
| Banda de frecuencia | 1.4 GHz |
| Radio | MDS LEDR 1.4GHz |

Datos para Camp. Payamino

| Camp. Payamino | |
|---------------------------------|----------------------------------|
| Coordenadas | 00° 26' 50.40" S 77° 01' 2.70" W |
| Elevación s.n.m. | 269 m |
| Tipo y Ganancia de la antena | 21.1 dBi |
| Altura mínima de la Antena | 55 m |
| Azimuth hacia Estación Coca | 304.3° |
| Ángulo de inclinación de antena | -0.2° |

Datos para Estación Coca

| Estación Coca | |
|---------------------------------|-----------------------------|
| Coordenadas | 00 24 40.00 S 77 04 14.00 W |
| Elevación s.n.m. | 269 m |
| Tipo y Ganancia de la antena | 21.1 dBi |
| Altura mínima de la Antena | 40 m |
| Azimuth hacia Camp. Payamino | 124.3° |
| Ángulo de inclinación de antena | 0.2° |

Perfil Topográfico del enlace

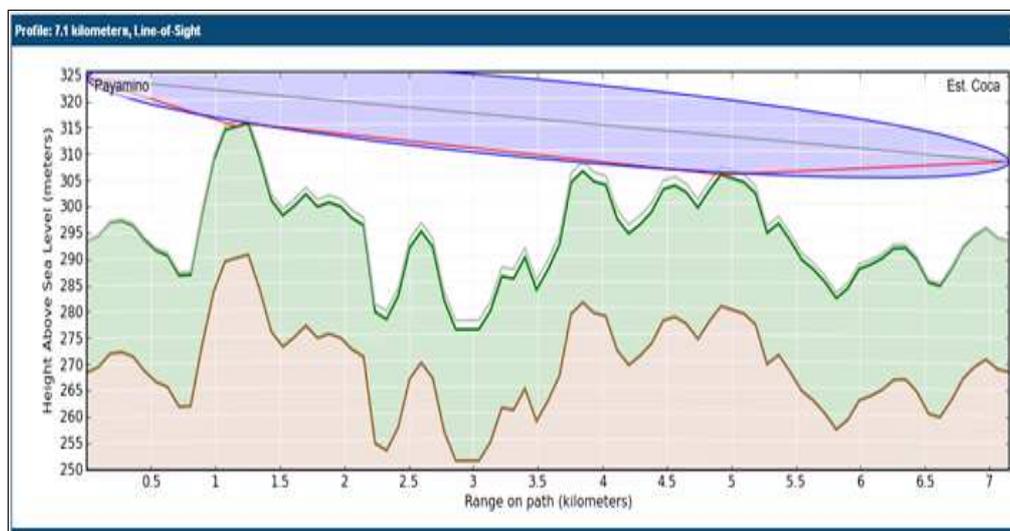


Figura 3.27: Perfil Campamento Payamino – Estación Coca.

3.2.3.8 Enlace Campamento Payamino – Lobo 3.

Con el fin de eliminar el enlace satelital actual en Lobo 3, se crea un nuevo enlace de microondas entre estos dos puntos.

Al realizar el perfil topográfico, vemos que existe excelente línea de vista, tal como se observa en la figura 3.28.

| | | |
|------------|----------------|--------|
| Torre | Camp. Payamino | Lobo 3 |
| Altura (m) | 60 | 33 |

Datos del Enlace

| Camp. Payamino – Lobo 3 | |
|-------------------------|-----------------|
| Distancia del enlace | 9.27 Km |
| Banda de frecuencia | 1.4 GHz |
| Radio | MDS LEDR 1.4GHz |

Datos para Camp. Payamino

| Camp. Payamino | | |
|---------------------------------|------------------|-----------------|
| Coordenadas | 00° 26' 50.40" S | 77° 01' 2.70" W |
| Elevación s.n.m. | 269 m | |
| Tipo y Ganancia de la antena | 21.1 dBi | |
| Altura mínima de la Antena | 52 m | |
| Azimuth hacia Lobo 3 | 179.3° | |
| Ángulo de inclinación de antena | 0.1° | |

Datos para Lobo 3

| Lobo 3 | | |
|---------------------------------|---------------|---------------|
| Coordenadas | 00 31 50.75 S | 77 00 59.15 W |
| Elevación s.n.m. | 310 m | |
| Tipo y Ganancia de la antena | 21.1 dBi | |
| Altura mínima de la Antena | 33 m | |
| Azimuth hacia Camp. Payamino | 359.3° | |
| Ángulo de inclinación de antena | -0.2° | |

Perfil Topográfico del enlace

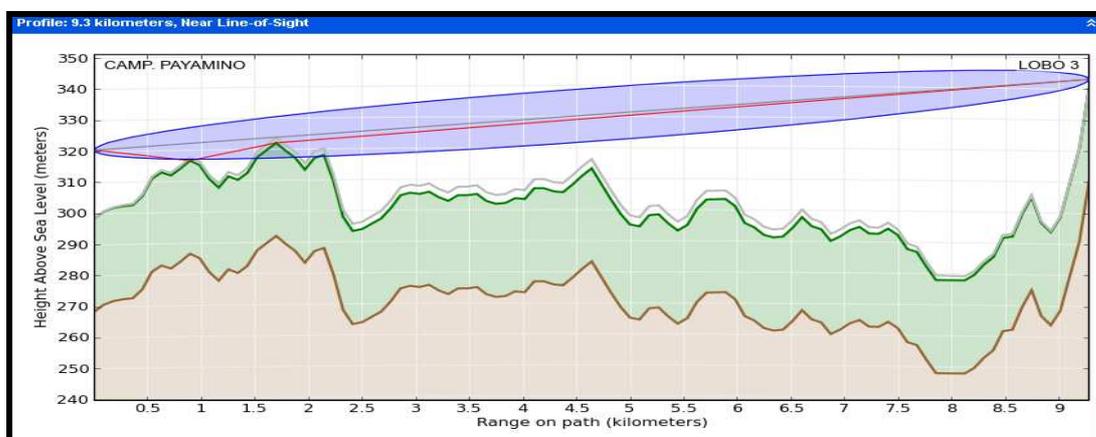


Figura 3.28: Perfil del Enlace Campamento Payamino – Lobo 3.

3.2.3.9 Enlace Campamento Payamino – 24 de Mayo.

No se puede realizar directamente el enlace Campamento Payamino – Yuralpa porque no existe línea de vista, entonces se necesitará realizar uno o varios saltos de repetición.

Por tal motivo, se realizaron los estudios radioeléctricos necesarios para encontrar alguna opción, de tal forma que este enlace sea factible por una ruta alterna, evitando así el salto por el repetidor 24 de Mayo.

De los análisis se determinó que inevitablemente se seguirá utilizando al repetidor 24 de Mayo para llegar a Yuralpa desde Campamento Payamino, porque no existe otra ruta.

La distancia del enlace Campamento Payamino – 24 de Mayo es de 56,57Km y es por tanto el enlace más grande del diseño. Si existe línea de vista y se observa en la figura 3.29.

| Torre | Camp. Payamino | 24 de Mayo |
|------------|----------------|------------|
| Altura (m) | 60 | 60 |

Datos del Enlace

| Camp. Payamino – 24 de Mayo | |
|------------------------------------|-----------------|
| Distancia del enlace | 56.6 Km |
| Banda de frecuencia | 1.4 GHz |
| Radio | MDS LEDR 1.4GHz |

Datos para Camp. Payamino

| Camp. Payamino | |
|--|----------------------------------|
| Coordenadas | 00° 26' 50.40" S 77° 01' 2.70" W |
| Elevación s.n.m. | 269 m |
| Tipo y Ganancia de la antena | 27.5 dBi |
| Altura mínima de la Antena | 60 m |
| Azimuth hacia 24 de Mayo | 234.2° |
| Ángulo de inclinación de antena | 0.1° |

Datos para 24 de Mayo

| 24 de Mayo | |
|--|-----------------------------|
| Coordenadas | 00 44 43.00 S 77 25 50.00 W |
| Elevación s.n.m. | 590 m |
| Tipo y Ganancia de la antena | 27.5 dBi |
| Altura mínima de la Antena | 60 m |
| Azimuth hacia Camp. Payamino | 54.2° |
| Ángulo de inclinación de antena | -0.5° |

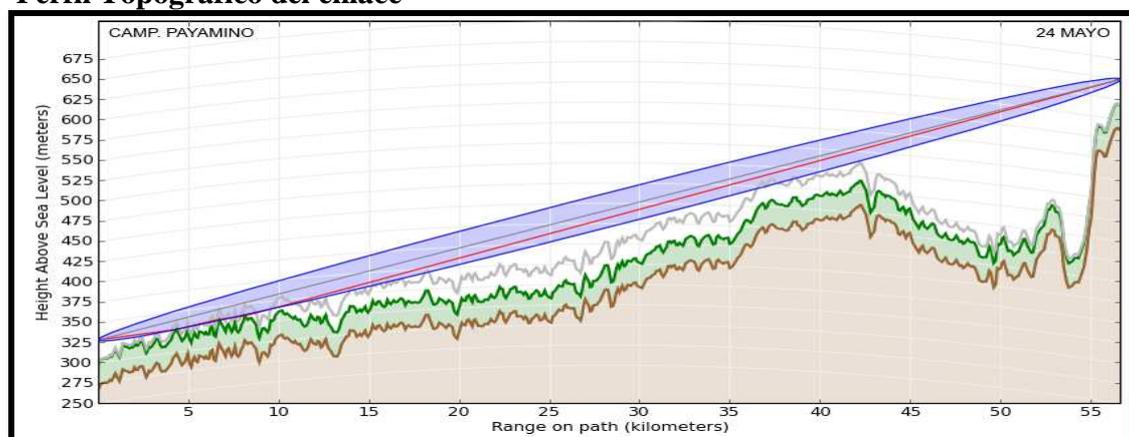
Perfil Topográfico del enlace

Figura 3.29: Perfil del Enlace Campamento Payamino – 24 de Mayo.

3.2.3.10 Enlace 24 de Mayo – Yuralpa

El sitio de Yuralpa es la Estación más distante del Bloque 21 con respecto al Campamento Payamino. A continuación se muestra en la figura 3.30 que si hay línea de vista.

| | | |
|------------|------------|---------|
| Torre | 24 de Mayo | Yuralpa |
| Altura (m) | 60 | 60 |

Datos del Enlace

| 24 de Mayo – Yuralpa | |
|----------------------|-----------------|
| Distancia del enlace | 28.9 Km |
| Banda de frecuencia | 1.4 GHz |
| Radio | MDS LEDR 1.4GHz |

Datos para 24 de Mayo

| 24 de Mayo | | |
|---------------------------------|---------------|---------------|
| Coordenadas | 00 44 43.00 S | 77 25 50.00 W |
| Elevación s.n.m. | 590 m | |
| Tipo y Ganancia de la antena | 27.5 dBi | |
| Altura mínima de la Antena | 55 m | |
| Azimuth hacia Yuralpa | 174° | |
| Ángulo de inclinación de antena | -0.4° | |

Datos para Yuralpa

| Yuralpa | | |
|---------------------------------|---------------|---------------|
| Coordenadas | 01 00 15.00 S | 77 24 12.00 W |
| Elevación s.n.m. | 399 m | |
| Tipo y Ganancia de la antena | 27.5 dBi | |
| Altura mínima de la Antena | 65 m | |
| Azimuth hacia 24 de Mayo | 354° | |
| Ángulo de inclinación de antena | 0.3° | |

Perfil Topográfico del enlace

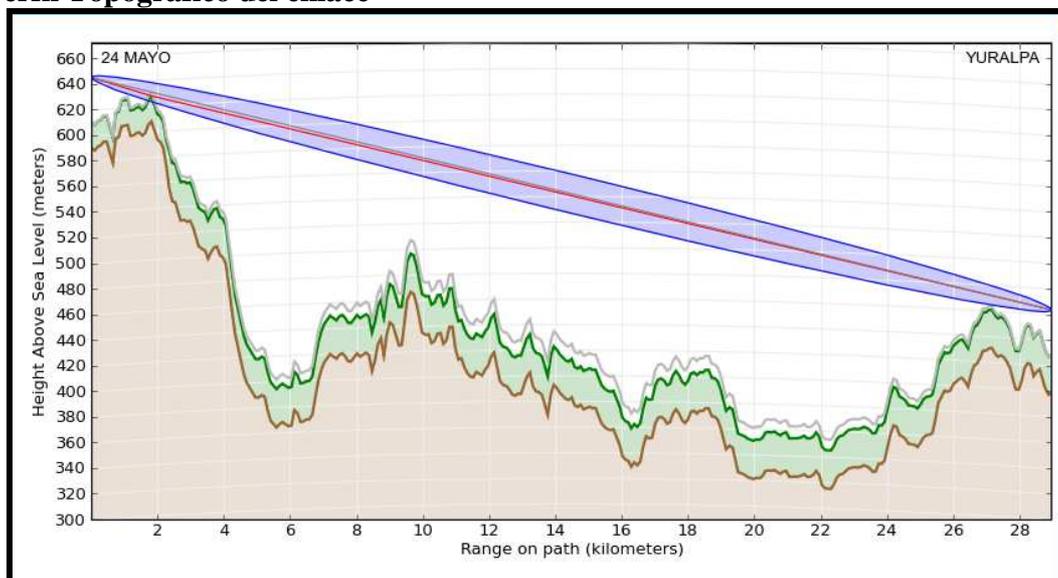


Figura 3.30: Perfil del Enlace 24 de Mayo – Yuralpa.

3.2.4 ESQUEMA FINAL DE LA NUEVA RED DE ENLACES DE MICROONDAS

El sistema de telecomunicaciones constará de varios enlaces de microonda digital, con capacidad de 4E1 para el Backbone o principal y de 2E1 en los enlaces secundarios o punto final. Cada E1 con capacidad de 30 canales de voz o datos.

El Backbone comienza en el Campamento Payamino situado en el bloque 7, continuando hasta Gacela, Oso A, Oso CPF y terminando en Jaguar. Por otro lado, comienza en el Campamento Payamino y termina en Yuralpa (*figura 3.31*).

Desde el Backbone, nacen los enlaces digitales secundarios de 2E1, siendo éstos hacia Estación Coca, Lobo3, Oso 9 y Mono CPF.

Por lo tanto, unificando todos los datos del diseño de los radioenlaces se tiene el esquema final de la nueva red de enlaces, mostrado en la figura 3.31.

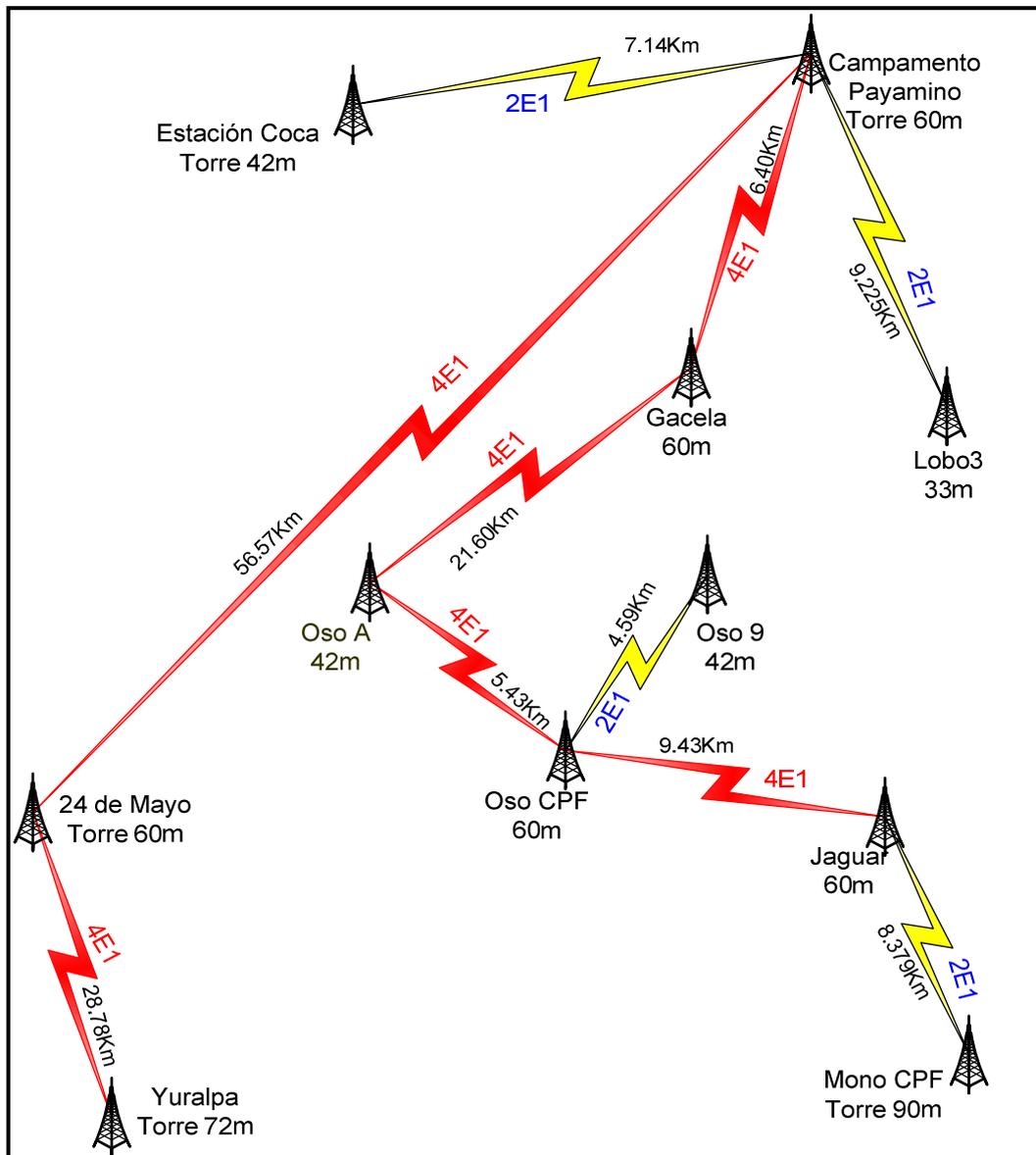


Figura 3.31: Esquema Final de la Red de Enlaces.

3.2.5 CÁLCULO DEL BALANCE DE POTENCIAS

La planificación del radioenlace comienza con el cálculo del balance de potencias. Para ello se deben conocer la banda de frecuencias, las características climáticas de la zona y las especificaciones técnicas de los

equipos de radio: potencia del transmisor, ganancias de las antenas, distancia, sensibilidad del receptor, requisito de disponibilidad, etc. Este cálculo del balance de potencias del sistema constituye una primera estimación teórica que puede corroborarse posteriormente con la utilización de aplicaciones informáticas de simulación de radioenlaces.

Para calcular teóricamente la Potencia recibida se utiliza la siguiente ecuación:

$$\mathbf{Pr = Pt + Gt + Gr - Lp - Lf - Lb}$$

Donde: Pt = Potencia del transmisor.
 Gt = Ganancia del transmisor.
 Gr = Ganancia del receptor.
 Lp = Pérdida por trayectoria en el espacio libre.
 Lf = Pérdida en el cable Heliac.
 Lb = Pérdida en los conectores.

Primero calculamos la Pérdida en el espacio libre.

$$\mathbf{Lp = 92,4 + 20\log(f) + 20\log(d)}$$

Donde: f = frecuencia (GHz)
 d = distancia del enlace (Km).

A continuación se muestra un ejemplo de cálculo del balance de potencias de un enlace punto a punto a 1,4 GHz.

Enlace Payamino - Estación Coca

Datos: d = 7,2Km
 F = 1,4GHz
 Pt = 30dBm, del radio MDS LEDR 1400.
 Gt = Gr = Ganancia de antenas = 21,1dB

Cálculo de pérdida por trayectoria en espacio libre

$$L_p = 92,4 + 20\log(1,4) + 20\log(7,2)$$

$$\mathbf{L_p = 112,47dB}$$

La pérdida en el cable heliax de ½" según el fabricante es 8,3dB cada 100m.

$$L_{f1} = (8,3dB \times 42) / 100 = \mathbf{3,48dB}$$
 en la torre de 42m en Est. Coca.

$$L_{f2} = (8,3dB \times 60) / 100 = \mathbf{4,98dB}$$
 en la torre de 60m en Payamino.

La pérdida en los conectores es de 0,1 a 0,5dB, son 4 conectores por sitio:

$$L_b = (0,5dB) \times (4) = \mathbf{2dB}$$

Pérdidas adicionales (cable superflex, obstáculos, etc).

$$\mathbf{L_a = 3dB}$$

Con los valores obtenidos se realiza el cálculo del Nivel de señal recibida.

$$Pr = +30dBm + 21,10dB + 21,1dB - 112,47dB$$

$$- 3,48dB - 4,98dB - 2dB - 2dB - 3dB$$

$$\mathbf{Pr = -55,73dBm}$$

También calculamos el PIRE (Potencia Isotrópica Radiada Efectiva)

$$PIRE = 30dBm + 21,1dB - 4,98dB - 2dB$$

$$\mathbf{PIRE = 44,12dB}$$

A continuación en la tabla 3.8 presentamos un resumen del Nivel de señal de los enlaces de la nueva red que se va a implementar.

| ENLACE | Pt (dBm) | Gt, Gr (dB) | Lb (dB) | Lp (dB) | Lf1 (dB) | Lf2 (dB) | La (dB) | Pr (dBm) |
|------------------|-------------|----------------|------------|---------|-------------|-------------|------------|----------|
| Payamino-Lobo 3 | 30 | 21,1 | 4 | 114,69 | 4,98 | 2,74 | 3 | -57,21 |
| Payamino-E. Coca | 30 | 21,1 | 4 | 112,47 | 4,98 | 3,48 | 3 | -55,73 |
| Payamino-Gacela | 30 | 21,1 | 4 | 111,45 | 4,98 | 4,98 | 3 | -56,21 |
| Gacela-Oso A | 30 | 27,5 | 4 | 121,90 | 2,58 | 1,81 | 3 | -48,29 |
| Oso A-Oso CPF | 30 | 21,1 | 4 | 110,13 | 3,48 | 4,98 | 3 | -53,39 |
| Oso CPF-Oso 9 | 30 | 21,1 | 4 | 108,57 | 4,98 | 3,48 | 3 | -48,83 |
| Oso CPF-Jaguar | 30 | 21,1 | 4 | 114,88 | 4,98 | 4,98 | 3 | -59,64 |
| Jaguar-Mono CPF | 30 | 21,1 | 4 | 113,80 | 4,98 | 7,47 | 3 | -61,05 |
| Payamino-24Mayo | 30 | 27,5 | 4 | 130,38 | 2,58 | 2,58 | 3 | -57,54 |
| 24deMayo-Yuralpa | 30 | 27,50 | 4 | 124,54 | 2,58 | 3,1 | 3 | -52,22 |

Tabla 3.8: Nivel de señal recibida de los enlaces.

3.2.6 CÁLCULO DEL MARGEN DE DESVANECIMIENTO

El margen de desvanecimiento y la relación señal/ruido permiten relacionar con la confiabilidad del enlace, para obtener este dato se utiliza la fórmula de Bamett-Vigant:

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

Efecto de trayectoria sensibilidad del objetivos de
 Multiple terreno confiabilidad

Siendo: **FM** = Margen de Desvanecimiento (dB).

D = distancia entre transmisor y receptor (Km).

f = frecuencia de la portadora (GHz).

(1-R) = objetivo de confiabilidad.

Considerando el objetivo de confiabilidad del 99,99 %, el factor (1-R) para una distancia distinta de 400 Km es:

$$(1 - R) = \frac{0.0001 * D}{400}$$

A: factor de rugosidad A= 4 sobre agua o sobre un terreno muy liso
 = 1 sobre un terreno promedio
 = 0,5 sobre un terreno muy áspero y montañoso.

B: factor climático B= 1 pasar una disponibilidad anual a la peor base mensual.
 = 0,5 para áreas calientes y húmedas.
 = 0,25 para áreas continentales promedio.
 = 0,125 para áreas muy secas y montañosas.

El FM debe considerarse como un valor promedio, dado que es prácticamente imposible considerar la influencia a lo largo del tiempo de todos los factores aleatorios intervinientes (frecuencia, distancia, clima, actividad humana, obstrucciones, naturaleza, etc.).

La atenuación de la señal es mayor cuanto mayor sea la frecuencia y la distancia. Entonces, para que un enlace se establezca, el nivel de señal que recibe el receptor debe ser mayor a su sensibilidad. Cuanta mayor sea la diferencia entre el nivel recibido y la sensibilidad del receptor, más confiable será nuestro enlace. Esta diferencia es lo que se llama “margen de desvanecimiento” y se expresa en dB. También, a mayor relación señal/ruido, más confiable será nuestro enlace.

Cuanto mayor es el margen de desvanecimiento utilizado, mayor será la confiabilidad del enlace, y menor la probabilidad de pérdidas de paquetes o cortes de enlace.

A continuación realizamos el cálculo del margen de desvanecimiento para el enlace Payamino – Estación Coca.

Enlace Payamino - Estación Coca

Datos: Distancia enlace: $d=7.14$ (Km)
 Factor de Rugosidad: $A=1$ (terreno promedio)
 Factor climático: $B=0.5$ (áreas calientes y húmedas)
 Frecuencia: $f=1.45$ (GHz)
 Enlace de 2E1: Sensibilidad del Radio MDS= -86dBm .

Aplicando la fórmula del margen de desvanecimiento obtenemos:

$$FM=30\log(7.14) + 10\log(6*1*0.5*1.45) - 10\log(0.0001*7.14/400)-70$$

$$\mathbf{FM=19.47\text{dB}}$$

Tomando en cuenta que la sensibilidad (U_r) del Radio MDS para este enlace de 2E1 es de -86dBm , ahora se calculará el nivel de señal mínima requerida (Pr') incluyendo el margen de desvanecimiento:

$$Pr' = U_r - FM = -86 + 19,47$$

$$\mathbf{Pr' = -66,52\text{dBm}}$$

Por lo tanto, comparando el nivel de señal recibido Pr con el nivel de señal mínimo está dentro de los parámetros aceptables.

$$\mathbf{Pr > Pr'}$$

$$\mathbf{-55,73\text{dBm} > -66,52\text{dBm}}$$

A continuación en la tabla 3.9 presentamos un resumen del Margen de Confiabilidad de los enlaces de la nueva red que se va a implementar.

| ENLACE | Capacidad | Sensibilidad del equipo Ur (dBm) | Margen de confiabilidad FM (dB) | Nivel Mínimo Requerido Pr (dBm) |
|--------------------|------------------|---|--|--|
| Payamino-Lobo 3 | 2E1 | -86 | 21,70 | -64,29 |
| Payamino-Est. Coca | 2E1 | -86 | 19,47 | -66,52 |
| Payamino-Gacela | 4E1 | -83 | 18,52 | -64,47 |
| Gacela-Oso A | 4E1 | -83 | 29,09 | -53,91 |
| Oso A-Oso CPF | 4E1 | -83 | 17,10 | -65,90 |
| Oso CPF-Oso 9 | 2E1 | -86 | 15,64 | -70,36 |
| Oso CPF-Jaguar | 4E1 | -83 | 21,89 | -61,11 |
| Jaguar-Mono CPF | 2E1 | -86 | 20,87 | -65,13 |
| Payamino-24Mayo | 4E1 | -83 | 37,46 | -45,53 |
| 24deMayo-Yuralpa | 4E1 | -83 | 31,62 | -51,37 |

Tabla 3.9: Resumen Margen de Confiabilidad de los enlaces.

3.2.7 EQUIPOS Y ELEMENTOS A INSTALAR.

En esta sección se hará la descripción de cada uno de los equipos y elementos que se utilizarán en el proyecto, a continuación detallamos sus características.

3.2.7.1 Radio Microonda Digital, marca MDS, modelo LEDR 1400F.

El radio MDS (Mycrowave Data System) de General Electric, es un radio microonda digital punto – punto, full dúplex, trabaja en la banda de frecuencia de 1400MHz. Se trata de un radio que trabaja en ambientes de extremas condiciones (para trabajo pesado). En los enlaces de Backbone se utilizarán Radios MDS de 4E1 y en los enlaces finales de 2E1.

A continuación mostramos en la figura 3.32 una imagen del radio MDS acompañado de sus características (ver Anexo 2).

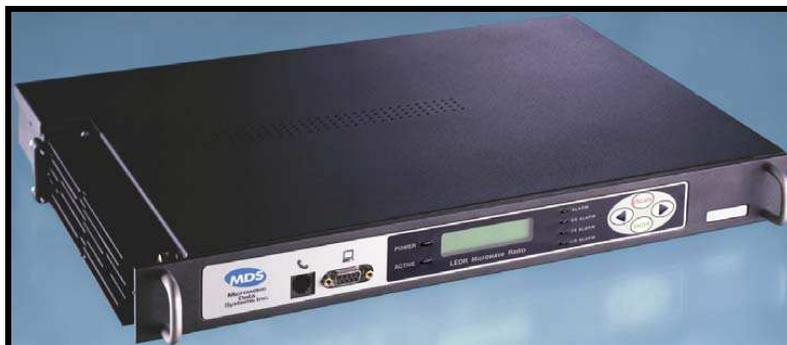


Figura 3.32 Radio marca MDS, modelo LEDR 1400F.

Características:

- Ancho de banda: 0.5/1/2MHz
- Rango de frecuencia: 1350 – 1535MHz.
- Potencia de transmisión: 1Watt (+30dBm)
- Velocidad de datos: 2Mbps(1E1), 4Mbps(2E1), 6Mbps(3E1), 8Mbps(4E1)
- Tipo de modulación: 32 QAM, 16 QAM, QPSK.
- Rango de voltaje: ± 24 Vdc ó ± 48 Vdc
- Rango de temperatura: -10 a 50°C
- Suministro de Energía: 110/240 Vac, 50/60Hz
- Capacidad: 1E1, 2E1, 4E1
- Separación entre canales: 0.5MHz (1E1), 1MHz (2E1), 1.75/2MHz (4E1)
- Sensibilidad del Receptor: -89dBm (1E1), -86dBm (2E1), -83dBm (4E1)
- Consumo de potencia: <60W
- Tamaño: 4,5cm (1U) x 48cm x 30cm.
- Interfaces: G.703, Ethernet 10 Base-T, RS-232 (Puerto de consola).
- Multiplexores integrados.

Se puede entrar a la configuración del radio utilizando una PC o una LAPTOP mediante el puerto de consola, como se observa en la figura 3.33.

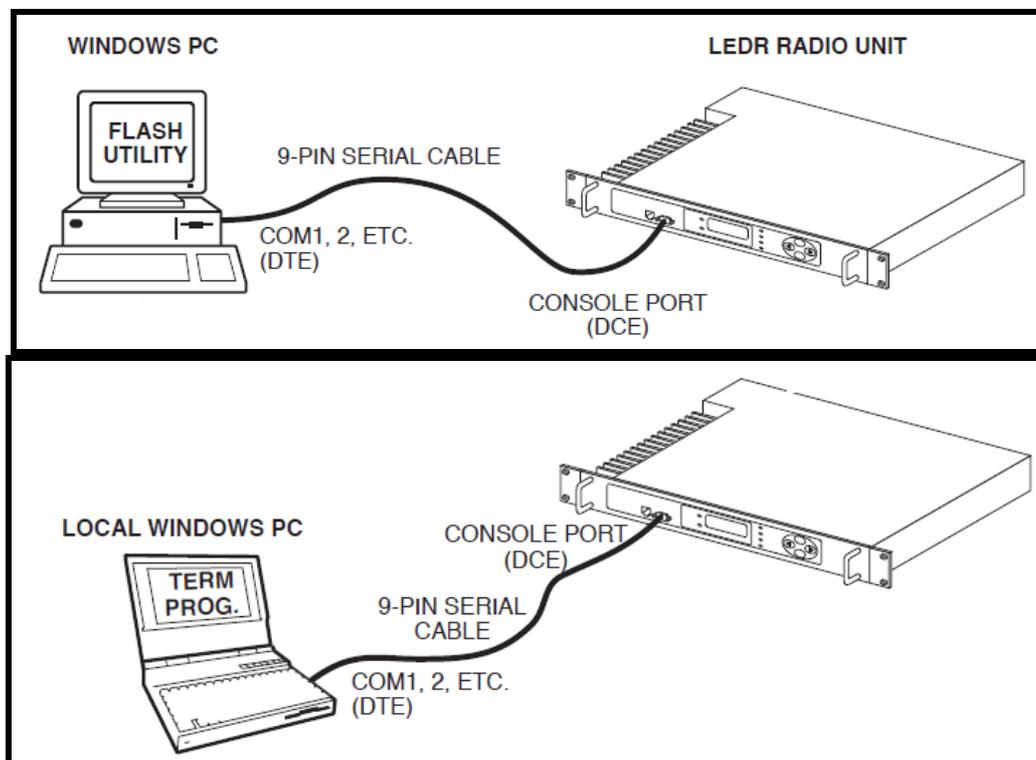


Figura 3.33: Conexión directa mediante el puerto de consola LEDR.

También se puede ingresar a la configuración del equipo mediante el puerto Ethernet, utilizando Internet Explorer y una dirección IP, como se indica en la figura 3.34.

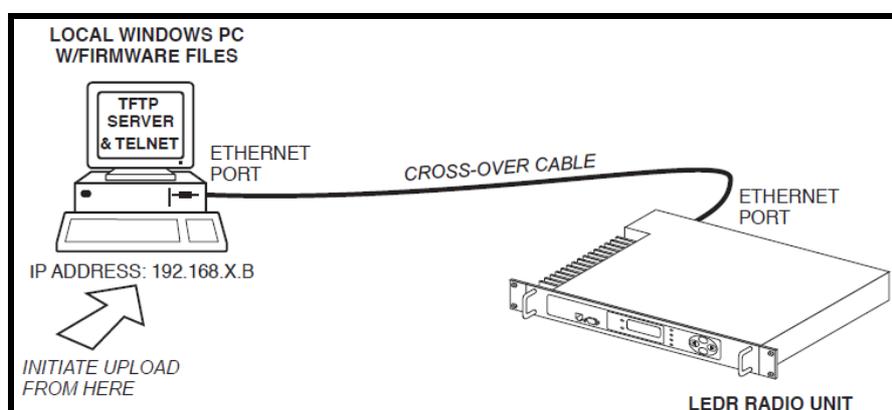


Figura 3.34: Conexión directa mediante el puerto Ethernet.

Algunos de estos equipos vienen con antena integrada dentro del equipo pero solamente sirve cuando no existe obstáculos y la distancia entre los dos radios no es grande; en nuestro caso se van a realizar enlaces distantes en la amazonia y en donde se requiere línea de vista, por lo tanto necesitamos colocar antenas externas y que se conectan tal como indica la figura 3.35.

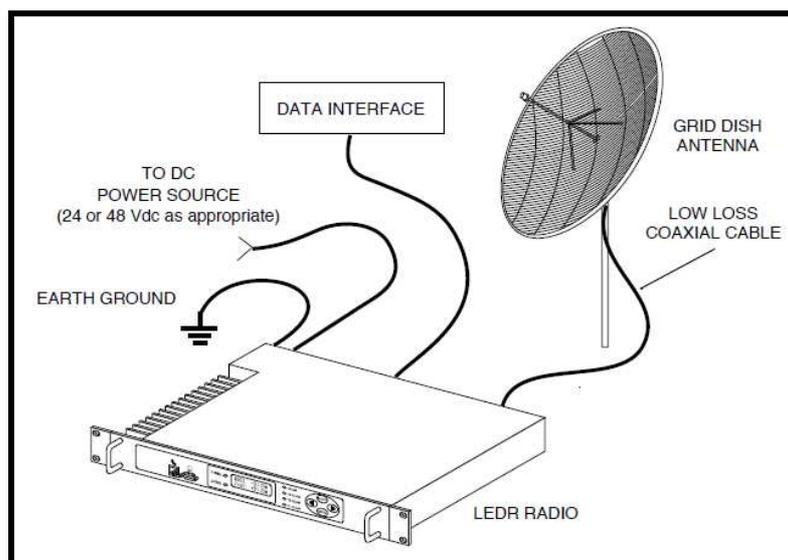


Figura 3.35: Arreglo de una Estación Típica.

3.2.7.2 Antenas Gabriel, marca Mark.

En cuanto a las Antenas, se analizaron tres tipos de marcas. De las cuales se recomienda “Antenas GABRIEL” y no las RFC y ANDREW. La primera porque por experiencia a decir de ellos (personal de FULLDATA) dan problemas y el costo de transporte ha subido; y la segunda porque el trámite para la adquisición es muy lento. Sin embargo, se indicó que las antenas RFC y GABRIEL son similares en costo y calidad.

A continuación se presenta la tabla 3.10, en donde constan las características de cada una de los modelos de antenas parabólicas tipo grilla, marca Mark, para el rango de frecuencia 1.427-1535MHz, que se utilizarán en el diseño.

| Modelo | Frecuencia | Diámetro ft (m) | Ganancia | VSWR Máx. (RL) (dB) |
|------------|----------------|--------------------|----------|------------------------|
| P-15A36G-U | 1.427-1.535GHz | 3 (0.9) | 21.1 | 14.0 |
| P-15A48G-U | 1.427-1.535GHz | 4 (1.2) | 23.7 | 17.7 |
| P-15A72G-S | 1.427-1.535GHz | 6 (1.8) | 27.5 | 17.7 |

Tabla 3.10: Modelos de antenas, marca Mark, tipo Parabólica Grilla.

En la figura 3.36 se muestra una fotografía de la antena Mark, tipo parabólica grilla. En el Anexo 3 se presentan este tipo de antenas.



Figura 3.36: Antena Parabólica Grilla.

Los diagramas de radiación en el plano horizontal y vertical de este tipo de antenas son los que se muestran en la figura 3.37.

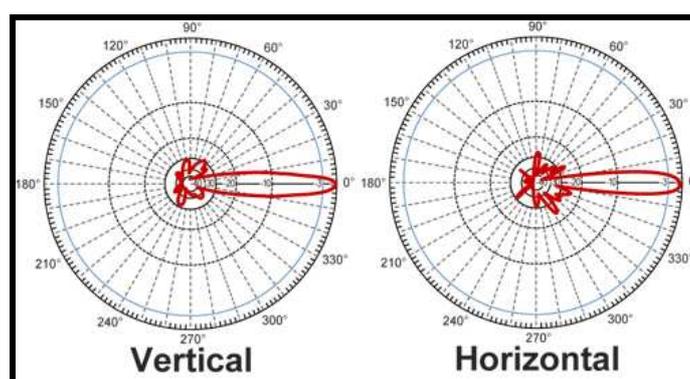


Figura 3.37: Diagramas de radiación antena parabólica grilla.

A continuación se presentan las características eléctricas, mecánicas y ambientales de los tres modelos de antenas Mark de 3, 4 y 6 pies.

Especificaciones: **Modelo No.** P-15A36G±-U

|  Electricas | |
|--|---|
| Antenna Size | 3ft (0.9m) |
| Frequency Band | 1.427-1.535 GHz |
| Gain (dBi) | |
| | Low 20.8 |
| | Mid 21.1 |
| | High 21.4 |
| Beam Width (deg) | 13.6 |
| Front-to-Back Ratio (dB) | 26 |
| VSWR Max (RL) | |
| | Standard 1.5 (14.0) |
| | Low N/A |
| Cross Pol (dB) | 34 |
| Polarization | Single |
| Antenna Input ‡ | P=7/8 EIA Air Dielectric N=N-Female E=7/16 Female DIN F=7/8 EIA Non-Pressurized L=7/8 EIA Air Dielectric (Low VSWR) |

|  Mecanicas | |
|---|---|
| Reflector | Heavy walled Aluminum pipes Heli arc welded |
| Back Mount | Galvanized Steel |
| Mount Pipe Diameter | 1.9-4.5in. (48-114mm) |
| Center Offset | 3 23/32in. (mm) |
| Elevation Adjustment Range | +5° -5° |
| Azimuth Adjust Supplied | N/A |
| Side Braces | 0 side braces |
| Optional Side Braces | N/A |
| Vertical Tower Pipe | 1.9-4.5" O.D. |

|  Ambiental | |
|---|---------------------------------|
| Wind Loading | |
| Operational | 70mph (112km/h) |
| Survival | 125mph (200km/h) |
| Temperature | |
| Operational | -40° to 140°F (-40° to 60°C) |
| Heated Grid Available | |

Especificaciones: **Modelo No.** P-15A48G+-U

|  Eléctricas | | | | | | | |
|---|--|----------|------------|-----|-------------|------|----|
| Antenna Size | 4ft (1.2m) | | | | | | |
| Frequency Band | 1.427-1.535 GHz | | | | | | |
| Gain (dBi) | <table border="0"> <tr> <td>Low</td> <td>23.3</td> </tr> <tr> <td>Mid</td> <td>23.7</td> </tr> <tr> <td>High</td> <td>24</td> </tr> </table> | Low | 23.3 | Mid | 23.7 | High | 24 |
| Low | 23.3 | | | | | | |
| Mid | 23.7 | | | | | | |
| High | 24 | | | | | | |
| Beam Width (deg) | 10.4 | | | | | | |
| Front-to-Back Ratio (dB) | 31 | | | | | | |
| VSWR Max (RL) | <table border="0"> <tr> <td>Standard</td> <td>1.3 (17.7)</td> </tr> <tr> <td>Low</td> <td>1.20 (20.8)</td> </tr> </table> | Standard | 1.3 (17.7) | Low | 1.20 (20.8) | | |
| Standard | 1.3 (17.7) | | | | | | |
| Low | 1.20 (20.8) | | | | | | |
| Cross Pol (dB) | 31 | | | | | | |
| Polarization | Single | | | | | | |
| Antenna Input ‡ | P=7/8 EIA Air Dielectric N=N-Female E=7/16 Female DIN F=7/8 EIA Non-Pressurized L=7/8 EIA Air Dielectric (Low VSWR) | | | | | | |

|  Mecánicas | |
|--|---|
| Reflector | Heavy walled Aluminum pipes Heli arc welded |
| Back Mount | Galvanized Steel |
| Mount Pipe Diameter | 1.9-4.5in. (48-114mm) |
| Center Offset | 3 9/32in. (mm) |
| Elevation Adjustment Range | +5°-5° |
| Azimuth Adjust Supplied | N/A |
| Side Braces | 0 side braces |
| Optional Side Braces | Available |
| Vertical Tower Pipe | 1.9-4.5" O.D. |

|  Ambiental | |
|--|---------------------------------|
| Wind Loading | |
| Operational | 70mph (112km/h) |
| Survival | 125mph (200km/h) |
| Temperature | |
| Operational | -40° to 140°F (-40° to 60°C) |
| Heated Grid Available | |

Especificaciones: **Modelo No.** P-15A72G+S

|  Eléctricas | | | | | | | |
|---|---|----------|------------|-----|-------------|------|------|
| Antenna Size | 6ft (1.8m) | | | | | | |
| Frequency Band | 1.427-1.535 GHz | | | | | | |
| Gain (dBi) | <table> <tr> <td>Low</td> <td>27.2</td> </tr> <tr> <td>Mid</td> <td>27.5</td> </tr> <tr> <td>High</td> <td>27.8</td> </tr> </table> | Low | 27.2 | Mid | 27.5 | High | 27.8 |
| Low | 27.2 | | | | | | |
| Mid | 27.5 | | | | | | |
| High | 27.8 | | | | | | |
| Beam Width (deg) | 7.0 | | | | | | |
| Front-to-Back Ratio (dB) | 36 | | | | | | |
| VSWR Max (RL) | <table> <tr> <td>Standard</td> <td>1.3 (17.7)</td> </tr> <tr> <td>Low</td> <td>1.15 (23.1)</td> </tr> </table> | Standard | 1.3 (17.7) | Low | 1.15 (23.1) | | |
| Standard | 1.3 (17.7) | | | | | | |
| Low | 1.15 (23.1) | | | | | | |
| Cross Pol (dB) | 34 | | | | | | |
| Polarization | Single | | | | | | |
| Antenna Input ‡ | P=7/8 EIA Air Dielectric N=N-Female E=7/16 Female DIN F=7/8 EIA Non-Pressurized L=7/8 EIA Air Dielectric (Low VSWR) | | | | | | |

|  Mecánicas | |
|--|---|
| Reflector | Heavy walled Aluminum pipes Heli arc welded |
| Back Mount | Galvanized Steel |
| Mount Pipe Diameter | 4.5in. (114mm) |
| Center Offset | 7in. (178mm) |
| Elevation Adjustment Range | +5°-5° |
| Azimuth Adjust Supplied | N/A |
| Side Braces | 0 side braces |
| Optional Side Braces | Available |
| Vertical Tower Pipe | 4.5" O.D. |

|  Ambiental | |
|--|---------------------------------|
| Wind Loading | |
| Operational | 70mph (112km/h) |
| Survival | 125mph (200km/h) |
| Temperature | |
| Operational | -40° to 140°F (-40° to 60°C) |
| Heated Grid Available | |

3.2.7.3 Cable Heliax de 1/2".

Se recomienda utilizar para enlaces de corta distancia y en torres de hasta 60 metros de altura, ya que más allá de esa distancia sufre más atenuación.

En la figura 3.38 se muestra el cable Heliax de 1/2", acompañado de sus características. Este tipo de cable sufre una atenuación de 8,3dB cada 100 metros a una frecuencia de 1,2GHz (ver Anexo 4).



Figura 3.38: Cable Heliax de 1/2" ANDREW, tipo LDF4-50A.

Características:

- Impedancia de 50 Ohmios.
- Blindaje de cobre corrugado.
- Conductor de aluminio macizo recubierto de cobre 1 x 4,83mm.
- Frecuencia máxima de trabajo: 8,8GHz
- Diámetro exterior: 15,87mm.
- Conductor interno: 4,6mm
- Aislamiento espuma de polietileno.
- Cubierta de polietileno, negro.
- Apantallamiento a 1GHz > 120dB.
- Radio de curvatura: 127mm.
- Peso aprox.: 0,22 Kg/m.

3.2.7.4 Cable Heliax de 7/8”.

Es utilizado para enlaces de gran distancia o en torres de más de 60 metros, ya que sufre menos pérdidas por metro en comparación con el de 1/2”.

En la figura 3.39 se muestra el cable Heliax de 7/8” acompañado de sus características. Este cable se atenúa 4,3dB cada 100 metros a una frecuencia de 1,2GHz (ver Anexo 5).



Figura 3.39: Cable Heliax de 7/8” ANDREW, tipo AVA5-50.

Características:

- Impedancia de 50 Ohmios.
- Blindaje de cobre corrugado.
- Conductor tubo de cobre 9,45mm.
- Aislamiento espuma de polietileno.
- Cubierta de polietileno, negro.
- Apantallamiento a 1GHz > 120dB.
- Frecuencia máxima de trabajo: 5GHz.
- Diámetro exterior: 27,99mm.
- Radio de curvatura: 254mm.
- Peso aprox.: 0,45 Kg/m.

3.2.7.5 Cable Flexible (Superflex).

Este cable se presenta en la figura 3.40 y es utilizado en el interior del cuarto de equipos ó junto a las antenas, aprovechando su flexibilidad, ya que los cables Heliac de 1/2" o 7/8" son rígidos y no permiten maniobrar para hacer curvaturas en el espacio pequeño que se tiene. La atenuación de este cable es de 13,5dB cada 100 metros a una frecuencia de 1,2GHz (ver Anexo 6).



Figura 3.40: Cable Superflex FSJ4-50B 1/2".

Características:

- Impedancia de 50 Ohmios.
- Blindaje de cobre corrugado sólido.
- Conductor de aluminio macizo recubierto de cobre 1 x 3,56mm.
- Aislamiento espuma de polietileno.
- Cubierta de polietileno, negro
- Apantallamiento a 1GHz > 120Db
- Frecuencia máxima de trabajo: 10,2GHz
- Diámetro exterior: 13,46mm.
- Conductor interno: 3,6mm
- Radio de curvatura: 32mm.
- Peso aprox.: 0,21 Kg/m.

3.2.7.6 Conectores.

Conector N Macho para cable HELIAX LDF4-50A (1/2"); Modelo: L4TNM-PS

Estos conectores son colocados en los extremos del cable HeliAx de 1/2", en la figura 3.41 se muestra una imagen del conector seguido de sus características (ver Anexo 10).



Figura 3.41: Conector L4TNM-PS.

Características:

- Tipo de conector: N Macho.
- Especial para cable: LDF4-50A
- Modo de ensamble: Aro Auto-Expandible.
- Cuerpo: Plateado.
- Contacto central: Oro (Positive Stop).
- Aislante dieléctrico: Teflón.

Conector N Macho para cable HELIAX AVA5-50 (7/8"); Modelo: AL5NMPS

Este conector marca ANDREW se presenta en la figura 3.42 y se utiliza en los extremos del cable HeliAx de 7/8" (ver Anexo 10).



Figura 3.42: Conector AL5NMPS.

Características:

- Tipo de Conector: N Macho.
- Especial para Cable: AVA5-50 / AL5-50
- Modo de Ensamble: Aro Auto-Expandible.
- Cuerpo: Plateado
- Contacto Central: Oro (Positive Stop)
- Aislante Dieléctrico: Teflón.

Conector N Macho para cable Heliax FSJ4-50B (1/2").**Modelo: F4PNMV2HC**

En la figura 3.43 se muestra este tipo de conector, el cual es colocado en los extremos del cable Superflex (ver Anexo 10).



Figura 3.43: Conector F4PNMV2HC.

Características:

- Tipo de conector: N Macho.
- Especial para cable: FSJ4-50B (1/2").
- Modo de ensamble: Cojinete expandible.
- Cuerpo: Plateado.
- Contacto central: Oro (Cautivo).
- Aislante Dieléctrico: Teflón.

3.2.7.7 Protectores contra descargas atmosféricas (Polyphaser).

Diseñado para proteger al equipo contra las subidas de tensión provocadas por descargas eléctricas, es conocido también como Lightning Arrestor y se presenta en el Anexo 9.

En la figura 3.44 se muestra el Polyphaser, modelo DSXL, acompañado más abajo de sus características. Este dispositivo va enroscado en el rack de comunicaciones el cual deberá estar conectado a tierra, del un lado se conecta el cable Heliacx (cable RF) que viene de la antena y del otro lado se conecta el cable superflex o el pigtail que va al radio, tal como indica la figura 3.44.

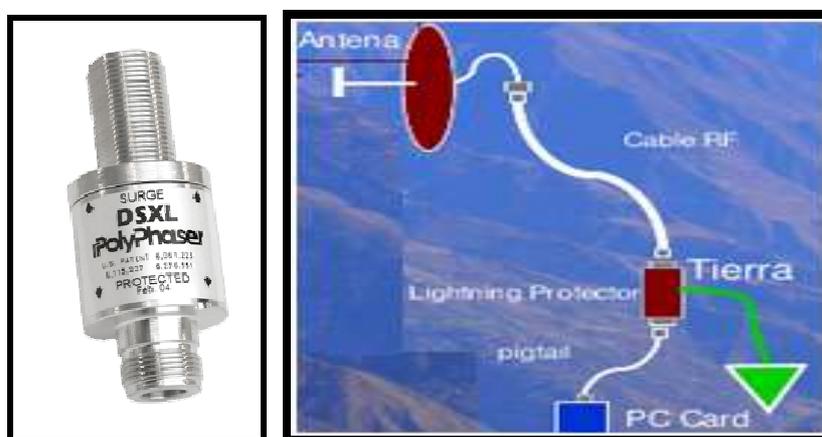


Figura 3.44: Polyphaser y Forma de conexión.

Características

- Rango de frecuencia: 700 – 2700 MHz.
- Potencia: 750 W.
- Pérdida por inserción: ≤ 0.1 dB.
- Conectores: N-Hembra en los dos extremos.
- Impermeable.

3.2.7.8 Kits de Aterrizaje (Grounding Kit).

Conocido también como “Kit de tierra”, sirve de protección contra descargas eléctricas (ver Anexo 8). Un extremo se adhiere al cable Heliac y el otro extremo se atornilla a una platina de cobre que debe estar aterrizada a tierra, tal como indica la figura 3.45 (c). Esta platina de cobre puede estar en la base de la torre, a la entrada o en el interior del cuarto de equipos.



Figura 3.45: Grounding Kit (Kit de tierra).

En la figura 3.45(a) se muestra el Grounding kit para cable heliac de $\frac{1}{2}$ "; mientras que en la figura 3.45 (b) el modelo SG78-12B2U para cable heliac $\frac{7}{8}$ ".

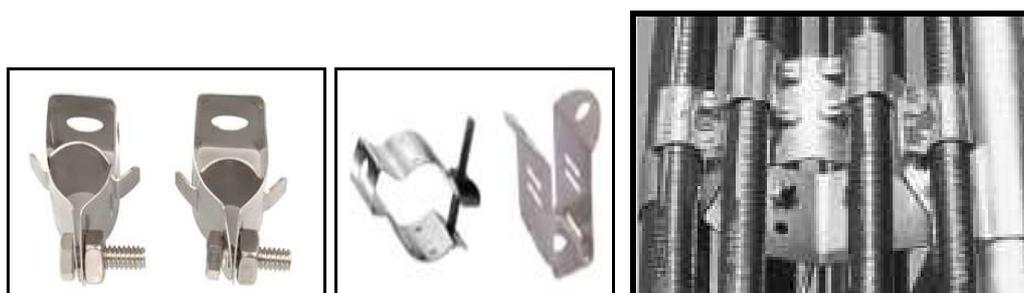
3.2.7.9 Etiquetas.

Permite identificar los cables que parten desde la antena, bajan la torre, siguen la escalerilla y llegan al cuarto de equipos. Incluyen números, letras y símbolos. En el proyecto se utilizará como identificación por ejemplo CBL.01, indicando que se trata del cable número uno.

3.2.7.10 Kit de Suspensión (Hanger Kit).

El kit de suspensión o Hanger Kit es utilizado para fijar los cables Heliac a la estructura de la torre y no queden colgados. Se consigue además ordenar y

clasificar los cables, ya que esto permitirá dejar espacio para que a futuro el personal pueda subir sin inconvenientes a las torres a realizar los mantenimientos preventivos y/o correctivos de los equipos y elementos (ver Anexo 7).



(a) Andrew 43211A (b) Andrew 42396A-5 (c) Forma de instalar.

Figura 3.46: Kit de Suspensión ANDREW (Hanger Kit) para cable de 1/2" y 7/8".

En la figura 3.46(a) se presenta el equipo de suspensión Andrew 43211A, para el cable HeliAx LDF4-50A de 1/2", el espaciado mínimo es de 4 pies (1,2m). En la figura 3.46 (b), está el Andrew 42396A-5, para cable HeliAx AVA5-50A de 7/8", el espaciado mínimo es de 3 pies (0.90m). La figura 3.46(c) indica la forma de cómo se debe instalar.

En la figura 3.47 se muestra un esquema de los elementos y accesorios que se instalarán desde la torre hasta la caseta.

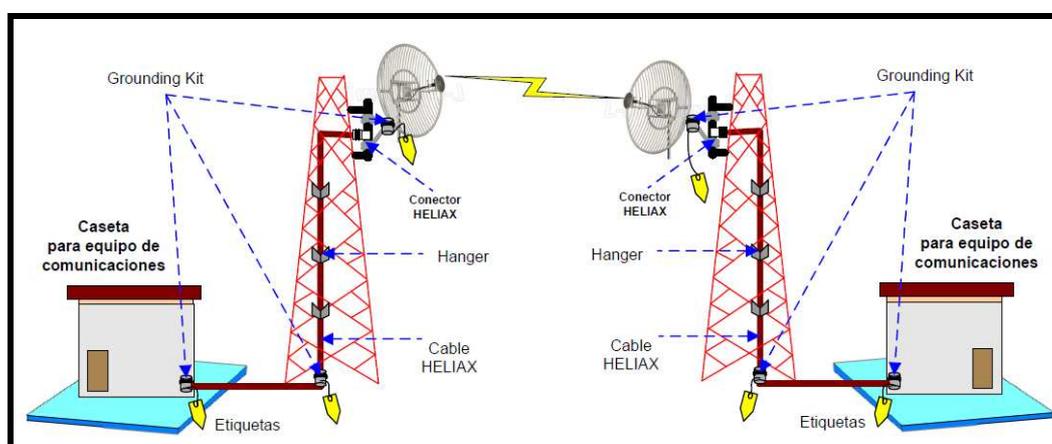


Figura 3.47: Ubicación de equipos y elementos desde la torre hasta la caseta.

3.3 IMPLEMENTACION DE LOS RADIOENLACES.

El 21 de Febrero del 2011 comenzamos con la implementación del proyecto, luego de haber superado los trámites para la asignación de frecuencias por parte de la SUPERTEL para los diez enlaces a ser instalados y la aprobación del presupuesto para el desarrollo del mismo a cargo de Petroamazonas; y la espera de la importación de los radios MDS y Antenas Gabriel desde Estados Unidos.

La implementación del proyecto se realizó en dos fases. La primera fase corresponde a la instalación de ocho radioenlaces, los trabajos tuvieron una duración de 10 días, iniciando el 21 de Febrero y culminando el 2 de Marzo del 2011, los cuales se mencionan a continuación:

- CAMPAMENTO PAYAMINO – LOBO 3
- CAMPAMENTO PAYAMINO – ESTACIÓN COCA
- CAMPAMENTO PAYAMINO – GACELA
- GACELA – OSO A
- OSO A – OSO CPF
- OSO CPF – OSO 9
- OSO CPF – JAGUAR
- JAGUAR – MONO CPF

La segunda fase del proyecto se inicia el jueves 7 de Abril y se termina el 11 de abril del 2011. Con la instalación de los enlaces restantes:

- PAYAMINO – 24 DE MAYO.
- 24 DE MAYO – YURALPA.

Los elementos y materiales utilizados para el desarrollo del proyecto fueron en general los descritos en la sección 3.2.5:

- Radio: marca MDS, modelo LEDR 1400F.
- Fuente: 48Vdc.
- Antena: marca Mark, modelo P-15A36GN-U, Grid Parabolic 3 pies.
- Antena: marca Mark, modelo P-15A48GN-U, Grid Parabolic 4 pies.
- Antena: marca Mark, modelo P-15A72GN-S, Grid Parabolic 6 pies.
- Herraaje para antena (3-6pies)
- Cable HELIAX (1/2" y 7/8") y sus conectores.
- Gruond Kit.
- Hangers Kit.
- Line Arrestor (Polyfaser).
- Cable Superflex y sus conectores.
- Etiquetas.
- Taipes y autofundente.

También se realizaron las siguientes pruebas luego de instalados los equipos:

- Medición de pérdidas en los cables HELIAX instalados en cada sitio, realizadas con el equipo Anritsu Site Master.
- Medición de las pérdidas por acoplamiento entre antena y cable, realizadas con el equipo Anritsu Site Master.
- Se realiza pruebas de datos sobre los enlaces de radio con el equipo de pruebas RAD HBT.

3.3.1 PROCEDIMIENTO GENERAL DE LA INSTALACIÓN.

Mediante los pasos que se detallan a continuación, se realizó la instalación de los equipos y elementos necesarios para levantar los enlaces.

3.3.1.1 Ensamblaje de Antenas.

Las antenas de 3 y 4 pies llegaron empacadas en cartones y las de 6 pies en estructuras de madera (figura 3.48), acompañadas con su manual que indican las instrucciones de ensamblaje y montaje.



Figura 3.48: Antenas empacadas.

Debido a que llegaron en piezas las antenas, se procedió al ensamblaje de acuerdo al manual que viene igual de las mismas, con la polarización asignada por la SENATEL (Secretaría Nacional de Telecomunicaciones) para cada sitio.

En la figura 3.49 de la izquierda se muestra como se ensambló una antena de 3 pies y en la derecha una de 6 pies.



Antena de 3 pies (izq.)

Antena de 6 pies (der.)

Figura 3.49: Ensamblaje de antenas.

3.3.1.2 Ascenso e instalación de antenas.

Para el ascenso de las antenas se utiliza una polea metálica con características especiales para soportar el peso de las mismas, la cual es colocada en la parte superior de la torre.

Se utilizó dos cabos (cuerdas), el primero se hace pasar por la polea y de un extremo se amarra la antena y del otro extremo se aplica fuerza para subirla. El segundo cabo sirve para hacer retención con el fin de que la antena al momento de subirla no tope a la torre y se golpee, ya que el feeder es la parte más delicada.

Se necesitaron cinco personas: tres personas para subir la antena, una para el trabajo de retención y una persona ubicada en la cima de la torre. En la figura 3.50 se muestran dos imágenes del personal utilizado.



Figura 3.50: Personas necesarias para subir las antenas.

Una vez que llega al punto de instalación (cara lateral de la torre), la persona la ajusta con los herrajes correspondientes hacia la torre.

Para coordinar de mejor manera el trabajo, la comunicación entre las personas que se encuentran en tierra y el que se encuentra en la torre se realiza mediante radios portátiles (handy).

En la figura 3.51 se muestra el ascenso de las antenas de 3 y 6 pies, realizando el procedimiento antes indicado.

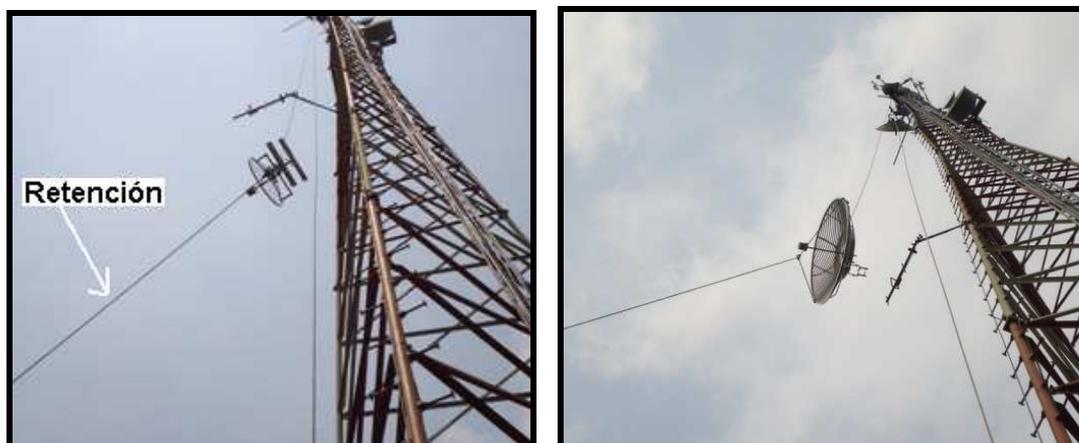


Figura 3.51: Ascenso e Instalación de antenas de 3 y 6 pies.

En la unión del cable HELIAX con la antena, se le protege con taípe y autofundente para evitar filtraciones de agua o humedad, ya que el mismo queda expuesto a la intemperie. Porque si llegara a filtrar por esta unión, se llenarían de agua los cables y ocasionaría problemas con el enlace.

3.3.1.3 Montaje de los radios MDS en el Rack.

Instalación de los radios MDS y sus fuentes de poder en el rack dentro del cuarto de equipos o en el shelter. En la figura 3.52 se observa cómo se ajustaron al rack mediante cuatro tornillos cada equipo.



Figura 3.52: Instalación de Radios MDS y sus Fuentes de Poder.

3.3.1.4 Instalación del cable HELIAX.

En la figura 3.53 se muestra la instalación del cable HELIAX (ya sea de 1/2" o de 7/8") desde el shelter hasta la antena. Primero, en un extremo del cable se coloca el conector que va hacia la antena y procedemos a subirlo girando el carrete para que no se doble el cable, luego de medir y cortar la longitud necesaria para que llegue al cuarto de equipos, finalmente colocamos el otro conector en este extremo final.



Figura 3.53: Instalación del cable HELIAX y sus conectores.

3.3.1.5 Instalación de Hangers Kit.

Con el fin de que el cable no quede colgado en la torre, se colocaron Hangers Kit cada tres metros para fijar los mismos hacia la torre, tal como muestra en la figura 3.54. Cabe mencionar que para cables de menor diámetro como el caso del FTP usualmente se recomienda utilizar amarras plásticas.



Figura 3.54 Instalación de Hangers kit.

3.3.1.6 Instalación de Ground Kit.

La figura 3.55 muestra la instalación del Ground Kit, el cual va desde el cable Heliac hasta la platina de cobre, con la finalidad de proteger al equipo contra descargas eléctricas. Luego de adherirlo al cable heliac se lo recubre con taipe y autofundente para evitar la filtración de agua.

Las platinas están aterrizadas a tierra y se encuentran ubicadas en la base de la torre y/o a la entrada del shelter, tal como muestra la figura 3.55.



(a) En la base de la torre.

(b) En la entrada al Shelter.

Figura 3.55: Instalación del Ground Kit.

3.3.1.7 Construcción y conexión del cable superflex.

Primero se corta la longitud de cable necesaria (uno o dos metros), luego se colocan los conectores en sus extremos.

La característica especial de este cable es que es flexible (a diferencia del cable heliax que es rígido), por tal motivo es utilizado para interconectar el cable HELIAX con el radio MDS dentro del cuarto de equipos, y esto se puede apreciar en la figura 3.56.

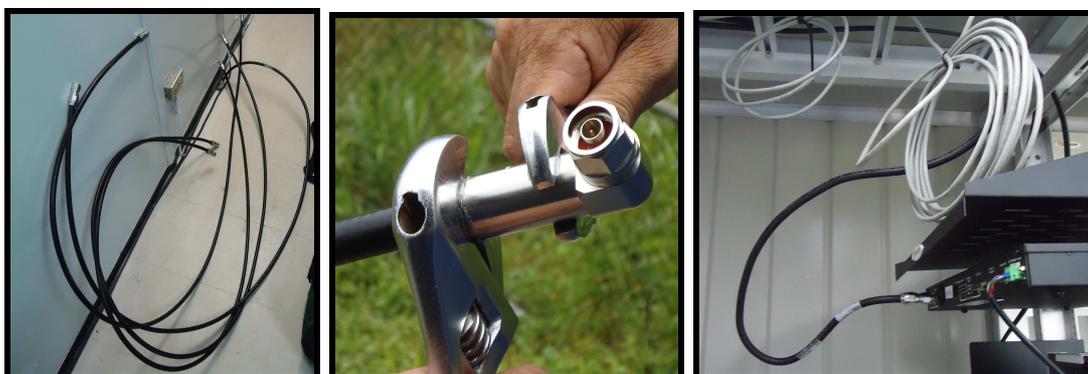


Figura 3.56: Construcción y conexión del Cable Superflex.

3.3.1.8 Instalación del Line Arrestor (Polyphaser).

Este elemento permite proteger al equipo contra descargas eléctricas. Es colocado en la platina de cobre o en la estructura del rack (quienes deben estar aterrizados a tierra) en el interior del shelter o caseta. Del un lado se conecta el cable Heliax y por el otro el cable superflex, tal como muestra la figura 3.57.

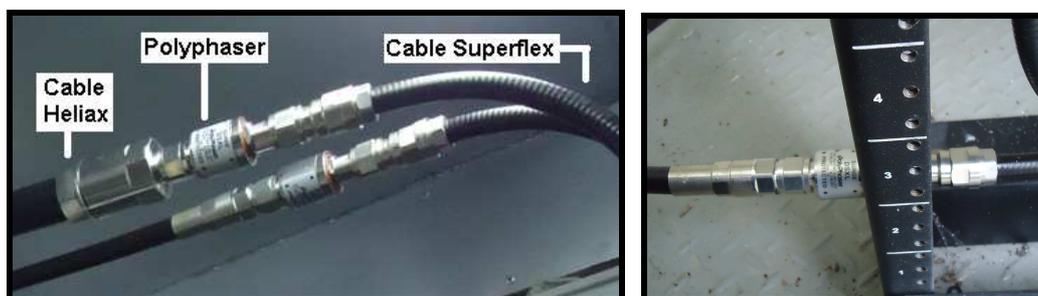


Figura 3.57: Line Arrestor colocado en la estructura del rack.

3.3.1.9 Pruebas al cable.

Mediante el equipo Anritsu Site Master se realizan dos pruebas a los cables HELIAX instalados: pérdidas en el cable y pérdidas de retorno (acoplamiento entre antena y cable).

Antes de empezar con las mediciones primero se le calibra al equipo con el rango de frecuencia que para nuestro caso es 1400MHz-1550MHz.

Para medir las pérdidas en el cable lo hacemos antes de conectar la antena, entonces mediante el handy informamos a la persona que está arriba en la torre que no conecte todavía la antena, hasta pasar la prueba.

Para medir las pérdidas de retorno, le avisamos por Handy que conecte la antena, y se procede a realizar ésta segunda medición.

A continuación en la figura 3.58 se muestra la imagen obtenida al realizar las pruebas a un cable. La figura muestra que se tiene pérdidas en el cable de 5dB en los 50 metros de cable de ½" instalado en Payamino.

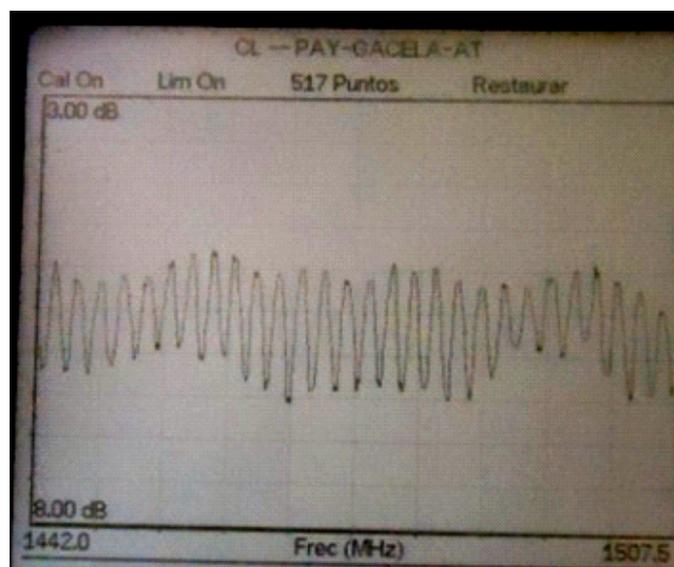


Figura 3.58: Pérdidas en el cable.

La siguiente figura 3.59 muestra que se tiene pérdidas de retorno de 11dB al acoplar el cable de ½” con la antena instalado en Payamino.

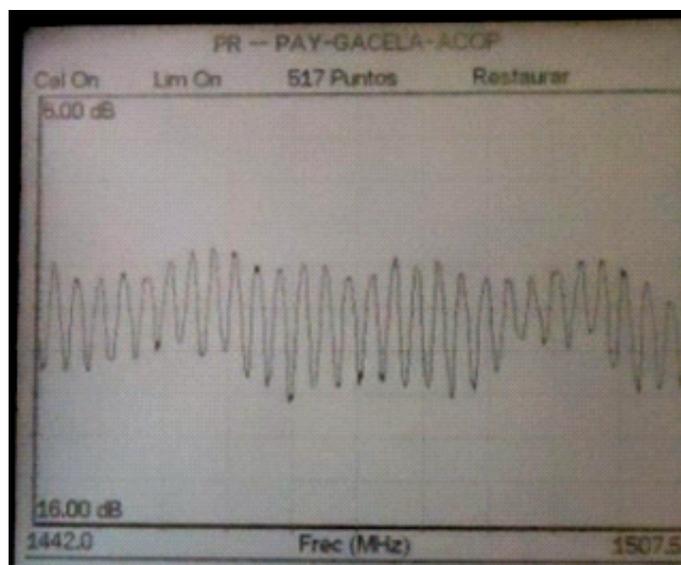


Figura 3.59: Pérdidas de Retorno.

3.3.1.10 Alineación de Antenas.

Al finalizar la instalación de todos los elementos que involucran el enlace, se procede a encender los radios MDS en ambos sitios y se observa en sus pantallas el nivel de señal que no siempre es el esperado o en el peor de los casos no se consigue levantar el enlace.

Debido a que inicialmente las antenas no es posible ubicarlas con el azimut exacto del diseño, siempre será necesario realizar la alineación de las mismas en los dos sitios (se sugiere tener fija la una mientras se mueve la otra y viceversa).

Para lo cual, desde el cuarto de equipos mediante handy se dicta a la persona que está en la torre los niveles de señal que se van obteniendo mientras va girando la antena en sentido vertical y horizontal, hasta conseguir levantar el enlace y con el mejor nivel.

3.3.1.11 Nivel de señal.

Podemos visualizar los valores de los enlaces mediante dos maneras:

- a) Podemos ver el resultado del nivel de señal de los enlaces en el panel frontal del radio MDS, tal como muestra la figura 3.60.



Figura 3.60: Nivel de señal en el display del Radio MDS.

- b) También se puede visualizar por medio de una laptop utilizando el puerto Ethernet los valores del enlace vía Browser o Web, utilizando la dirección IP del equipo. Los resultados obtenidos se muestran en la figura 3.61.

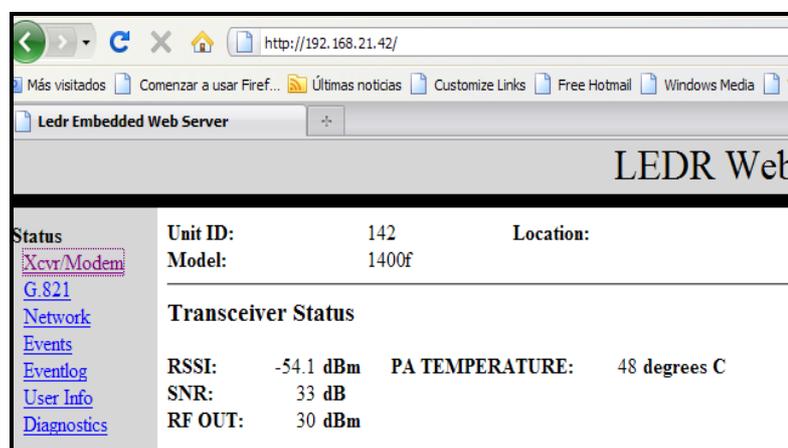


Figura 3.61: Nivel de señal, SNR y Potencia de salida vía Browser.

3.3.1.12 Etiquetación de Cables.

Para llevar un mejor control y seguimiento físico de un cable, se utilizaron etiquetas para reconocer un cable desde la antena hasta el cuarto de equipos. Se colocaron tres etiquetas por cable, una cerca de la antena, otra en la base de la torre y otra en el interior del cuarto de equipos (ver figura 3.62).



Figura 3.62: Etiquetación de cables.

3.3.1.13 Pruebas de Datos del Enlace.

Para realizar esta prueba contamos con el equipo RAD HBT, al cual se le configura para enviar bloques de 512bytes de datos por el enlace, se le deja corriendo durante varias horas (para nuestro caso se le dejo toda la noche).

Al día siguiente se recogen de la pantalla los resultados obtenidos, como es el caso de la cantidad de bloques enviados, cantidad de bits y bloques errados, errores de sincronismo y el tiempo ocupado durante la prueba.

A continuación se muestran en la figura 3.63 los resultados obtenidos de un enlace, al realizar la prueba durante toda la noche. La figura nos muestra que fueron recibidos $1,59 \times 10^8$ bloques de 512 Bytes y cero bloques errados; también nos indica que no hubo error en la secuencia y el tiempo corrido fue de 39929 segundos (11 horas); finalmente nos indica que no hubo pérdidas en el sincronismo ni tampoco hubo bits errados.



Figura 3.63: Prueba de Datos.

En base a estos datos se observa que al realizar esta prueba de datos por este enlace no se obtuvo bits errados.

Con este último ítem se termina la instalación del enlace, y es el mismo procedimiento utilizado en todos los enlaces.

3.3.2 INSTALACIÓN DE LOS RADIOENLACES

A continuación se presentan imágenes del trabajo de instalación realizado en cada una de las Estaciones de los Bloques 7 y 21.

3.3.2.1 Campamento Payamino

Este sitio es el Campamento principal de los Bloques 7 y 21, y es aquí en donde se instalaron la mayor cantidad de equipos y elementos. Mediante los pasos que se detallan a continuación se realizó la instalación de todo lo necesario para levantar los enlaces desde Campamento Payamino hacia Lobo3, Estación Coca, Gacela y 24 de Mayo.

- Se arman las antenas con la polarización respectiva para cada sitio.

- Antena de 3 pies hacia Lobo 3, con polarización Vertical.
 - Antena de 3 pies hacia Estación Coca, con polarización Vertical.
 - Antena de 3 pies hacia Gacela, con polarización Horizontal.
 - Antena de 6 pies hacia 24 de Mayo, con polarización Horizontal.
- Instalación de las cuatro antenas en la torre de 60 metros, utilizando los herrajes adecuados. A continuación se muestra en la figura 3.64 la fotografía con la ubicación final de las antenas en la torre del Campamento Payamino luego de realizar la alineación.



Figura 3.64: Instalación de antenas en Payamino.

- Instalación de los cuatro radios MDS y sus cuatro fuentes en el rack dentro del cuarto de equipos (figura 3.65).
 - Radio MDS de 2E1 hacia Lobo 3.
 - Radio MDS de 2E1 hacia Estación Coca.
 - Radio MDS de 4E1 hacia Gacela.
 - Radio MDS de 4E1 hacia 24 de Mayo.

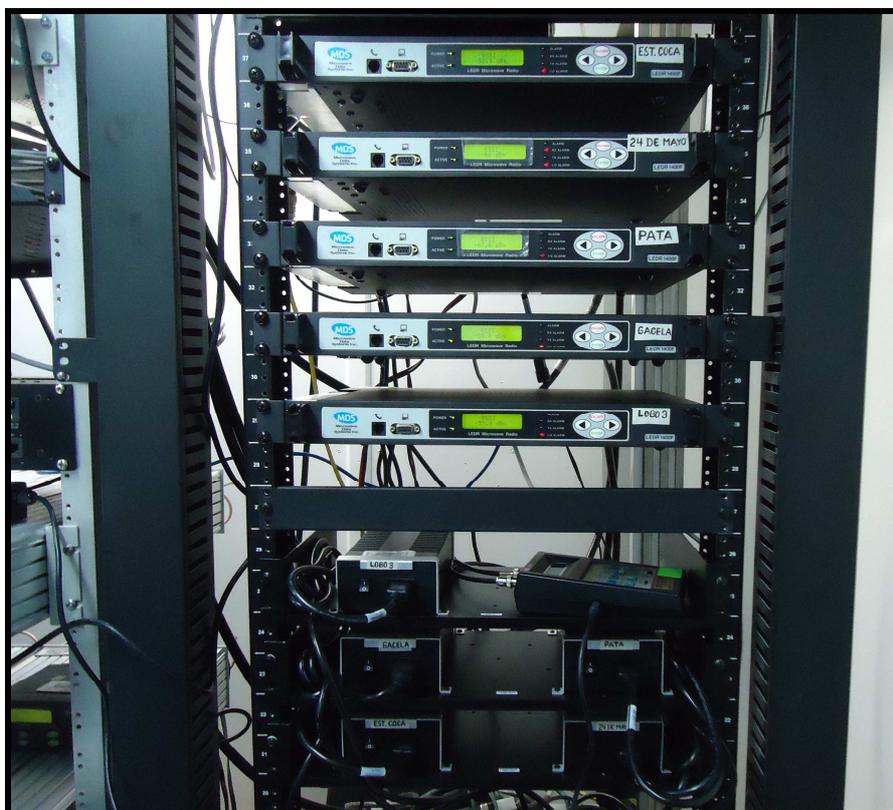


Figura 3.65: Radios MDS y Fuentes en Payamino.

- Instalación de conectores en los extremos de los cuatro cables HELIAX, por un lado el que se conecta a la antena y por el otro el que se conecta al Line Arrestor dentro del cuarto de equipos.
- Instalación de los cuatro cables HELIAX, acompañado de: hangers kit cada tres metros para fijarlos hacia la torre, Ground Kit para protección del equipo y etiquetas (figura 3.66).
 - Cable HeliAx de ½" hacia Lobo 3.
 - Cable HeliAx de ½" hacia Estación Coca.
 - Cable HeliAx de ½" hacia Gacela.
 - Cable HeliAx de 7/8" hacia 24 de Mayo.



Figura 3.66: Instalación de cables Heliax, Hangers kit, Ground Kit y etiquetas.

- Construcción de cuatro cables superflex de 2m de longitud cada uno.
- Interconexión del cable HELIAX con el Line Arrestor, cable Superflex y el radio MDS, tal como indica la figura 3.67.

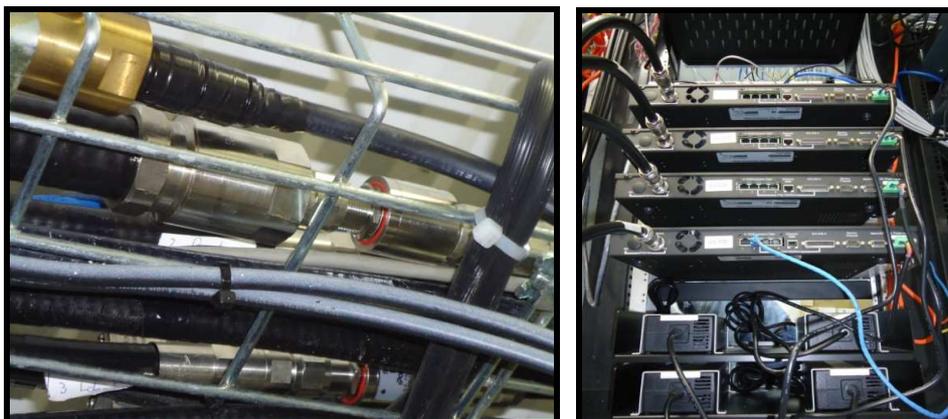


Figura 3.67: Interconexión cable Helix, Line Arrestor y Cable Superflex.

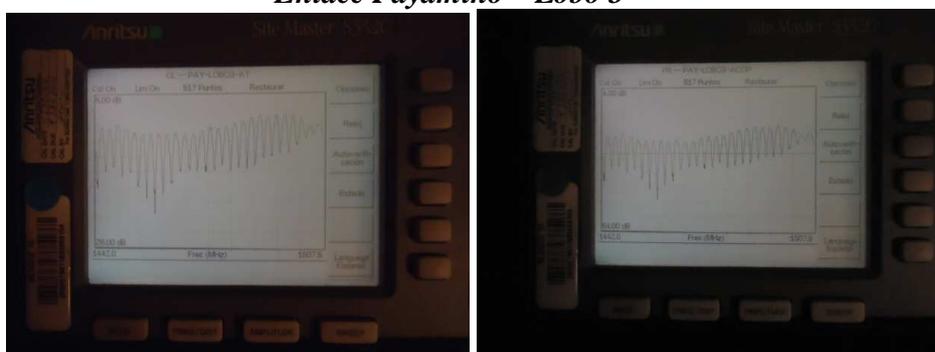
A continuación la tabla 3.11 que muestra un resumen de instalación de cables y antenas en Payamino. Hay que considerar que sólo para el enlace hacia 24 de Mayo se utilizó cable Helix de 7/8" y antenas de 6 pies porque la distancia entre los dos sitios es de 56,57Km.

| <i>Enlace hacia</i> | <i>Tipo de Cable</i> | <i>Tipo de antena</i> | <i>Altura en la torre</i> | <i>Polaridad</i> | <i>Radio</i> |
|---------------------|----------------------|-----------------------|---------------------------|------------------|--------------|
| Estación Coca | HELIAX ½ " | Mark, Grid 3" | 55 m | Vertical | MDS 2E1 |
| 24 de Mayo | HELIAX 7/8 " | Mark, Grid 6" | 54m | Horizontal | MDS 4E1 |
| Gacela | HELIAX ½ " | Mark, Grid 3" | 49 m | Horizontal | MDS 4E1 |
| Lobo 3 | HELIAX ½ " | Mark, Grid 3" | 47 m | Vertical | MDS 2E1 |

Tabla 3.11: Resumen de instalación de cables y antenas en Payamino.

Se realizan pruebas a los cuatro cables instalados en Payamino y se obtienen para cada enlace los resultados que muestran las siguientes imágenes:

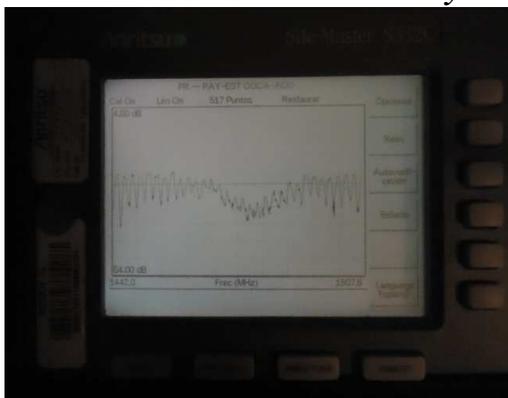
Enlace Payamino – Lobo 3



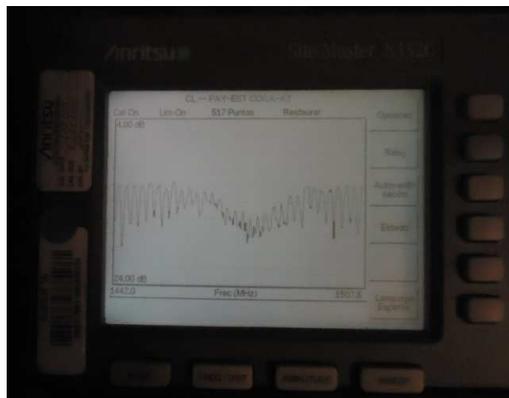
Pérdidas en el cable (izq.),

Pérdidas de retorno (der.)

Enlace Payamino – Estación Coca

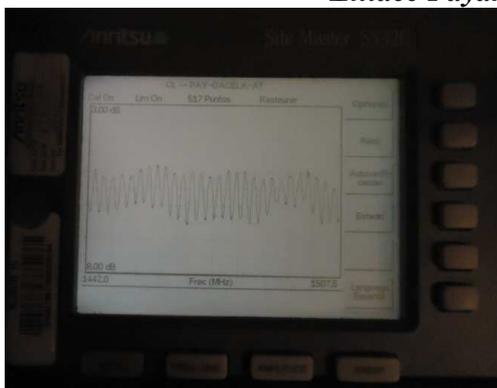


Pérdidas en el cable (izq.),

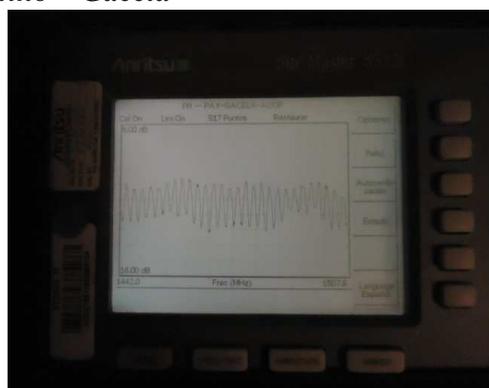


Pérdidas de retorno (der.)

Enlace Payamino – Gacela



Pérdidas en el cable (izq.),



Pérdidas de retorno (der.).

Enlace Payamino – 24 de Mayo.



Pérdidas en el cable.

A continuación la tabla 3.12 muestra un resumen de los valores que se obtienen de las imágenes anteriores al realizar las pruebas a los cables:

| <i>Enlace</i> | <i>Pruebas realizadas en el cable</i> | <i>Valores promedio</i> |
|--------------------------|---------------------------------------|-------------------------|
| Payamino – Lobo 3 | Pérdidas en el cable | 14 dB (con antena) |
| | Pérdidas de retorno | 20 ± 2 dB |
| Payamino – Estación Coca | Pérdidas en el cable | 14 dB (con antena) |
| | Pérdidas de retorno | 20 ± 2 dB |
| Payamino – Gacela | Pérdidas en el cable | 5.5 dB (sin antena) |
| | Pérdidas de retorno | 12 ± 2 dB |
| Payamino-24 de Mayo | Pérdidas en el cable | 3.20 dB (sin antena) |

Tabla 3.12: Resumen pruebas realizadas a los cables instalados en Payamino.

Luego de encender los equipos y alinear las antenas se consigue los siguientes resultados:

- En la figura 3.68 se muestran los valores obtenidos en el panel frontal de los radios MDS:



Figura 3.68: Nivel de señal de los cuatro enlaces desde Payamino.

- Desde la figura 3.69 hasta la 3.71 se muestran las imágenes obtenidas de los niveles de cada enlace vía browser o web:

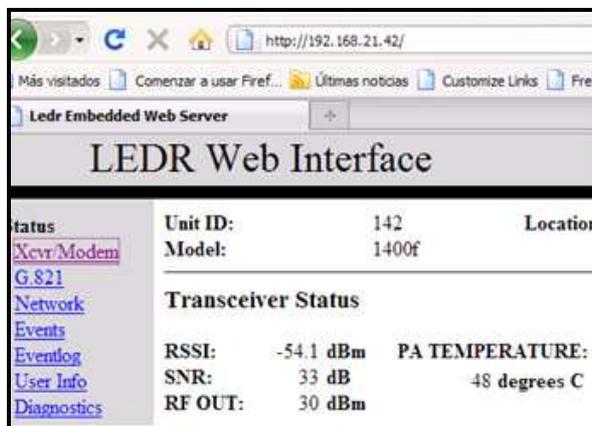


Figura 3.69: Nivel de señal, SNR y Potencia de salida (Payamino – Lobo 3)

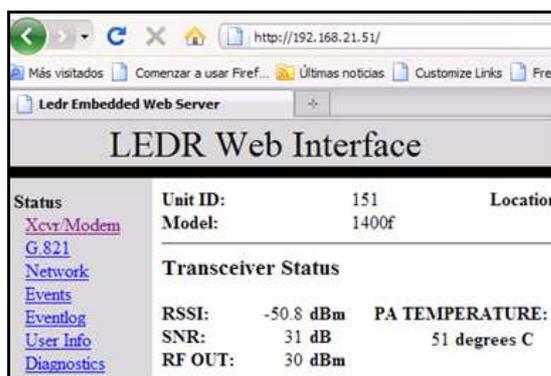


Figura 3.70: Nivel de señal, SNR y Potencia de salida (Payamino – Estación Coca)

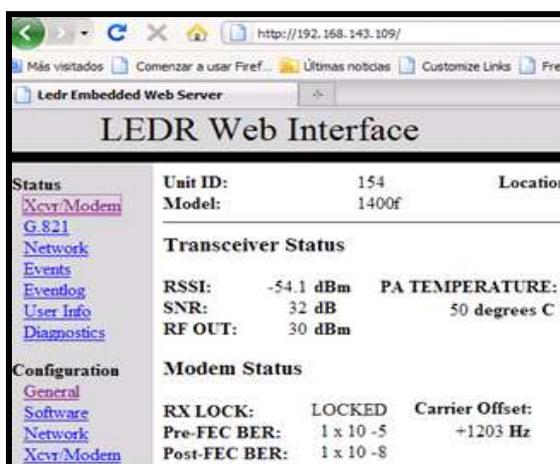


Figura 3.71: Nivel de señal, SNR y Potencia de salida (Payamino – Gacela)

En la tabla 3.13 se presenta un resumen con los valores de las imágenes anteriores.

| <i>Enlace</i> | P_{TX} | <i>Nivel de Señal</i> RX | <i>SNR</i> |
|--------------------------|----------|----------------------------|------------|
| Payamino – Lobo 3 | 30 dBm | -55.0 dBm | 33 dB |
| Payamino – Estación Coca | 30 dBm | -50.8 dBm | 32 dB |
| Payamino – Gacela | 30 dBm | -53.3 dBm | 33 dB |
| Payamino – 24 de Mayo | 30 dBm | -54.1 dBm | 33dB |

Tabla 3.13: Resumen de los enlaces de RF en Payamino

Las figuras 3.72, 3.73 y 3.74 muestran los resultados obtenidos al realizar las pruebas de datos a los tres enlaces, usando el equipo RAD HBT.



Figura 3.72: Prueba de Datos (Payamino - Estación Coca).



Figura 3.73: Prueba de Datos (Payamino - Lobo 3).



Figura 3.74: Prueba de Datos (Payamino - Gacela).

En las tres figuras anteriores se observa que no se presentaron bits errados durante las pruebas de datos realizadas a los tres enlaces.

3.3.2.2 Estación Coca

Se ensambla la antena de 3 pies con polarización Horizontal. Luego se instala en la torre de 42 metros para el enlace hacia Payamino, como se muestra en la figura 3.75 de la izquierda.

Se coloca en el rack el radio MDS de 2E1 y su fuente de 48Vdc, mediante dos tornillos cada uno, figura 3.75 de la derecha.



Figura 3.75: Instalación Antena (izq) y Radio MDS con su fuente en el rack (der).

Se instala el cable HELIAX de ½" y se fija el mismo hacia la torre mediante los Hangers kit. Se etiqueta el cable y se instala el Ground kit en la pared metálica de la caseta (figura 3.76).

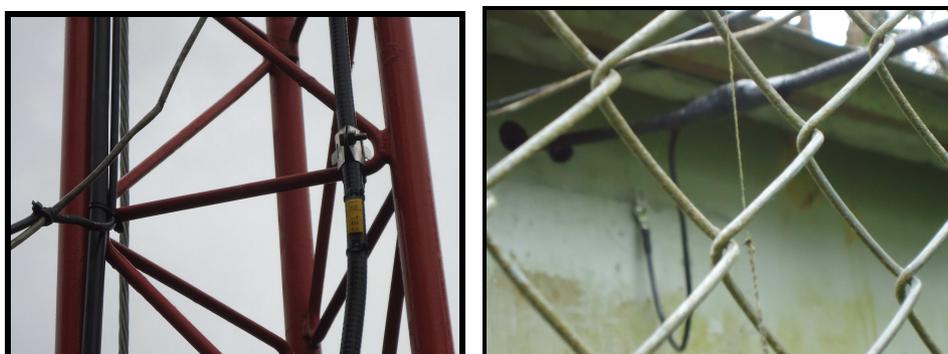


Figura 3.76: Instalación cable heliax, hangers kit, etiquetas y ground kit.

Instalación del Line Arrestor en la estructura metálica del rack de comunicaciones, para proteger los equipos (figura 3.77).



Figura 3.77: Instalación line arrestor en el rack y cable superflex.

Se arma el cable Superflex de aproximadamente 1,5 metros, el mismo que se interconecta entre el Line Arrestor y el radio MDS (figura 3.77).

En la tabla 3.14 mostramos un resumen de los elementos instalados.

| <i>Enlace</i> | <i>Tipo de Cable</i> | <i>Tipo de antena</i> | Polaridad | <i>Altura en la torre</i> | Radio |
|----------------------|----------------------|-----------------------|-----------|---------------------------|---------|
| Est. Coca - Payamino | HELIAX ½ " | Mark, Grid 3" | Vertical | 38 m | MDS 2E1 |

Tabla 3.14: Resumen de instalación en Estación Coca.

El nivel de señal alcanzado hacia Payamino se muestra en la figura 3.78:



Figura 3.78: Nivel se señal del enlace

En la tabla 3.15 se muestra los valores del enlace:

| <i>Enlace</i> | P_{TX} | <i>Nivel de Señal</i> RX | <i>SNR</i> |
|--------------------------|----------|----------------------------|------------|
| Estación Coca - Payamino | 30 dBm | -51.5 dBm | 32 dB |

Tabla 3.15: Resumen del enlace en Estación Coca.

3.3.2.3 Lobo 3

Se arma la antena de 3 pies con polarización horizontal y se instala en la torre de 33 metros para el enlace hacia Campamento Payamino. En la figura 3.79 también se muestra como se colocó en el rack el radio MDS de 2E1 y su fuente de 48Vdc.



Figura 3.79: Instalación de la antena, el radio MDS y su fuente en el rack.

En la figura 3.80 se muestra la instalación del cable HELIAX de ½”, hangers kit, ground kit en la torre y etiquetas.



Figura 3.80: Instalación Cable heliax, hangers kit, ground kit y etiquetas.

Se fabrica el cable Superflex de 1,5m. Las fotos de la figura 3.81 indican cómo se colocó el line arrestor en la base metálica del rack y la conexión del Line Arrestor con el radio MDS mediante el cable superflex.

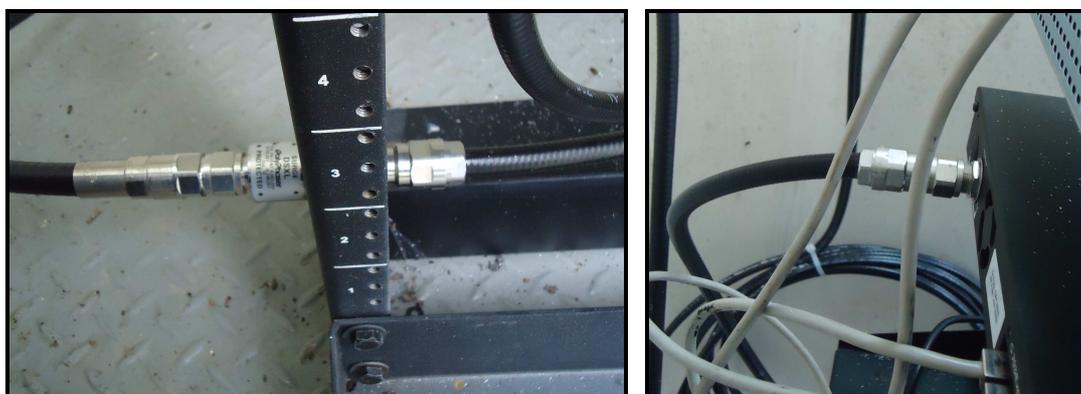


Figura 3.81: Conexión del cable superflex, line arrestor y radio.

A continuación un resumen en la tabla 3.16 de los elementos instalados.

| <i>Enlace</i> | <i>Tipo de Cable</i> | <i>Tipo de antena</i> | Polaridad | <i>Altura en la torre</i> | Radio |
|-------------------|----------------------|-----------------------|-----------|---------------------------|---------|
| Lobo 3 - Payamino | HELIAX ½ “ | Mark, Grid 3” | Vertical | 32 m | MDS 2E1 |

Tabla 3.16: Resumen de instalación en Lobo 3.

La figura 3.82 indica el nivel de señal alcanzado en el panel frontal del radio.



Figura 3.82: Nivel de señal del enlace.

La tabla 3.17 muestra un resumen del enlace Lobo 3 – Payamino.

| <i>Enlace</i> | P_{TX} | <i>Nivel de Señal</i> RX | SNR |
|-------------------|----------|----------------------------|-------|
| Lobo 3 – Payamino | 30 dBm | -55.30 dBm | 33 dB |

Tabla 3.17: Resumen del enlace de RF en Lobo 3.

Al realizar la prueba al cable instalado en Lobo3 se obtiene el siguiente resultado (figura 3.83):

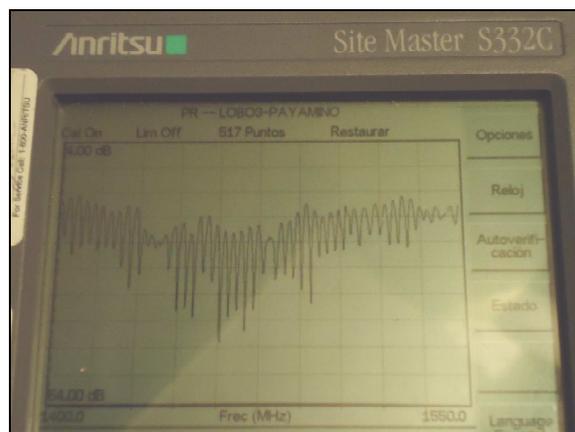


Figura 3.83: Pérdidas de retorno hacia Payamino.

De la figura 3.83 se obtiene el valor de -24dB de pérdidas de retorno, lo cual es un valor aceptable.

3.3.2.4 Gacela

Se inician los trabajos ensamblando las dos antenas, fijando al mismo tiempo las polaridades correspondientes a cada sitio. Luego de lo cual se instalan en la torre para los enlaces hacia Payamino y Oso A.

En la figura 3.84 se muestra la ubicación final de las antenas.

- Antena de 3 pies hacia Payamino, con polarización Vertical.
- Antena de 6 pies hacia Oso A, con polarización Vertical.



Figura 3.84: Antenas instaladas en la torre de Gacela.

Se instalan los dos radios MDS y sus dos fuentes de alimentación en el rack ubicado dentro del shelter (ver figura 3.85).

- Radio MDS de 4E1 hacia Payamino.
- Radio MDS de 4E1 hacia Oso A.



Figura 3.85: Radios MDS y Fuentes en Gacela.

Se mide y se corta la longitud de cada cable HELIAX y colocamos los cuatro conectores en sus extremos.

Instalación de los dos cables HELIAX junto con los Hangers kit cada tres metros, tal como indica la figura 3.86.

- Cable HELIAX de 1/2" hacia Payamino.
- Cable HELIAX de 7/8" hacia Oso A.



Figura 3.86: Instalación de los cables, hangers kit, ground kit y etiquetas.

En la figura 3.86 también se muestra la instalación de etiquetas y de dos Ground kit en la base de la torre.

Fabricación del cable Superflex de aproximadamente 2 metros, acompañado de sus dos conectores en sus extremos.

En la figura 3.87 se muestra la conexión del radio MDS con el Line Arrestor mediante el cable superflex.



Figura 3.87: Conexión del cable superflex en Gacela.

Se presenta la tabla 3.18 con el resumen de instalación en la Estación Gacela:

| <i>Enlace</i> | <i>Tipo de Cable</i> | <i>Tipo de antena</i> | <i>Altura en la torre</i> | <i>Radio</i> |
|-------------------|----------------------|-----------------------|---------------------------|--------------|
| Gacela – Payamino | HELIAX ½ “ | Mark, Grid 3” | 55 m | MDS 4E1 |
| Gacela-Oso A | HELIAX 7/8” | Mark, Grid 6” | 59 m | MDS 4E1 |

Tabla 3.18: Resumen de instalación en Gacela.

Al realizar las pruebas al cable instalado en Gacela hacia Oso A, se obtienen los siguientes resultados (figura 3.88):

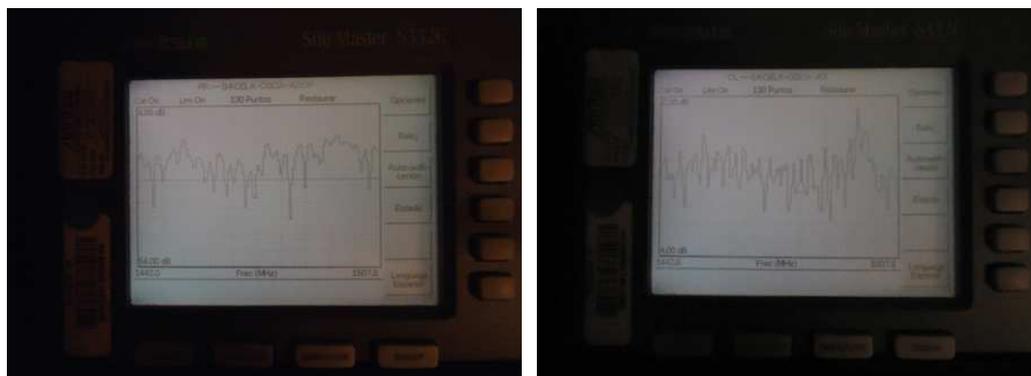


Figura 3.88: Pérdidas de retorno (der.) y Pérdidas en el cable (izq.)

Las imágenes de la figura 3.88 permiten obtener los valores de Atenuación y de Acoplamiento, que presentamos en la tabla 3.19:

| <i>Enlace</i> | <i>Pruebas realizadas en el cable</i> | <i>Valores promedio</i> |
|---------------|---------------------------------------|-------------------------|
| Gacela-Oso A | Atenuación y pérdidas de inserción | 3.5 dB (sin antena) |
| | Acoplamiento | 29 ±2 dB |

Tabla 3.19: Resumen de pruebas realizadas a los cables instalados en Gacela.

Se observa en la pantalla del radio MDS el nivel de señal obtenido para el enlace Gacela-Payamino (figura 3.89).



Figura 3.89: Nivel de señal del enlace Gacela-Payamino.

Enseguida se muestra en la tabla 3.20 el resumen de los niveles de señal obtenidos desde Gacela hacia Payamino y Oso A.

| <i>Enlace</i> | <i>P_{TX}</i> | <i>Nivel de Señal_{RX}</i> | <i>SNR</i> |
|-------------------|-----------------------|------------------------------------|------------|
| Gacela – Payamino | 30 dBm | -55.80 dBm | 33 dB |
| Gacela-Oso A | 30 dBm | -53.30 dBm | 32 dB |

Tabla 3.20: Resumen de los enlaces en Gacela.

3.3.2.5 Oso A

Se comienza armando las dos antenas designadas para este sitio, con sus respectivas polaridades. Luego se instalan las antenas en la torre de 42 metros con sus respectivos herrajes.

- Antena de 3 pies hacia Oso CPF, con polarización Vertical.
- Antena de 6 pies hacia Gacela, con polarización Vertical.

Luego de alinear con los dos sitios remotos quedaron instaladas en la posición final que se muestra en la figura 3.90.



Figura 3.90: Antenas instaladas en la torre de Oso A.

La figura 3.91 muestra como se instalaron los dos radios MDS con sus respectivas fuentes de energía en el rack.

- Radio MDS de 4E1 hacia Gacela.
- Radio MDS de 4E1 hacia Oso CPF.

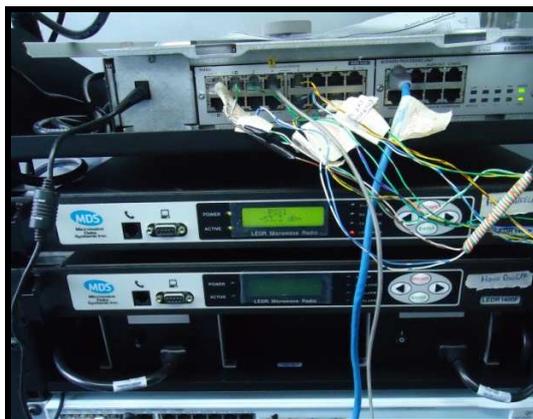


Figura 3.91: Radios MDS y Fuentes en el rack de Oso A.

Se mide y se corta la longitud necesaria de cada cable HELIAX, y se coloca los cuatro conectores en sus extremos. Luego se instala el cable HELIAX desde la antena hasta el shelter acompañados de los Hangers kit cada tres metros.

- Cable HELIAX de ½" hacia Oso CPF.
- Cable HELIAX de 7/8" hacia Gacela.

Se instalan los dos Ground kit (uno en cada cable) y se conectan a la base de la torre.

Se fabrica el cable Superflex de aproximadamente 1,5 metros (se colocan los dos conectores en sus extremos) para interconectar el radio MDS con el Line Arrestor, tal como indica la figura 3.92. En este sitio no existe una platina aterrizada a tierra por lo que no se deja fijo el Polyphaser.



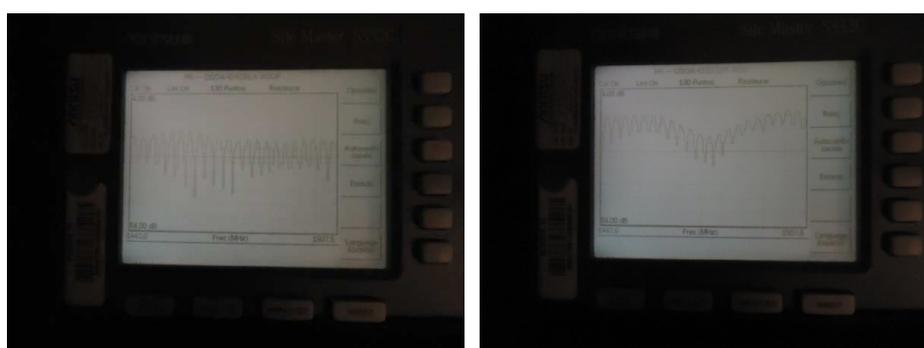
Figura 3.92: Conexión del Line Arrestor y el Cable Superflex.

A continuación se muestra en la tabla 3.21 un resumen de instalación de las antenas y cables:

| <i>Enlace</i> | <i>Tipo de Cable</i> | <i>Tipo de antena</i> | <i>Altura en la torre</i> |
|---------------|----------------------|-----------------------|---------------------------|
| Oso A-Gacela | HELIAX 7/8 " | Mark, Grid 6" | 41 m |
| Oso A-Oso CPF | HELIAX 1/2" | Mark, Grid 3" | 37 m |

Tabla 3.21: Resumen de instalación (cables y antenas) en Oso A.

Se realizan pruebas de acoplamiento a los dos cables instalados en Oso A y se obtienen los siguientes resultados (figura 3.93):



Oso A - Gacela

Oso A - Oso CPF

Figura 3.93: Perdidas por Acoplamiento en Oso A.

De la figura 3.93 se obtienen los valores de las pruebas de acoplamiento realizadas a los dos cables y se muestran en la tabla 3.22 un resumen:

| <i>Enlace</i> | <i>Pruebas realizadas en el cable</i> | <i>Valores promedio</i> |
|----------------|---------------------------------------|-------------------------|
| Oso A-Gacela | Acoplamiento | 20 ±2 dB |
| Oso A- Oso CPF | Acoplamiento | 18 ±2 dB |

Tabla 3.22: Resumen de pruebas realizadas a los cables instalados en Oso A.

Luego de alinear entre los dos sitios se consigue el nivel de señal del enlace Oso A – Gacela que se muestra en la pantalla del radio MDS de la figura 3.94.



Figura 3.94: Nivel de señal del enlace Oso A-Gacela.

En la tabla 3.23 se muestra un resumen de los niveles de señal obtenidos:

| <i>Enlace</i> | <i>P_{TX}</i> | <i>Nivel de Señal_{RX}</i> | <i>SNR</i> |
|---------------|-----------------------|------------------------------------|------------|
| Oso A- Gacela | 30 dBm | -53.30 dBm | 33 dB |
| Oso A-Oso CPF | 30 dBm | -68.10 dBm | 31 dB |

Tabla 3.23: Resumen de los enlaces de RF en Oso A.

Los resultados obtenidos al realizar las pruebas de datos, usando el equipo RAD HBT son los que se muestran en la figura 3.95.



Figura 3.95: Prueba de Datos en Oso A-Gacela.

En la figura 3.95 se observa que al pasar la prueba de datos al enlace no se produjeron errores.

3.3.2.6 Oso CPF

Se arman las tres antenas para enlazar los sitios de Oso A, Oso 9 y Jaguar, teniendo en cuenta la polaridad para cada una de ellas.

- Antena de 3 pies hacia Oso A, con polaridad Vertical.
- Antena de 3 pies hacia Oso 9, con polaridad Vertical.
- Antena de 3 pies hacia Jaguar, con polaridad Vertical.

A continuación la figura 3.96 muestra la altura final a la que fueron ubicadas las antenas en la torre de 60 metros, luego de ser alineadas.



Figura 3.96: Antenas instaladas en la torre de Oso A.

En la figura 3.97 se muestra como se colocaron en el rack los tres radios MDS y sus tres fuentes.

- Radio MDS de 4E1 hacia Oso A.
- Radio MDS de 2E1 hacia Oso 9.
- Radio MDS de 4E1 hacia Jaguar.



Figura 3.97: Radios MDS y Fuentes instalados en el rack de Oso A.

Instalación de los tres cables HELIAX desde las antenas hacia el Shelter (figura 3.98). Para lo cual se mide y se corta la longitud necesaria de los tres cables HELIAX, y se colocan los dos conectores en los extremos de cada cable.

- Cable HELIAX de ½" hacia Oso A.
- Cable HELIAX de ½" hacia Oso 9.
- Cable HELIAX de ½" hacia Jaguar.



Figura 3.98: Instalación de los tres cables Heliax de ½".

Colocación de los Hangers kit cada tres metros e instalación de tres Ground kit (uno en cada cable), los cuales van conectados en la base de la torre.

Fabricación de tres cables Superflex de aproximadamente 3 metros de longitud, en total se utilizaron 6 conectores para los mismos.

En la figura 3.99 se observa la conexión de los tres cables Superflex desde el Line Arrestor hasta los tres radios MDS.

- Tres cables Superflex.
- Tres Line Arrestor en el interior del shelter.

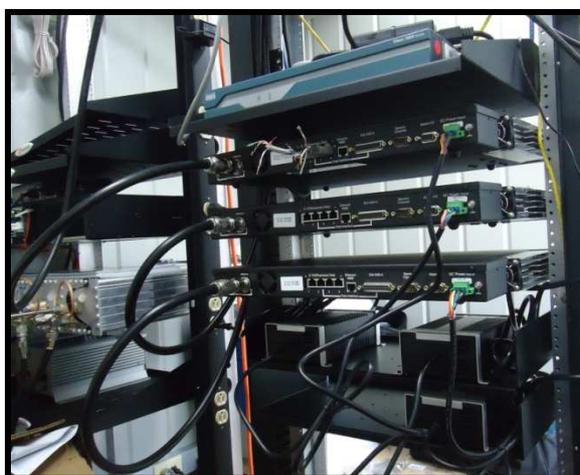


Figura 3.99: Conexión del cable superflex.

A continuación la tabla 3.24 con el resumen de instalación de cables y antenas en Oso CPF.

| <i>Enlace</i> | <i>Tipo de Cable</i> | <i>Tipo de antena</i> | <i>Altura en la torre</i> |
|----------------|----------------------|-----------------------|---------------------------|
| Oso CPF-Oso A | HELIAX ½ “ | Mark, Grid 3” | 49 m |
| Oso CPF-Oso 9 | HELIAX ½ “ | Mark, Grid 3” | 57 m |
| Oso CPF-Jaguar | HELIAX ½ “ | Mark, Grid 3” | 56 m |

Tabla 3.24: Resumen de instalación (cables y antenas) Oso CPF.

Se realiza pruebas a los cables instalados en Oso CPF y se obtienen los resultados que se muestran en las figuras 3.100 y 3.101:

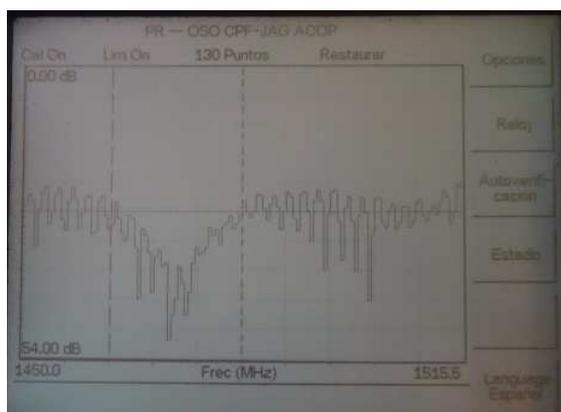


Figura 3.100: Pérdidas por Acoplamiento Oso CPF - Jaguar.

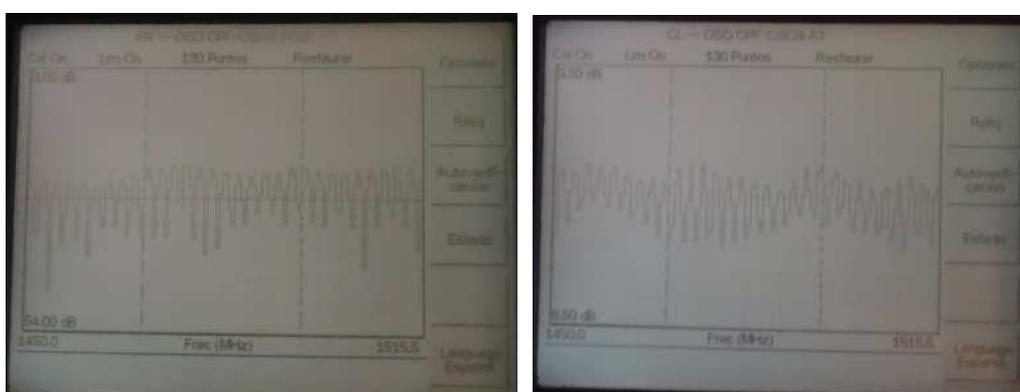


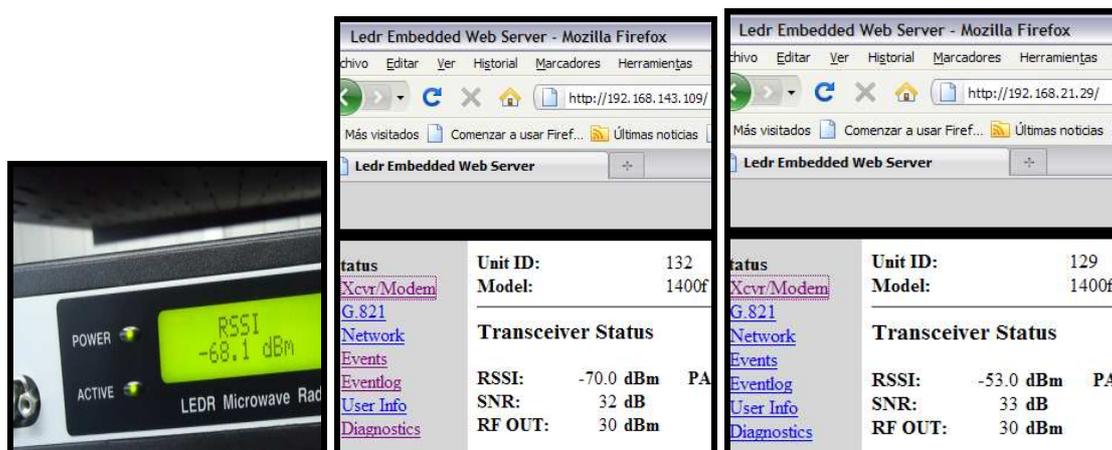
Figura 3.101: Pérdidas por Acoplamiento (der.) y pérdidas en el cable (izq.).

En la tabla 3.25 se indican los valores de atenuación y acoplamiento que se obtienen de las imágenes de las figuras 3.100 y 3.101.

| <i>Enlace</i> | <i>Pruebas realizadas en el cable</i> | <i>Valores promedio</i> |
|----------------|---------------------------------------|-------------------------|
| Oso CPF-Jaguar | Acoplamiento | 27 ± 2 dB |
| Oso CPF-Oso 9 | Acoplamiento | 24 ± 2 dB |
| | Atenuación y pérdidas por inserción | 6 dB |

Tabla 3.25: Resumen de pruebas realizadas a los cables instalados en Oso CPF.

Se muestra en la figura 3.102 el nivel de señal obtenido en la pantalla del radio MDS y en la laptop vía browser para los dos enlaces.



OSO CPF - OSO A **OSO CPF - OSO 9**
Figura 3.102: Nivel de Señal, SNR y Potencia de Salida.

Los resultados obtenidos al realizar las pruebas de datos, usando el equipo RAD HBT son los mostrados en las figuras 3.103 y 3.104:



Figura 3.103: Pruebas de Datos Oso CPF-Oso A



Figura 3.104: Pruebas de Datos Oso CPF-Oso 9

Como se puede ver en las figuras 3.103 y 3.104, luego de realizar las pruebas de datos a los enlaces no se produjeron bits errados.

En la figura 3.105 se muestra la configuración de los dos radios, en cuanto a la dirección IP, máscara y Gateway.

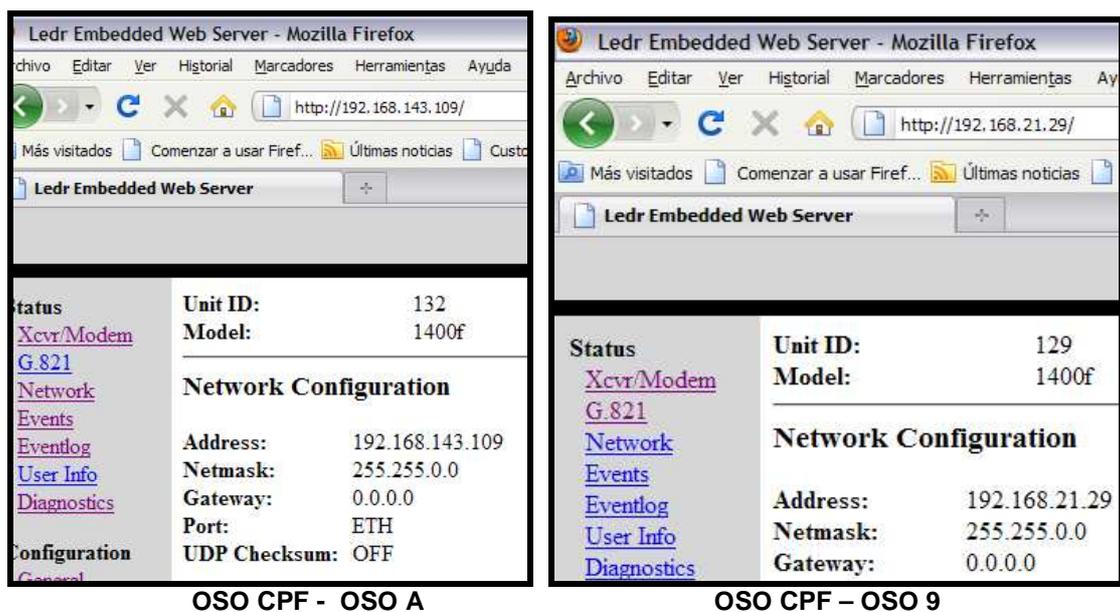


Figura 3.105: Configuración de Red

En la tabla 3.26 se muestra el resumen de los niveles de señal para cada enlace:

| <i>Enlace</i> | P_{TX} | <i>Nivel de Señal</i> RX | <i>SNR</i> |
|---------------|----------|----------------------------|------------|
| Oso CPF-Oso A | 30 dBm | -70.00 dBm | 32 dB |
| Oso CPF-Oso 9 | 30 dBm | -53.00 dBm | 33 dB |

Tabla 3.26: Resumen de los enlaces de RF en Oso CPF.

3.3.2.7 Oso 9

Se arma la antena a ser instalada, con polaridad vertical. En la figura 3.106 se observa la vista superior de la antena de 3 pies ubicada en la torre de Oso 9, que enlaza con Oso CPF.



Figura 3.106: Antena instalada en la torre de Oso 9.

Se ubica el radio MDS de 2E1 en el rack junto con su fuente de poder de 48Vdc, esto se puede ver en la figura 3.107.



Figura 3.107: Radios MDS y fuentes instalados en el rack de Oso 9.

A continuación en la figura 3.108 se muestra la conexión del Radio MDS con el Line Arrestor utilizando el cable Superflex.



Figura 3.108: Conexión del cable superflex.

La fotografía de la figura 3.109 muestra la manera como se unió el Ground Kit del un extremo al cable HeliAx y del otro a la torre con la finalidad de proteger al equipo.



Figura 3.109: Conexión del Ground Kit a la torre.

La tabla 3.27 muestra un resumen de instalación del cable y la antena.

| <i>Enlace</i> | <i>Tipo de Cable</i> | <i>Tipo de antena</i> | <i>Altura en la torre</i> |
|---------------|----------------------|-----------------------|---------------------------|
| Oso 9-Oso CPF | HELIAX ½ " | Mark, Grid 3" | 40 m |

Tabla 3.27: Resumen de instalación (cables y antenas) Oso 9.

En la figura 3.110 se muestra el resultado de las pérdidas de acoplamiento realizadas al cable instalado en Oso 9, acompañado de la tabla 3.28 que muestra un resumen de las pruebas realizadas.

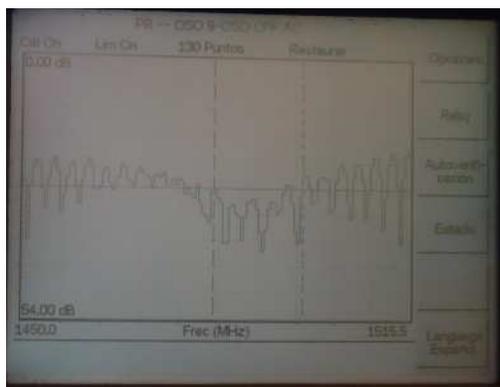


Figura 3.110 Pérdidas por Acoplamiento en Oso 9.

| Enlace | Pruebas realizadas en el cable | Valores promedio |
|---------------|--------------------------------|------------------|
| Oso 9-Oso CPF | Acoplamiento | 27 ±2 dB |

Tabla 3.28: Resumen de pruebas al cable en Oso 9.

El nivel de señal que se consiguió entre Oso 9 y Oso CPF, se muestra en la figura 3.111.

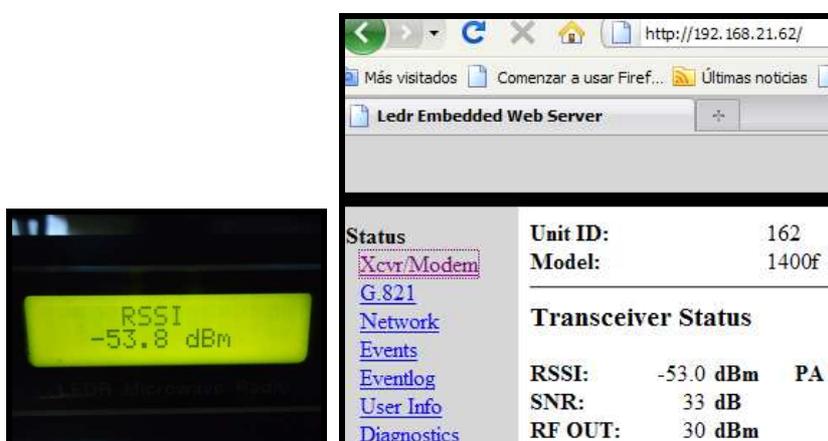


Figura 3.111: Nivel de Señal, SNR, Potencia de Salida (OSO 9 – OSO CPF).

A continuación en la figura 3.112 se observa la configuración de la dirección IP, la máscara y el gateway para el radio instalado en Oso 9.

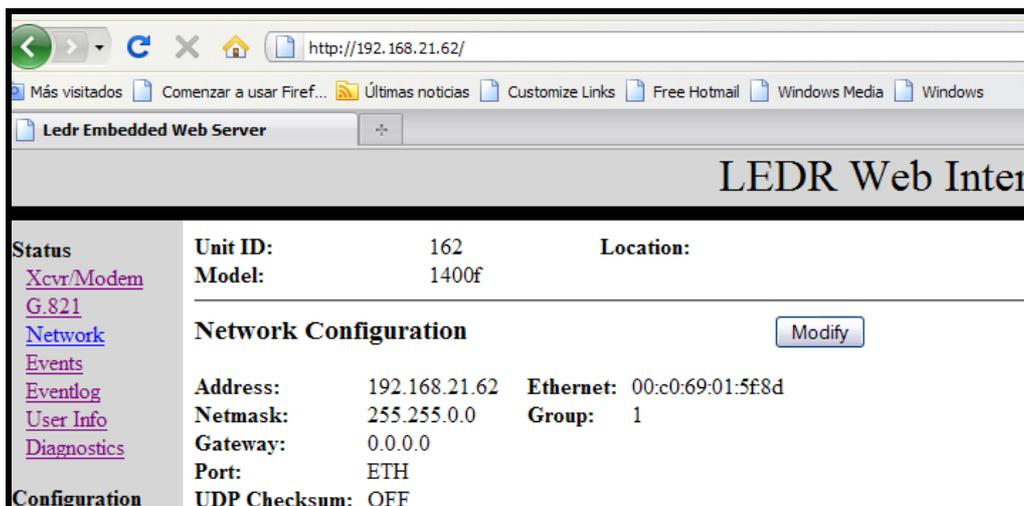


Figura 3.112: Configuración de Red (OSO 9 – OSO CPF).

3.3.2.8 Jaguar

Se inicia armando las dos antenas con su respectiva polaridad.

En la figura 3.113 se muestran las antenas instaladas, para enlazar los sitios de Oso CPF y Mono CPF.

- Antena de 3 pies hacia Oso CPF, polaridad Vertical.
- Antena de 3 pies hacia Mono CPF, polaridad Vertical.



Figura 3.113: Antenas instaladas en la torre de Jaguar.

Se mide y corta la longitud necesaria de cable HeliAx y se colocan los conectores en sus extremos (total 4 conectores).

Se realiza la instalación del cable HeliAx de ½" en la torre de 60 metros, tal como indica la figura 3.114.

- Cable HELIAX de ½" hacia Oso CPF.
- Cable HELIAX de ½" hacia Mono CPF.



Figura 3.114: Instalación del cable HeliAx de ½".

La figura 3.115 muestra la manera como se fijaron los dos radios MDS y sus dos fuentes, en el rack de comunicaciones.

- Radio MDS de 4E1 hacia Oso CPF.
- Radio MDS de 2E1 hacia Mono CPF.



Figura 3.115: Radios MDS y fuentes en el rack de Jaguar.

La figura 3.116 muestra como se fijaron los cables de HeliAx a la torre mediante los Hangers Kit, separados cada tres metros.

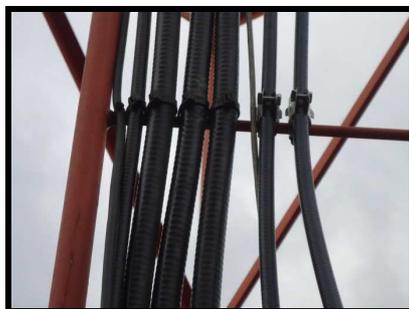


Figura 3.116: Instalación de los Hangers Kit.

La tabla 3.29 muestra el resumen de cables y antenas instaladas en este sitio:

| <i>Enlace</i> | <i>Tipo de Cable</i> | <i>Tipo de antena</i> | <i>Altura en la torre</i> |
|-----------------|----------------------|-----------------------|---------------------------|
| Jaguar-Oso CPF | HELIAX ½ “ | Mark, Grid 3” | 59 m |
| Jaguar-Mono CPF | HELIAX ½ “ | Mark, Grid 3” | 59 m |

Tabla 3.29: Resumen de instalación (cables y antenas) Jaguar.

En la figura 3.117 se muestran los resultados que se obtuvieron, para el enlace Jaguar y Oso CPF nivel de -76,2dBm; y entre Jaguar y Mono CPF -65,0dBm.



Figura 3.117: Nivel de señal de los enlaces desde Jaguar.

A continuación la tabla 3.30 muestra los niveles de señal de los dos enlaces:

| <i>Enlace</i> | P_{TX} | <i>Nivel de Señal</i> R_X | <i>SNR</i> |
|-----------------|----------|-----------------------------|------------|
| Jaguar-Oso CPF | 30 dBm | -76.00 dBm | 31 dB |
| Jaguar-Mono CPF | 30 dBm | -65.00 dBm | 32 dB |

Tabla 3.30: Resumen de los enlaces de RF en Jaguar.

Se realiza pruebas al cable instalado en Jaguar y se obtiene como resultado 29dB de Pérdida de Retorno, que se muestra en la figura 3.118.

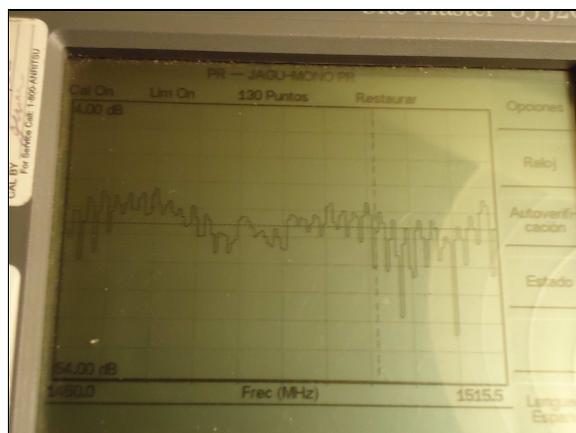


Figura 3.118: Pérdidas de Retorno.

Los resultados obtenidos al realizar las pruebas de datos, usando el equipo RAD HBT son los mostrados en las figura 3.119. En la cual se observa que no se obtuvieron bits errados luego de pasar la prueba.

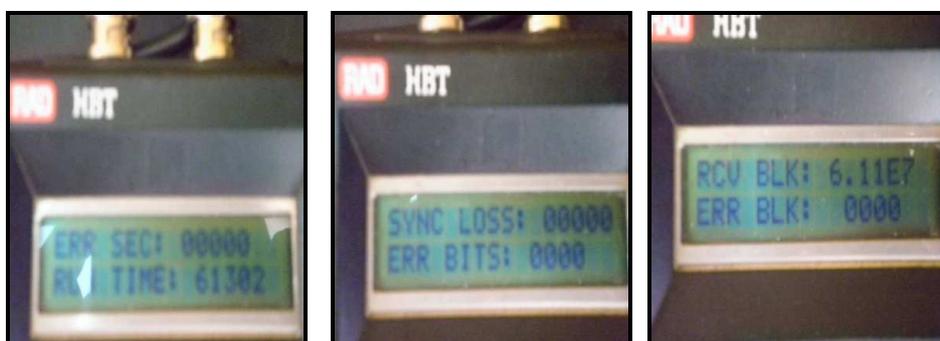


Figura 3.119: Pruebas de Datos Jaguar-Oso CPF.

3.3.2.9 Mono CPF

Se arma la antena de 3 pies con polaridad vertical. Luego se instala en la torre de 90 metros para el enlace hacia Jaguar. En la figura 3.120 se muestra la posición final a la que se colocó la antena luego de ser alineada.



Figura 3.120: Ubicación definitiva de la antena en la torre.

Se instala el radio MDS de 2E1 en el rack dentro de la caseta, acompañada de su fuente de 48Vdc (figura 3.121).



Figura 3.121: Antena instalada en la torre de Mono CPF.

Se coloca los conectores en el cable Heliacx de ½" y se instala en la torre desde la antena hasta la caseta, sujetándole con los Hangers kit cada tres metros.

Se fabrica el cable Superflex de aproximadamente 1,5 metros utilizando dos conectores. Luego es conectado entre el radio MDS y el Line Arrestor, tal como indica la figura 3.122.



Figura 3.122: Conexión del cable superflex.

La figura 3.123 presenta una fotografía que muestra la conexión del cable Heliax hacia la platina de cobre de la torre mediante el Ground Kit.



Figura 3.123: Conexión del Ground kit hacia la torre.

La tabla 3.31 muestra el resumen de la instalación del cable y la antena:

| <i>Enlace</i> | <i>Tipo de Cable</i> | <i>Tipo de antena</i> | <i>Altura en la torre</i> |
|-----------------|----------------------|-----------------------|---------------------------|
| Mono CPF-Jaguar | HELIAX ½ “ | Mark, Grid 3” | 88 m |

Tabla 3.31: Resumen de instalación (cables y antenas) Mono CPF.

Se realiza pruebas a los cables instalados en Mono CPF y se obtienen los siguientes resultados (figura 3.124):

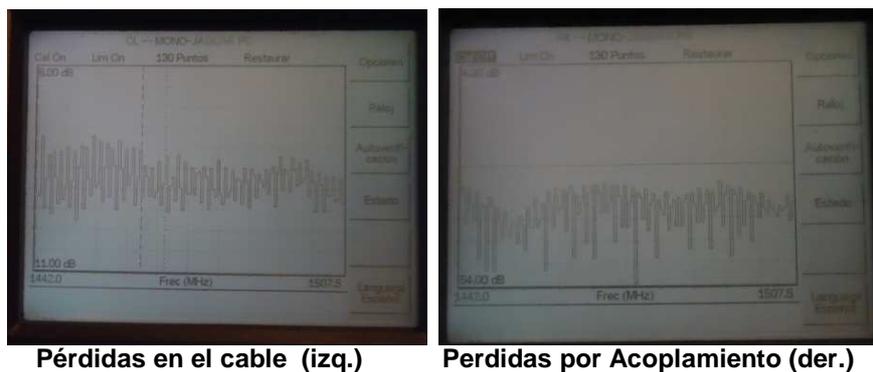


Figura 3.124: Pruebas realizadas al cable.

De las dos imágenes de la figura 3.124 se obtienen los valores (tabla 3.32) de las pruebas de acoplamiento y atenuación realizadas al cable.

| <i>Enlace</i> | <i>Pruebas realizadas en el cable</i> | <i>Valores promedio</i> |
|-----------------|---------------------------------------|-------------------------|
| Mono CPF-Jaguar | Acoplamiento | 35 ± 2 dB |
| | Atenuación y pérdidas por inserción | 8.5 dB |

Tabla 3.32: Resumen de pruebas realizadas a los cables instalados (Mono CPF)

Observamos en la pantalla del radio MDS el nivel de señal obtenido entre Mono CPF y Jaguar (figura 3.125).



Figura 3.125: Nivel de señal del enlace Mono CPF-Jaguar.

Los resultados obtenidos al realizar las pruebas de datos, usando el equipo RAD HBT, son los que se muestran en la figura 3.126.



Figura 3.126: Prueba de Datos Mono CPF-Jaguar.

3.3.2.10 24 de Mayo

Se instalan las dos antenas con sus herrajes respectivos (figura 3.127), bajo las siguientes características:

- Antena de 6 pies con Polaridad Horizontal hacia Payamino.
- Antena de 6 pies con Polaridad Vertical hacia Yuralpa.



Figura 3.127: Antenas instaladas en 24 de Mayo.

Se instalan los dos radios MDS con sus fuentes, tal como indica la figura 3.128, con las siguientes características:

- Radio MDS de 4E1 hacia Payamino.
- Radio MDS de 4E1 hacia Yuralpa.



Figura 3.128: Radios MDS instalados en 24 de Mayo.

Se instala los dos cables heliax de 7/8", acompañados de los Hangers Kit y etiquetas (figura 3.129), con el siguiente detalle:

- 27 hangers kits para el cable 7/8" hacia Payamino.
- 27 hangers kits para el cable 7/8" hacia Yuralpa.



Figura 3.129: Instalación del cable Heliax, hanger kit y etiquetas en 24 de Mayo.

Instalación de dos Ground Kit y dos Cables Superflex de 3 metros cada uno, tal como indica la figura 3.130:

- Un Ground Kit en el cable hacia Payamino en la base de la torre.
- Un Ground Kit en el cable hacia Yuralpa en la base de la torre.



Figura 3.130: Instalación de ground kit y cable superflex en 24 de Mayo.

Nivel de señal obtenido hacia Yuralpa y Payamino desde 24 de Mayo son los mostrados en la figura 3.131:



Figura 3.131: Niveles de señal en 24 de Mayo.

3.3.2.11 Yuralpa

A continuación en la figuras 3.132, 3.133 y 3.134 los equipos y elementos instalados en la torre de 72m y en el cuarto de equipos de Yurapa.

- Antena de 6 pies con polaridad Vertical.



Figura 3.132: Antena instalada en Yuralpa.

- Radio MDS de 4E1 hacia 24 de Mayo y Fuente de 48 Vdc.



Figura 3.133: Radio MDS instalado en Yuralpa.

- Cable Heliax de 7/8", 23 Hangers Kit, 3 etiquetas para identificar el cable, un Cable superflex de 3 metros de longitud y un polyfaser.



Figura 3.134: Cable Heliax, superflex, hanger Kit, etiquetas y poliphaser en Yuralpa.

El nivel de señal que se obtuvo hacia 24 de Mayo desde Yuralpa se muestra en la figura 3.135:



Figura 3.135: Nivel de señal en Yuralpa.

3.3.3 CRONOGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN DE LOS ENLACES.

Previo a la implementación del proyecto se realizaron varias etapas que se incluyen dentro del cronograma:

a) Diseño de los radioenlaces

Desde el 7 de Abril hasta el 30 de Junio del 2010 se inicia el estudio y diseño de los radioenlaces.

b) Trámite de Frecuencias

En los meses de Julio y Agosto del 2010 se realiza lo siguiente:

- Entrega de información del diseño del Proyecto.
- Elaboración de Formulario.
- Ingreso de trámite a la SENATEL.
- Asignación de frecuencias.
- Pago de frecuencias

c) Proceso de Compra

Desde el mes de Septiembre hasta el mes de Diciembre del 2010:

- Ingreso de solicitud de compra de los equipos en Petroamazonas.
- Emisión y entrega de la Orden de compra.
- Entrega de anticipo.
- Importación de equipos.
- Prueba de equipos en laboratorio.

d) Almacenamiento de Equipos y elementos

En el mes de Enero del 2011:

- Se transportan vía terrestre hasta el bloque 7.
- Se guarda en las Bodegas del Campamento Payamino.

e) Implementación de los Radioenlaces

La implementación se realizó en dos fases.

PRIMERA FASE

La primera fase de instalación se realizó desde el 21 de Febrero hasta el 2 de Marzo del 2011:

Lunes 21 y martes 22 de febrero del 2011: Ingreso al Campamento Payamino del bloque 7.

Se recibe el curso de inducción (obligatorio): Se trata de un video que muestra las normas que se debe cumplir dentro de los Campamentos.

Se realiza el curso de manejo preventivo obligatorio para las personas que poseen licencia de conducir.

Se retiran los materiales de bodega para proceder con las instalaciones.

Miércoles 23 y jueves 24: Se realiza la instalación de los equipos y elementos en los sitios: Campamento Payamino y Lobo 3.

Viernes 25: Se realiza la instalación de los equipos y elementos en los sitios: Estación Coca y Gacela.

Sábado 26: Se realiza la instalación de los equipos y elementos en Oso A.

Domingo 27: Se realiza la instalación de equipos y elementos en Oso CPF.

Lunes 28 de Febrero y martes 1 de marzo: Se realiza la instalación de los equipos y elementos en los siguientes sitios: Oso 9 y Jaguar.

Miércoles 2: Se realiza la instalación de equipos y elementos en Mono CPF.

SEGUNDA FASE

Del Jueves 7 al sábado 9 de Abril: En esta fecha comienza la segunda fase. Se realiza la instalación de los equipos y elementos en 24 de Mayo.

Domingo 10 y lunes 11 de Abril: Se realiza la instalación de los equipos y elementos en Yuralpa.

- f) **Entrega del Proyecto:** En el mes de Junio del 2011 se entrega el Informe General junto con la Memoria Técnica del Proyecto. Finalmente se realiza el cierre del Proyecto.

A continuación en la figura 3.136, el personal que estuvo a cargo de la instalación del Proyecto.



Figura 3.136: Personal especializado responsable de la implementación.

En la fotografía se encuentran tanto el personal de FULLDATA dedicado a la configuración de los equipos, como el personal de SOLUCIMET quienes tienen experiencia de trabajos en torres e instalación de antenas.

En la figura 3.137 se presenta un diagrama con la mayor cantidad de información posible de cómo quedaron los radioenlaces después de instalados. En donde consta: nombre de los sitios, altura de las torres, distancias, frecuencias de TX y RX, nivel de señal obtenido, capacidad del enlace, tamaño de antenas, polaridad de antenas, tipo de cable Heliax, direcciones IP.

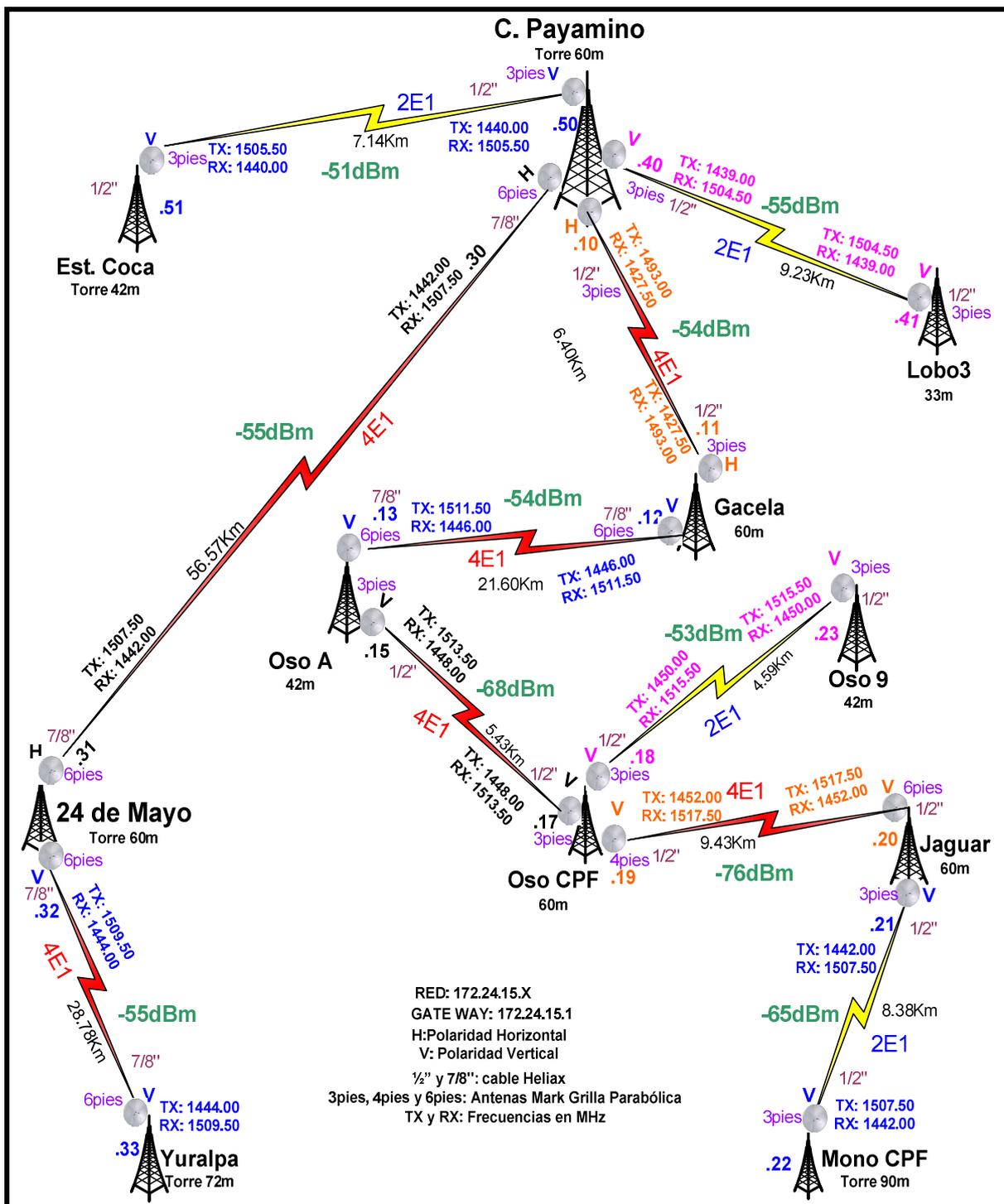


Figura 3.137: Esquema completo después de la instalación.

Adicional al esquema de la figura 3.137, se presenta un resumen de algunos enlaces por sitio, realizados en memorias técnicas. El resto se incluye en el Anexo 11.

| | | | |
|-------------|------------------------|--------------|--|
| ENLACE: | | | |
| | Desde: | Payamino | |
| | Hacia: | 24 de Mayo | |
| RADIO | | | |
| | Marca: | MDS | |
| | Modelo | LEDR 1400 | |
| | Serie: | 2042155 | |
| ANTENA | | | |
| | Marca: | Mark | |
| | Modelo | grid 6 pies | |
| | Serie: | 004371 | |
| | Polaridad: | Horizontal | |
| | Ubicación en la torre: | 54 m | |
| COAXIAL | | | |
| | Tipo de cable: | Heliac | |
| | Calibre: | 7/8 " | |
| FRECUENCIA: | | | |
| | TX | 1.442,00 Mhz | |
| | RX | 1.507,50 Mhz | |
| | Nivel de señal: | -54,1 dBm | |
| | SNR: | 33 dB | |

| | | | |
|-------------|------------------------|--------------|--|
| ENLACE: | | | |
| | Desde: | 24 de Mayo | |
| | Hacia: | Payamino | |
| RADIO | | | |
| | Marca: | MDS | |
| | Modelo | LEDR 1400 | |
| | Serie: | 2042156 | |
| ANTENA | | | |
| | Marca: | Mark | |
| | Modelo | grid 6 pies | |
| | Serie: | 004372 | |
| | Polaridad: | Horizontal | |
| | Ubicación en la torre: | 47 m | |
| COAXIAL | | | |
| | Tipo de cable: | Heliac | |
| | Calibre: | 7/8 " | |
| FRECUENCIA: | | | |
| | TX | 1.507,50 Mhz | |
| | RX | 1.442,00 Mhz | |
| | Nivel de señal: | -55,8 dBm | |
| | SNR: | 33 dB | |

| | | | |
|-------------|------------------------|--------------|--|
| ENLACE: | | | |
| | Desde: | 24 de Mayo | |
| | Hacia: | Yuralpa | |
| RADIO | | | |
| | Marca: | MDS | |
| | Modelo | LEDR 1400 | |
| | Serie: | 2042128 | |
| ANTENA | | | |
| | Marca: | Mark | |
| | Modelo | grid 6 pies | |
| | Serie: | 004376 | |
| | Polaridad: | Vertical | |
| | Ubicación en la torre: | 60 m | |
| COAXIAL | | | |
| | Tipo de cable: | Heliac | |
| | Calibre: | 7/8 " | |
| FRECUENCIA: | | | |
| | TX | 1.509,50 Mhz | |
| | RX | 1.444,00 Mhz | |
| | Nivel de señal: | -55,3 dBm | |
| | SNR: | 32 dB | |

| | | | |
|-------------|------------------------|--------------|--|
| ENLACE: | | | |
| | Desde: | Yuralpa | |
| | Hacia: | 24 de Mayo | |
| RADIO | | | |
| | Marca: | MDS | |
| | Modelo | LEDR 1400 | |
| | Serie: | 2042138 | |
| ANTENA | | | |
| | Marca: | Mark | |
| | Modelo | grid 6 pies | |
| | Serie: | | |
| | Polaridad: | Vertical | |
| | Ubicación en la torre: | 70 m | |
| COAXIAL | | | |
| | Tipo de cable: | Heliac | |
| | Calibre: | 7/8 " | |
| FRECUENCIA: | | | |
| | TX | 1.444,00 Mhz | |
| | RX | 1.509,50 Mhz | |
| | Nivel de señal: | -56,1 dBm | |
| | SNR: | 31 dB | |

CAPÍTULO 4

PRESUPUESTO DE COSTOS DEL PROYECTO

El objetivo de este capítulo es realizar la evaluación legal que envuelven el desarrollo del proyecto y el presupuesto referencial para la implementación del mismo. El presupuesto involucra la adquisición de equipos y accesorios, gasto en personal técnico para las instalaciones, costo de logística y movilización.

La evaluación legal estudia el tipo de regulaciones legales existentes con respecto a las tecnologías usadas en el proyecto. El resultado de esta evaluación da la pauta para la implementación del proyecto. Dentro del aspecto del presupuesto se analiza el costo del equipamiento y los beneficios obtenidos en función de ello.

4.1 ANÁLISIS DEL PRESUPUESTO DEL PROYECTO

Se describe en orden cronológico el presupuesto del proyecto, es decir, de acuerdo a la implementación realizada. Primero en el mes de Mayo del 2010 se hizo la compra de nuevos Shelter de Comunicaciones, luego en Noviembre del mismo año se realizó la compra de los nuevos equipos para la red de VHF; y finalmente en Enero del 2011 a la par se realizó la compra e implementación de los equipos de Networking y los radioenlaces.

A continuación se detalla la cantidad de equipos de comunicación requeridos para mejorar la infraestructura de telecomunicaciones de los Bloques 7 y 21 de Petroamazonas. En el costo se incluye todos los elementos necesarios, tales como equipos, accesorios, mano de obra o personal técnico, materiales, logística y movilización.

4.1.1 PRESUPUESTO SHELTER DE COMUNICACIONES.

Presentamos el costo de los dos Shelter de comunicaciones de dimensiones 2,54m x 2,54m x 2,4m para los sitios de Gacela y 24 de Mayo. También se incluyen los costos de transporte del Shelter; movilización, hospedaje y alimentación del personal para realizar los trabajos.

A continuación en la figura 4.1, se muestra la proforma con el costo del nuevo Shelter normal de comunicaciones que se colocará en Gacela. Incluye malla de tierra, base de hormigón y cerramiento de alambre.

| Cantidad | Descripción | Precio unitario | TOTAL |
|--------------|---|-----------------|--------------|
| 1 | Shelter para equipos de comunicaciones de 2.54m x 2.54m x 2.4m | \$ 27.846,00 | 27.846,00 |
| 1 | Malla de tierra según especificaciones. | \$ 2.925,00 | 2.925,00 |
| 1 | Obra civil para shelter, transporte de shelter, movilización de personal e instalación. | \$ 4.745,00 | 4.745,00 |
| Subtotal | | | \$ 35.516,00 |
| Descuento | | | |
| Impuesto IVA | | | |
| TOTAL | | | \$ 35.516,00 |

Costos no incluyen IVA.

Nota : Tiempo de Entrega: 40 Días.

SON: TREINTA Y CINCO MIL QUINIENTOS DIEZ Y SEIS DÓLARES CON 00/100

Figura 4.1: Costo del Shelter normal.
Fuente: FULLDATA

El segundo shelter es para 24 de Mayo, a diferencia del Shelter normal expuesto anteriormente, éste posee respaldo de energía 24 VDC para 72 horas, por lo que sube el costo. La figura 4.2 muestra la Proforma con el costo de este Shelter,

que incluye malla de tierra, base de hormigón y cerramiento con malla de alambre.

| Cantidad | Descripción | Precio unitario | TOTAL |
|----------|---|---------------------|---------------------|
| 1 | OPCIÓN CON RESPALDO DE ENERGÍA 24 VDC PARA 72 HORAS | | |
| 1 | Shelter para equipos de comunicaciones de 2.54m x 2.54m x 2.4m | \$ 22.906,00 | 22.906,00 |
| 1 | Sistema de respaldo de energía 24VDC para 72 horas | \$ 17.556,71 | 17.556,71 |
| 1 | Malla de tierra según especificaciones. | \$ 2.925,00 | 2.925,00 |
| 1 | Base de hormigón para shelter y cerramiento con malla de alambre. | \$ 4.225,00 | 4.225,00 |
| 1 | Transporte de shelter al campo | \$ 1.040,00 | 1.040,00 |
| 1 | Instalación de shelter y accesorios. | \$ 1.365,00 | 1.365,00 |
| 1 | Movilización, hospedaje y alimentación para la realización de los trabajos. | \$ 1.768,00 | 1.768,00 |
| | | Subtotal | \$ 51.785,71 |
| | | Impuesto IVA | |
| | | TOTAL | \$ 51.785,71 |

| | | |
|---|--|---|
| Detalles de pago Costos no incluyen IVA. Nota : <u>Tiempo de Entrega: 60 Días.</u> | | SON: CINCUENTA Y UN MIL SETECIENTOS OCHENTA Y CINCO DÓLARES CON 71/100 |
|---|--|---|

Figura 4.2: Costo del Shelter con respaldo de energía 24Vdc para 72 horas.
Fuente: FULLDATA

4.1.2 PRESUPUESTO PROYECTO RADIOCOMUNICACIONES VHF.

En la figura 4.3 se detalla el costo y la cantidad de equipos requeridos para la modernización del Sistema de Radiocomunicaciones Troncalizado VHF, en base a la selección de equipos que se realizó en el capítulo 2.

En este caso no se incluye el costo de instalación, porque el mismo personal de Petroamazonas que se encuentra en el campo puede realizar la configuración e instalación de estos equipos.

Se presenta el costo de estos equipos y elementos en la siguiente proforma, propuesta por una empresa nacional y aprobada por Petromazonas.

| Item | Descripción | Cantidad | Precio Unitario | Precio Total |
|--------------|---|----------|-----------------|---------------------|
| 1 | Estación vehicular de radiocomunicación Motorola PRO5100, 45 vatios, 64 canales, VHF, 136-174 MHz, completo con micrófono, cable 12Vdc, rack, accesorios de montaje y guía de uso. | 25 | 455,00 | 11.375,00 |
| | Antena vehicular para radio comunicación, Maxrad, MHB5800, VHF, 3 dB, incluye cable RF, RG58/U y conector mini UHF | 25 | 55,00 | 1.375,00 |
| 2 | Estación portátil de radiocomunicación Motorola PRO7150, Intrínsecamente Seguro, 5 vatios, 128 canales, VHF, 136-174 MHz, completo con antena, batería HNN9010, cargador rápido, clip porta | 30 | 540,00 | 16.200,00 |
| 3 | Programación de radios móviles y portátiles: (SIN COSTO). | 1 | 0,00 | 0,00 |
| | Instalación de estaciones vehiculares en el campo (Bloques 7 y 21). Se aprovecharía su ejecución con los Técnicos en campo según contacto. No incluye transporte de técnicos ni alojamiento y alimentación. | 1 | 0,00 | 0,00 |
| TOTAL | | | | \$ 28.950,00 |

NO INCLUYE EL 12 % DEL I. V. A.

Figura 4.3: Costo de equipos Sistema VHF.
Fuente: TEVIASA

4.1.3 PRESUPUESTO EQUIPOS DE CONECTIVIDAD.

En la figura 4.4 se presenta una proforma del costo unitario de los equipos de conectividad, como son switches, routers, wireless, antenas, cable RG-6 y pigtail.

| | | | |
|---|--|--|--|
|  Desca The Networking Company www.desca.com 1792014808001 Av. 12 de Octubre, N24-880 y Francisco Salazar, Edif. Concorde, Piso 9. Tel: 23815210, Fax: 2553378 | | Cotización No. DCAUIO-051257-P Quito 27/07/2010 Valida hasta: 11/08/2010 Señores: Petroamazonas Ecuador S.A. RUC: Atención: Gonzalo Maldonado Revisión No.: 3 Dirección: NNUU y Shyris. Edificio Banco del Pacífico | |
| EQUIPAMIENTO BLOQUE 7-21 | | | |
| Productos | | | |
| CISCO7504 | | | |
| | | | Sub-Total: USD 67.546,42 Impuesto al Valor Agregado: USD 8.105,56 |
| AIR-BR1310G-A-K9-R | | | |
| | | | Sub-Total: USD 1.134,81 Impuesto al Valor Agregado: USD 136,17 |
| AIR-CAB100DRG6-F | | | |
| | | | Sub-Total: USD 89,61 Impuesto al Valor Agregado: USD 10,75 |
| AIR-BR1310G-A-K9 | | | |
| | | | Sub-Total: USD 1.134,81 Impuesto al Valor Agregado: USD 136,17 |
| WS-C2960-8TC-L | | | |
| | | | Sub-Total: USD 716,23 Impuesto al Valor Agregado: USD 85,94 |
| CISCO2911/K9 | | | |
| | | | Sub-Total: USD 4.578,25 Impuesto al Valor Agregado: USD 549,39 |
| IE-3000-8TC | | | |
| | | | Sub-Total: USD 1.593,86 Impuesto al Valor Agregado: USD 191,26 |
| CISCO3925/K9 | | | |
| | | | Sub-Total: USD 27.202,94 Impuesto al Valor Agregado: USD 3.264,36 |
| HG2415U-PRO | | | |
| | | | Sub-Total: USD 794,80 Impuesto al Valor Agregado: USD 95,40 |
| HG2424G-NM | | | |
| | | | Sub-Total: USD 172,72 Impuesto al Valor Agregado: USD 20,72 |
| CA-RTPNMA004 | | | |
| | | | Sub-Total: USD 96,30 Impuesto al Valor Agregado: USD 11,60 |
| CA-RTPNFA004 | | | |
| | | | Sub-Total: USD 52,64 Impuesto al Valor Agregado: USD 6,32 |

Figura 4.4: Valor unitario de los equipos de conectividad.
Fuente: DESCA

En la Tabla 4.1 se presenta el costo total de los equipos de conectividad que se necesita para mejorar cada Estación dentro de los Bloques 7 y 21.

| | P a y a m i n o | G a c e l a | L o b o 3 | E s t a c i ó n C o c a | 2 4 d e M a y o | Y u r a l p a | O s o A | O s o C P F | O s o 9 | J a g u a r | M o n o C P F | CANTIDAD | COSTO TOTAL |
|-------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|-----------------------|--|--------------------------------------|---------------------------------|------------------|----------------------------|------------------|----------------------------|---------------------------------|----------|-------------------|
| Router 7604 | 1 | | | | | | | | | | | 1 | 75651.98 |
| Switch 2960 | 1 | 2 | 3 | 2 | | 1 | 6 | 3 | 1 | 2 | 2 | 23 | 18449.91 |
| Router 2911 | | 1 | 1 | 1 | | 1 | 1 | | 1 | 1 | 1 | 8 | 41021.12 |
| Switch IE 3000 | | | | | 1 | | 1 | | | | | 2 | 3570.24 |
| Router 3925 | | | | | 1 | | | 1 | | | | 2 | 60934.60 |
| AIR-BR1310G-A-K9-R | | | | 1 | | | | 1 | | | | 2 | 2541.96 |
| AIR-BR1310G-A-K9 | | 1 | 1 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 7 | 8896.86 |
| AIR-CAB100DRG6-F (Chicote) | | 1 | 1 | 1 | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 8 | 802.88 |
| HG2424G-NM (Antena Grilla) | | | | 1 | | | | 1 | | | | 2 | 96.72 |
| HG2415U-PRO (Antena Omni) | | 1 | 1 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 7 | 623.14 |
| CA-RTPNMA004 (Pigtail Omni) | | 1 | 1 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 7 | 41.27 |
| CA-RTPNFA004 (Pigtail Grilla) | | | | 1 | | | | 1 | | | | 2 | 53.95 |
| COSTO TOTAL | | | | | | | | | | | | | 212.684,63 |

Tabla 4.1: Costo total de los equipos de conectividad.
Fuente: DESCA

También se considera el costo de instalación por sitio y es presentado en la figura 4.5, proporcionado por la empresa DESCA.

|  Desca The Networking Company www.desca.com 1792014808001 Av. 12 de Octubre, N24-860 y Francisco Salazar, Edif. Concorde, Piso 9. Tel: 23815210, Fax: 2553378 | | Cotización No. DCAUIO-051257-S Quito 27/07/2010 Valida hasta: 11/08/2010 Señores: Petroamazonas Ecuador S.A RUC: Atención: Gonzalo Maldonado Revisión No.: 3 Dirección: NNUU y Shyris. Edificio Banco del Pacifico | | | | |
|---|--------------|---|----------|-----------------------------------|------------|-------------------|
| EQUIPAMIENTO BLOQUE 7-21 | | | | | | |
| Instalación | | | | | | |
| Item # | Código | Descripción | Cantidad | Precio Unit. | Sub-Total | IVA |
| 1 | SvcInstDesca | Servicios Desca generales del proyecto bloques 7 y 21 de PAM. | 1 | 11.944,69 | 11.944,69 | 1.433,36 |
| 1 | SvcInstDesca | Servicios Instalacion Desca Campamento Payamino | 1 | 10.757,35 | 10.757,35 | 1.290,88 |
| 1 | SvcInstDesca | Servicios Instalacion Desca Estación Coca | 1 | 12.464,07 | 12.464,07 | 1.485,69 |
| 1 | SvcInstDesca | Servicios Instalacion Desca Estación Payamino | 1 | 8.973,95 | 8.973,95 | 1.076,87 |
| 1 | SvcInstDesca | Servicios Instalacion Desca Lobo 3 | 1 | 14.477,44 | 14.477,44 | 1.737,29 |
| 1 | SvcInstDesca | Servicios Instalacion Desca Gacela | 1 | 12.965,75 | 12.965,75 | 1.555,89 |
| 1 | SvcInstDesca | Servicios Instalacion Desca Oso A | 1 | 15.167,08 | 15.167,08 | 1.820,05 |
| 1 | SvcInstDesca | Servicios Instalacion Desca Oso CPF | 1 | 17.096,81 | 17.096,81 | 2.051,62 |
| 1 | SvcInstDesca | Servicios Instalacion Desca Oso 9 | 1 | 12.965,75 | 12.965,75 | 1.555,89 |
| 1 | SvcInstDesca | Servicios Instalacion Desca Jaguar | 1 | 12.965,75 | 12.965,75 | 1.555,89 |
| 1 | SvcInstDesca | Servicios Instalacion Desca Mono CPF | 1 | 12.965,75 | 12.965,75 | 1.555,89 |
| 1 | SvcInstDesca | Servicios Instalacion Desca 24 de Mayo | 1 | 8.604,73 | 8.604,73 | 1.032,57 |
| 1 | SvcInstDesca | Servicios Instalacion Desca Yuralpa | 1 | 7.044,19 | 7.044,19 | 845,30 |
| 1 | SvcInstDesca | Servicios Instalacion Desca Oso B | 1 | 7.195,34 | 7.195,34 | 863,44 |
| Total Instalación: | | | | Sub-Total: | USD | 165.588,63 |
| | | | | Impuesto al Valor Agregado | USD | 19.870,63 |
| | | | | Total: | USD | 185.459,26 |

Figura 4.5: Costo de instalación de equipos conectividad.

En total la instalación de los equipos de conectividad se presenta en la tabla 4.2:

| | Costo |
|--------------|-------------------|
| Equipamiento | 212.684,63 |
| Instalación | 185.459,26 |
| TOTAL | 398.143,89 |

Tabla 4.2: Costo total instalación equipos de conectividad.

4.1.4 PRESUPUESTO PARA EL PROYECTO DE RADIOENLACES.

El presupuesto de este proyecto estuvo a cargo de la empresa FULLDATA, con quien Petroamazonas trabaja hace años y tiene mucha confianza.

Antes de mostrar el presupuesto, presentamos la tabla 4.3, que indica la cantidad de los equipos y elementos que fueron necesarios para la implementación. Sin embargo, se adicionaron en la lista de materiales, unos equipos y elementos extras para los siguientes casos:

- Tenerlos de respaldo para el caso de daños.
- Para enlaces futuros con otros sitios, posiblemente un nuevo Campamento llamado Oso B.
- Para enlazar con sitios en donde existen taladros.

La figura 4.6 indica la proforma que detalla los costos de los diferentes rubros para la implementación de la nueva red de enlaces de microondas para el Bloque 7-21, propuesta por FULLDATA y aprobada por Petroamazonas.

El costo del proyecto de los radioenlaces se divide en:

- Costo de equipos y materiales.
- Costo de instalación: costo de personal, movilización, hospedaje y alimentación.

A continuación se presentan la tabla 4.3 y la figura 4.6, en donde se incluyen los equipos y materiales adicionales para futuros enlaces, para taladros en otros pozos, para nuevos sitios o que servirán de respaldo en caso de que se dañe algún equipo.

| | C.Pagam | EstCoc | Gace | Lobo | 24dMa | Yural | OsoA | OsoCP | Jagua | Mono | Oso9 | OsoB | Taladro | Reserva | TOTAL |
|------------------------------|---------|--------|------|------|-------|-------|------|-------|-------|------|------|--------|---------|---------|-------|
| MDS LEDR 1400 4E1 | 2 | | 2 | | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | | | | | 4 | 16 |
| MDS LEDR 1400 2E1 | 2 | 1 | | 1 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 4 | | 14 |
| Fuentes 48Ydc | 4 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 3 | 2 | 1 | 1 | 2 | 4 | 4 | 30 |
| Antenas GABRIEL 21.1dBi | 3 | 1 | 1 | 1 | | | 1 | 3 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 19 |
| Antenas GABRIEL 23.7dBi | | | | | | | | | | | | | 2 | 2 | 4 |
| Antenas GABRIEL 27.5dBi | 1 | | 1 | | 2 | 1 | 1 | | | | | | 1 | | 7 |
| Herrajes para antenas | 4 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 3 | 2 | 1 | 1 | 2 | 4 | 4 | 30 |
| Lighting Arrestor DSXL | 4 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 3 | 2 | 1 | 1 | 2 | 4 | 4 | 30 |
| Cable 7/8" AYA5-50A (m) | 80 | | 80 | | 2x80 | 80 | 62 | | | | | | | 20 | 482 |
| Cable 1/2" LDF4-50A (m) | 3x80 | 53 | 80 | 53 | | | 62 | 3x80 | 2x80 | 110 | 62 | 100+62 | 20 | 20 | 1262 |
| Cable Superflex de 6m | 4 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 3 | 2 | 1 | 1 | 2 | 4 | 4 | 30 |
| CONECTORES PREMIUM 7/8" | 2 | | 2 | | 2x2 | 2 | 2 | | | | | | | 4 | 16 |
| CONECTORES L4TNM-PS 1/2" | 2x3 | 2 | 2 | 2 | | | 2 | 2x3 | 2x2 | 2 | 2 | 2x2 | 8 | 4 | 44 |
| GROUNDING KIT 7/8" (2xTorre) | 2 | | 2 | | 2x2 | 2 | 2 | | | | | | | 4 | 16 |
| GROUNDING KIT 1/2" (2xTorre) | 2x3 | 2 | 2 | 2 | | | 2 | 2x3 | 2x2 | 2 | 2 | 2x2 | 8 | 4 | 44 |
| HANGERS KIT 7/8 (cada3m) | 25 | | 25 | | 2x25 | 25 | 20 | | | | | | 10 | 30 | 185 |
| HANGERS KIT 1/2 (cada3m) | 3x25 | 15 | 25 | 15 | | | 20 | 3x25 | 2x25 | 35 | 20 | 35+20 | 10 | 55 | 450 |
| ETIQUETAS (3 xTorre) | 12 | 3 | 6 | 3 | 6 | 3 | 6 | 9 | 6 | 3 | 3 | 6 | 12 | 12 | 90 |

Tabla 4.3: Lista de Equipos y materiales para el Proyecto de Radioenlaces.


FULLDATA Cía. Ltda.

 Isla Pinzón N43-61 y Emilio Zola
 Quito, Pichincha
 Tel. (593)2 2279550 Fax (593)2 2440972

Proforma No. 7956-Rev5

OFERTA

| Cliente | | Fecha | |
|-----------|--|---------------|------------------|
| Nombre | BLOQUES 7 - 21 | 14-Jul-10 | |
| Dirección | Paul_Yanez@petroamazonas.ec | Nº pedido | |
| Ciudad | Quito | Representante | Ing. Paul Yáñez |
| Teléfono | 593 2 2 250 197 / 2 250 198 | Proyecto | EQUIPAMIENTO MDS |

| Cantidad | Descripción | Precio unitario | TOTAL |
|---------------------------|---|-----------------|------------|
| EQUIPOS | | | |
| 16 | MDS LEDR 1400 MHz Fullrate, Non-Protected, 2.0 MHz (4xE1, 8MB) | \$ 9.282,00 | 148.512,00 |
| 14 | MDS LEDR 1400 MHz Fullrate, Non-Protected, 1.0 MHz (2xE1,4MB) | \$ 9.172,00 | 128.408,00 |
| 30 | LEDR SINGLE RACK-MOUNTED POW. SUPPLY 115/230VAC-48VDC. | \$ 685,00 | 20.550,00 |
| 30 | DSXL Protección de rayos Freq. (MHz): 700 - 2700 MHz (Polyphaser) | \$ 130,00 | 3.900,00 |
| 30 | Superflex cable especial FSJ4-50B 1/2" de 6 m. con conectores | \$ 210,00 | 6.300,00 |
| ANTENAS Y HERRAJES | | | |
| 19 | Mark 3 ft. Grid Parabolic, P-15A36GN-U, 1427-1535 MHz, 21.1 dBi | \$ 1.874,40 | 35.613,60 |
| 4 | Mark 4 ft. Grid Parabolic, P-15A48GN-U, 1427-1535 MHz, 23.7 dBi | \$ 2.101,44 | 8.405,76 |
| 7 | Mark 6 ft. Grid Parabolic, P-15A72GN-S, 1427-1535 MHz, 27.5 dBi | \$ 3.477,76 | 24.344,32 |
| 30 | Herraje para antena (3 - 6 ft.) | \$ 286,00 | 8.580,00 |
| ETIQUETAS | | | |
| 90 | Etiqueta en acrílico (1,50X4,50) con impresión en bajo relieve | \$ 3,00 | 270,00 |
| MATERIALES | | | |
| 550 | AVA5-50A 7/8" Foam Cable (per meter) | \$ 16,00 | 8.800,00 |
| 16 | Ground Kit, 7/8", SG78-12B2U | \$ 34,00 | 544,00 |
| 16 | Premium Connector for AVA5-50A | \$ 46,24 | 739,84 |
| 19 | Cable Hanger Kit, 42396A-5 (10 per kit) | \$ 43,52 | 826,88 |
| 19 | Snap In Cable Hanger Kit 7/8" (10 per Kit) | \$ 17,68 | 335,92 |
| 1387 | LDF4-50A 1/2" Foam Cable (per meter) | \$ 8,92 | 12.372,04 |
| 44 | Ground Kit, Factory Lug for LDF4-50A | \$ 29,92 | 1.316,48 |
| 44 | N Male Premium Connector for LDF4-50A, L4TNM-PS | \$ 32,64 | 1.436,16 |
| 47 | Cable Hanger Kit for LDF4-50A, 43211A (10 per kit) | \$ 29,92 | 1.406,24 |
| 47 | Snap In Cable Hanger Kit 1/2" (10 per Kit) | \$ 17,68 | 830,96 |
| 6 | Accesorios para instalación de equipos en punto repetidor | \$ 100,00 | 600,00 |
| 14 | Accesorios para instalación de equipos en punto remoto | \$ 50,00 | 700,00 |
| INSTALACIÓN | | | |
| 10 | Instalación enlace 1.4 GHz Incluye paso de pruebas, habilitación de servicios, memoria técnica e Informe con mediciones. | \$ 833,00 | 8.330,00 |
| 1 | Costo de logística Cuatro personas durante 30 días. | \$ 7.200,00 | 7.200,00 |
| 1 | Costo de movilización Dos vehículos durante 30 días | \$ 5.400,00 | 5.400,00 |

| | | |
|--|--------------|----------------------|
| Detalles de pago <input type="radio"/> En efectivo <input type="radio"/> Con cheque | Subtotal | \$ 435.722,20 |
| | Descuento | |
| | Impuesto IVA | |
| | TOTAL | \$ 435.722,20 |

Nota : Costos no incluyen IVA.
Costos no incluyen otros no especificados.
ADJUNTO CONDICIONES COMERCIALES.

SON: CUATROCIENTOS TREINTA Y CINCO MIL SETECIENTOS VEINTE Y DOS DÓLARES CON 20/100

Figura 4.6: Costos de implementación de la nueva red de enlaces.

Dentro de la proforma está incluida la realización de prueba de datos, entrega de memoria técnica y un informe general. Por lo tanto se trata de un Proyecto “llave en mano”, es decir que los enlaces queden operativos y listos para su funcionamiento inmediato.

4.1.5 PRESUPUESTO GENERAL DEL PROYECTO.

Luego de haber presentado el costo de cada una de las áreas en donde se necesitó mejorar. En la tabla 4.4 se presenta el presupuesto general para la Optimización de la Infraestructura de Telecomunicaciones para los Bloques 7 y 21 de Petroamazonas.

| Área | Costo |
|----------------------------------|-------------------|
| Shelter | 87.301,71 |
| Sistema VHF | 28.950,00 |
| Red de Enlaces | 435.722,20 |
| Conectividad (Networking) | 398.143,89 |
| Total | 950.117,80 |

Tabla 4.4: Presupuesto Total

4.2 PROCESO DE ASIGNACIÓN DE FRECUENCIAS.

El proceso de asignación de frecuencias se realiza a través del Organismo encargado de la administración del espectro radioeléctrico en el Ecuador, siendo éste la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones (SENATEL). La asignación de frecuencias depende del tipo de servicio de telecomunicaciones a utilizarse, en nuestro son enlaces radioeléctricos fijos punto-punto.

La información requerida para una persona jurídica para la asignación de frecuencias para un enlace radioeléctrico fijo punto-punto es la siguiente:

4.2.1 INFORMACIÓN LEGAL.

- a. Solicitud dirigida al señor Secretario Nacional de Telecomunicaciones, detallando el tipo de servicio al que aplica; e incluir el nombre y la dirección del representante legal.
- b. Copia de cédula de ciudadanía del representante legal.
- c. Para ciudadanos ecuatorianos, copia del certificado de votación del último proceso electoral del representante legal.
- d. Registro Único de Contribuyentes (RUC).
- e. Nombramiento del representante legal, debidamente inscrito en el registro mercantil.
- f. Copia certificada de la escritura constitutiva de la compañía y reformas en caso de haberlas.
- g. Certificado actualizado de cumplimiento de obligaciones otorgado por la Superintendencia de Compañías o Superintendencia de Bancos, según el caso, a excepción de instituciones estatales (nuestro caso).

- h. Fe de presentación de la solicitud presentada al Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas para que otorgue el certificado de antecedentes personales del representante legal, a excepción de las instituciones estatales (original).
- i. Otros documentos que la SENATEL solicite.

4.2.2 INFORMACIÓN FINANCIERA.

- a. Certificado actualizado de no adeudar a la SENATEL.
- b. Certificado de no adeudar a la SUPERTEL.

4.2.3 INFORMACIÓN TÉCNICA.

- a. Estudio técnico del sistema elaborado en los formularios disponibles en la página web del CONATEL, suscritos por un ingeniero en electrónica y telecomunicaciones, con licencia profesional vigente en una de las filiales del Colegio de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos del Ecuador (CIEEE) y registrado para tal efecto en la SENATEL; debe adjuntar copia de la mencionada licencia.
- b. En caso de necesitar la instalación de estaciones repetidoras, adjuntar copia del Contrato de Arrendamiento del Terreno o copia de la Escritura del inmueble que acredite el derecho de propiedad del solicitante, e indicar las dimensiones.
- c. Certificado de no adeudar a la SUPERTEL y a la SENATEL¹⁵.

¹⁵ *Proceso de asignación de frecuencias, tomado de la página web de la SENATEL (www.conatel.gov.ec)*

Adicional a la información requerida, nombrada en párrafos anteriores, se necesita completar los siguientes formularios: proporcionados por la SENATEL.

Los formularios requeridos se indican a continuación:

a. Formulario RC-1A.

a. Formulario RC-2A.

a. Formulario RC-3A.

a. Formulario RC-4A.

a. Formulario RC-6A.

a. Formulario RC-15A.

a. Formulario RC-3B.

A continuación en la figura 4.7 se muestra una copia de la solicitud que fue presentada a la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones, para que se autorice la utilización temporal de las frecuencias en UHF para los radioenlaces punto-punto dentro de los Bloques 7 y 21.



PETROAMAZONAS EP

OFICIO No. 1379-PAM-EP-TI-2010

Quito, 21 de julio del 2010

Ingeniero
Rubén León
Secretario Nacional de Telecomunicaciones
SENATEL
Presente

Estimado ingeniero León:

Por medio de la presente, y en mi calidad de representante legal de la empresa **PETROAMAZONAS EP** con RUC 1768153880001, solicito a usted la **Autorización Temporal de Frecuencias UHF** en el Servicio Fijo para Enlaces Radioeléctricos, para operar un sistema de datos en los Bloques 7 y 21 en la región oriental, según el estudio técnico adjunto.

Por su gentil atención a la presente le anticipo mi reconocimiento.

Aterritamente,



Oswaldo Madrid B.
GERENTE GENERAL
PETROAMAZONAS EP
CC 1708893902



Secretaría Nacional de Telecomunicaciones
FORMULARIO
FECHA: 26 JUL 2010
FIRMA: [Signature]

Figura 4.7: Solicitud presentada a la SENATEL.

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Con todas las mejoras realizadas a los Bloques 7 y 21 de Petroamazonas, se consiguió optimizar el sistema de comunicaciones desactualizado que dejó la anterior compañía PERENCO.
- Los nuevos shelters de comunicaciones brindarán una mejor protección a los equipos y elementos que se encuentran en su interior, debido a que están fabricados con materiales para soportar las altas temperaturas y la humedad existentes en la zona.
- El sistema de respaldo de energía tanto en AC como en DC instalado en 24 de Mayo permitirá que los enlaces siempre estén operativos en caso de existir cortes de energía en este sitio.
- Debido a que las estaciones se encuentran ubicadas en el Oriente, donde el clima del sector es el principal agente que afecta a las instalaciones, con el paso del tiempo en el interior del shelter, el agua, la humedad e insectos afectarán directamente a los equipos y elementos disminuyendo la vida útil de estos. Para lo cual se debe dar un constante mantenimiento.
- Los nuevos equipos del sistema de radiocomunicaciones VHF permiten cumplir con el objetivo de modernización y al mismo tiempo permite al personal tener una excelente comunicación dentro de los campamentos y

en los desplazamientos hacia otros, para una mejor coordinación de las tareas diarias.

- La instalación de los nuevos equipos de networking permitirán ampliar la red, ya que tienen la ventaja de poder conectar más dispositivos de red (voz, datos, video) en cada Estación, porque poseen más puertos de conexión con respecto a los anteriormente instalados.
- Luego de realizar el diseño, implementación y puesta en marcha de la nueva red de enlaces con radios MDS LEDR 1400F, actualmente se encuentran operando en óptimas condiciones.
- Esta nueva red de enlaces implementada beneficia a Petroamazonas en la reducción de costos de operación, mantenimiento correctivo y preventivo de los mismos. Además permite enviar mayor cantidad de información en cuanto a voz, datos y video; debido al incremento en la capacidad de los radioenlaces a 2E1 y 4E1.
- Las pruebas de atenuación y acoplamiento realizadas a los cables, y las pruebas de datos realizadas a los enlaces permitieron comprobar su correcto funcionamiento, además nos aseguran un BER (Bit Error Rate) que da confiabilidad al enlace y evita fallas del mismo.
- Tener un buen presupuesto de enlace es un requerimiento básico para el buen funcionamiento del mismo. Un presupuesto de enlace de una red inalámbrica es la cuenta de todas las ganancias y pérdidas desde el radio transmisor hacia el receptor.
- EIRP o PIRE es un valor que especifica la máxima potencia que está transmitiendo al espacio, y es éste estudio que se presenta a la

Secretaría Nacional de Telecomunicaciones (SENATEL) para la aprobación de instalación de los radioenlaces.

- Los valores obtenidos matemáticamente versus los obtenidos mediante la simulación son bastante aproximados a la realidad pero no son exactos, debido a que el fabricante indica pérdidas (conectores, cables) y ganancias de los equipos a frecuencias cercanas a las utilizadas.
- Gracias a la oportunidad brindada por Petroamazonas de realizar y poner en práctica el presente Proyecto de Titulación en sus instalaciones, se consiguió afianzar mis conocimientos y acumular más experiencia.

5.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda que para un correcto funcionamiento de los Lightning Arrestor, se debe colocar en cada una de las instalaciones, en las casetas y/o shelters una platina de cobre con conexión al sistema de tierra.
- Para mantener el recorrido de los cables desde la torre hacia la caseta, se recomienda la instalación de escalerillas, ya que algunas estaciones no lo poseen.
- Se recomienda realizar mantenimiento de forma periódica a las torres, Shelters, equipos y elementos de la red de enlaces, ya que el agua y la humedad afectan directamente, disminuyendo la vida útil de los mismos.
- El personal técnico, debe conocer adecuadamente el procedimiento de configuración y mantenimiento de los equipos, para poder manipular cualquier parámetro en el momento de la implementación y alineación del enlace. Además cuando exista fallo en el radioenlace.
- La simulación realizada a través del software PTP LINKPLANNER, para el diseño de los radioenlaces, ayuda a comprobar los parámetros de diseño calculados, con el propósito de elegir correctamente las características de los equipos y elementos.
- El análisis del presupuesto de costos del proyecto, permitió calcular el costo que representa la implementación del mismo; y además ayudó a determinar el número suficiente de personas para realizar los trabajos, por el costo económico que representa.

- Es necesario capacitar previamente al personal técnico sobre equipos nuevos, para que cuando se adquieran eviten daños en los mismos por falla humana.
- La alineación de las antenas se debe realizar mediante dos equipos de trabajo ubicados en cada uno de los sitios acompañados de Handys, y se utiliza el software del fabricante de los equipos, para obtener los resultados de acuerdo a los cálculos realizados.
- Para la instalación de antenas en cada uno de los sitios es sumamente necesario que el personal conozca las normas de seguridad de trabajos en altura y utilice los implementos de seguridad necesarios para trabajar en las torres, por el riesgo que representa.

FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

LIBROS:

[1] TOMASI, Wayne; Sistemas de Comunicaciones Electrónicas; Cuarta Edición, Editorial Prentice-Hall, México 2003.

[2] MARSHALL, Stanley; DUBROFF, Richard; SKITEK, Gabriel; Electromagnetismo: Conceptos y aplicaciones, Cuarta Edición, Editorial Prentice-Hall, México 1997.

[3] JORDAN, Edward; BALMAIN, Keith; GÓMEZ BAQUERO, Joaquín; Ondas Electromagnéticas y Sistemas Radiantes, Segunda Edición, México 1968.

SITIOS DE INTERNET:

[1] <http://www.cisco.com>

[2] http://motorola.com/Business/XL-ES/Productos+para+Empresas/Soluciones+de+Redes+Inalambricas/One+Point+Wireless+Suite/PTP+LINKPlanner_XL-ES

[3] http://es.wikipedia.org/wiki/Principio_de_Fresnel_-_Huygens

[4] <http://www.andrew.com/>

[5] http://www.signalcontrol.com/Products/Andrew_LDF450A_Half_Inch_Coax_Cable.pdf

[6] http://www.rfparts.com/heliox_AVA5-50.html

[6] <http://www.GEmds.com>

ANEXOS

ANEXO 1: PROGRAMA PTP LINKPLANNER DE MOTOROLA



PTP LINKPlanner

Serie One Point Wireless

para puentes Ethernet inalámbricos punto a punto*

La conectividad de banda ancha inalámbrica ha avanzado a pasos agigantados durante los últimos años, ofreciendo una gran variedad de extraordinarias, y hasta en ocasiones intimidantes, opciones de transmisión de datos, voz y video. Los fabricantes han desarrollado sistemas inalámbricos que están disponibles en diversos modelos, los cuales abarcan radiofrecuencias (RF) licenciadas y no licenciadas, así como también un amplio espectro de velocidades de transmisión.

Con tantas opciones, resulta muy útil saber cuál es la opción que mejor se adapta a sus necesidades previo a su implementación. En respuesta a esta disyuntiva, Motorola ha lanzado su herramienta PTP LINKPlanner, la cual elimina todo tipo de suposiciones durante el proceso de diseño de enlace y provee la información que usted necesita para estar seguro de que el rendimiento del enlace será el apropiado antes de adquirirlo. Con versiones para sistemas Mac® basados en Intel® y Microsoft® Windows®, PTP LINKPlanner es una herramienta de diseño de sistemas gratuita y fácil de utilizar, disponible como una herramienta independiente o como parte de la Serie One Point Wireless de Motorola. Si se utiliza junto con las herramientas MeshPlanner y LANPlanner, que también forman parte de la Serie, se pueden diseñar redes inalámbricas de prácticamente cualquier tamaño y complejidad de manera sencilla y sistemática para lograr una implementación óptima y rentable.

Anticipe el rendimiento de la herramienta antes de adquirirla

Diseñado para ser utilizado con los puentes Ethernet inalámbricos punto a punto de Motorola, el PTP LINKPlanner le permite determinar las características de rendimiento del enlace antes de que exista física en una solución. Con esta herramienta de diseño de enlace de numerosas funciones, usted podrá:

- Construir un enlace inalámbrico de confiabilidad de cinco nuevas, incluso en entornos sin línea de vista
- Desarrollar planes de trayecto para enlaces únicos o múltiples simultáneamente
- Obtener una perspectiva general de toda su red inalámbrica punto a punto mediante Google™ Earth
- Desarrollar escenarios del tipo "¿Qué sucedería si...?" y optimizar el rendimiento según la geografía, distancia, altura de la antena y potencia de transmisión

Miles de clientes punto a punto de Motorola han logrado obtener proyecciones exactas de rendimiento de enlace utilizando la herramienta PTP LINKPlanner. Los informes de rendimiento no sólo les permiten confiar en que la red inalámbrica era la adecuada para satisfacer sus necesidades, sino también permiten a los instaladores conocer los pasos de configuración que les permitiría implementar la red rápidamente y sin stress.

PTP LINKPlanner en acción

La siguiente información describe brevemente cómo funciona el PTP LINKPlanner.

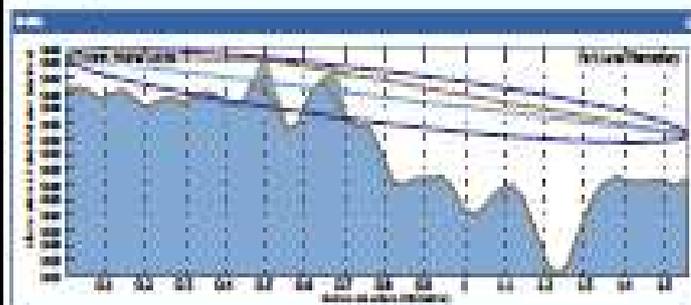
El primer paso en el diseño del enlace consiste en ingresar información sobre los sitios que desea conectar. Las latitudes y longitudes pueden obtenerse desde:

- Google™ Earth en <http://earth.google.com>
- Multimap en <http://www.multimap.com>
- El seguimiento de un trayecto determinado con un Sistema de Posicionamiento Global (GPS)

El método recomendado para insertar sitios en un proyecto consiste en importar la información utilizando Google Earth.



Perfil del trayecto con obstrucciones



Resumen del rendimiento

Rendimiento base Radio Mobile (R/M):

| | |
|--------------------------------------|------------|
| Rendimiento más proyectado: | 20.45 Mbps |
| Rendimiento más requerido: | 15.0 Mbps |
| Porcentaje de rendimiento requerido: | 73% |

Rendimiento más requerido: 15.0 Mbps

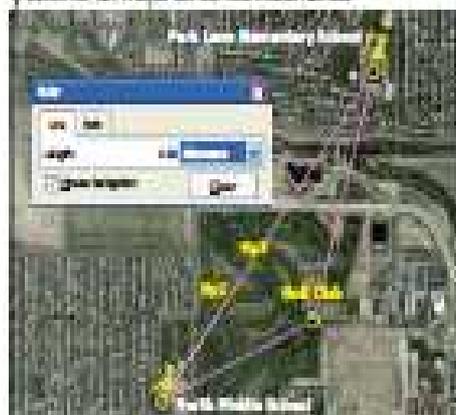
Disponibilidad de rendimiento más requerido: 99.999%

Cap. de rendimiento más proyectado: 85.086%

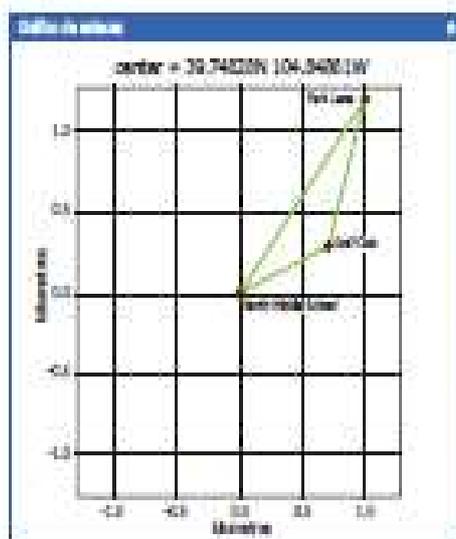
Rendimiento optimizado en el sistema (KCI)

Una vez ingresada la información relacionada con el sitio, se generarán automáticamente los perfiles del trayecto desde una base de datos creada por la Misión Topográfica Radar Shuttle (RTM), por sus siglas en inglés. Una vez descargados los perfiles del trayecto, podrá visualizar el perfil de su trayecto en Google Earth y obtener un mapa de su red inalámbrica.

Imagen aérea de Google Earth con la herramienta Perfil y Punto Alto



Mapa de los sitios y enlaces del proyecto

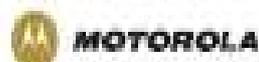


Al modificar ciertas características del sistema, tales como tipo y altura de antena, obtendrá la configuración óptima para alcanzar el rendimiento proyectado necesario para cumplir con sus requerimientos de rendimiento y disponibilidad. Además del rendimiento y la disponibilidad que se observan aquí, también podrá visualizar el margen de ganancia proyectado del sistema y la pérdida de trayecto del enlace.

La precisión de las proyecciones del FTF LINKPlanner dependerá de si se han obtenido datos precisos y completos del trayecto. En base a los datos del trayecto provistos, los informes generados por el FTF LINKPlanner anticipan el rendimiento del enlace posterior a la implementación y proporcionará a los instaladores la información que necesitan para instalar eficientemente los enlaces en su red inalámbrica.

Banda Ancha Inalámbrica Motorola

El portafolio integral de confiables y rentables soluciones de banda ancha inalámbrica de Motorola, junto a nuestras soluciones WLAN, proveen y extienden la cobertura tanto en interiores como en exteriores. El portafolio de Banda Ancha Inalámbrica de Motorola ofrece redes de alta velocidad Punto-a-Punto, Punto-a-Multipunto, Mesh, Wi-Fi y WiMAX que soportan comunicaciones de datos, voz y video, permitiendo una gran variedad de aplicaciones fijas y móviles para redes públicas y privadas. Con las innovadoras soluciones de software de Motorola, los clientes pueden diseñar, implementar y administrar redes de banda ancha, maximizando el tiempo de operación y confiabilidad, y reduciendo, al mismo tiempo, los costos de instalación.



ANEXO 2: RADIOS MICROONDA DIGITAL MDS LEDR 1400F

LEDR Series Digital Microwave Radios



Covering LEDR 400S/F, 700S, 900S/F, 1400S/F Models
Including Protected (1+1) and Space Diversity Versions

P/N 05-3627A01, Rev. F
MAY 2008



GE MDS
industrial wireless networks

Digital Energy
MDS

LEDR Series

Scalable, Long Range
Licensed Point-to-Point



Backhaul | Subrate and Fullrate

The MDS LEDR Series provides full duplex and scalable bandwidth in both subrate and fullrate models. Designed to connect to industry-standard sources, the LEDR Series is available in protected configurations with displays, integrated web servers, and management systems.

Key Benefits

- Deployment flexibility gained with multiple frequency options
- Scalable throughput based on channel size desired and selectable modulation (64 – 768 kbps subrate and up to 8.192 Mbps fullrate)
- Long range resulting from excellent sensitivity (-102 dBm subrate and -89 dBm fullrate) and licensed support in propagation-friendly frequencies
- Highly robust communications with forward error correction (FEC), interleaver, and adaptive equalizer

Application Specific Wireless Solution



Energy & Utilities

- SCADA and substation backhaul, fiber extensions, voice/PBX, video surveillance, and LAN/WAN backhaul, building connectivity, and cellular/corridor backhaul



Water & Wastewater

- SCADA and water monitoring facility backhaul, fiber extensions, video surveillance and LAN/WAN backhaul, building connectivity



Oil & Gas

- Pump on and pump off SCADA control backhaul, WAN networks for Oil company remote offices, backhaul for oil field, backhaul for disaster recovery, video surveillance, and voice/PBX connectivity



Public Safety

- Trunked radio repeater control, leased line replacement, voice/PBX connectivity

Private Network

- One time investment; no recurring leased fees
- Single, cost-effective solution for voice and data (E1/T1)
- Dedicated bandwidth—not sharing with other outside users
- Network Operations Center (NOC) “chain of custody” control—not dependent on external NOC

Flexible Configuration

- Optional interfaces for direct connection to fractional E1/T1 or full E1s
- Optional 1+1 hot standby protected configuration
- Optional space diversity
- Configurable for multiple frequency ranges including 330 MHz to 512 MHz, 800 MHz to 960 MHz, and 1350 MHz to 1535 MHz

Advanced Management

- Front panel displays for easy maintenance and link monitoring
- Built-in NMS element manager
- SNMP network management for Fault, configuration, performance and security management
- Integrated HTML web server allows network wide management via the Internet
- Built-in 9600 bps data service channel
- Local loopback and remote loopback
- 8 Relay alarm contacts per radio

Specifications

| GENERAL | | TRANSMITTER | | ELECTRICAL | |
|-----------------------------------|--|---|--|--|--|
| Frequency Bands (Subrate) | | Output control range | | Power consumption | |
| Non-ETSI | 400S: 330-512 MHz 900S: 800-960 MHz 1400S: 1350-1535 MHz | 10 steps of up to 10 dB | | < 60W (non protected), < 135W (protected) | |
| ETSI | 1400S: 1350-1535 MHz | Frequency stability | | MECHANICAL | |
| Frequency Bands (Fullrate) | | Output power | | Dimensions | |
| Non-ETSI | 400F: 330-512 MHz 900F: 800-960 MHz 1400F: 1350-1535 MHz | +30dBm | | 4.5 H (1U) x 48 W x 30 D cm (1.75 H x 19 W x 12 D in) | |
| ETSI | 1400F: 1350-1535 MHz | TRANSMITTER | | AGENCY APPROVALS | |
| Channel size (Subrate) | | Residual BER | | LEDR 400S & 400F | |
| Non-ETSI | 25, 50, 100, 200 kHz | < 1x10 ⁻⁶ | | Transmission | |
| ETSI | 25, 75, 250 kHz | Dynamic range | | FCC Part 90, 74, 22, IC R55-119 ET S 300 385 (LEDR 400S), FCC Part 15 | |
| Channel size (Fullrate) | | INTERFACES | | LEDR 900S & 900F | |
| Non-ETSI | 500 kHz, 1 MHz, 2 MHz | Data | | Transmission | |
| ETSI | 500 kHz, 2 MHz | EIA-530 / G.703 (option available) | | FCC Part 101, IC R55-119 EMC FCC Part 15 | |
| Data rates (Subrate) | | Orderwire | | LEDR 1400S & 1400F | |
| Non-ETSI | 64, 128, 256, 384, 512, 768 kbps | DTFM capable | | Transmission | |
| ETSI | 64, 128, 768 kbps (fractional E1/T1 available at 768 kbps) | Data Service Channel | | FCC Part 101, IC R55-119 EMC FCC Part 15 | |
| Data rates (Fullrate) | | Ethernet NMS | | Environmental | |
| Non-ETSI | 1-E1 up to 4-E1 | 10 Base-T | | ET S 300 630, MPT 1717 Class 3 | |
| ETSI | 1x E1, 3x E1 | Console Port | | EMS | |
| Modulation (Subrate) | | Alarms | | ET S 300 019, Class 3.2 | |
| Non-ETSI | 32-QAM, 16-QAM, QPSK | 4 programmable outputs, 4 programmable inputs | | Safety | |
| ETSI | 16-QAM | Antenna | | CE Mark | |
| Modulation (Fullrate) | | NETWORK MANAGEMENT | | MISCELLANEOUS | |
| Non-ETSI | 32-QAM, 16-QAM, QPSK | Local LED Indicators | | Options | |
| ETSI | 32-QAM | Front panel LED status indicate: Power, Active, General Alarm, Rx Alarm, Tx Alarm, I/O Alarm | | Space Diversity Hot-standby Protected Bandwidth Upgrade kits (consult factory) Bandpass Duplexers 110/240 Vac, 50/60 Hz Power Supply Orderwire Handset G.703 120 Ohms to 75 Ohms balun | |
| Voltage range | | Front Panel LCD | | Accessories | |
| Non-ETSI | ±12 Vdc (w/external power supply), ±24 Vdc or ±48 Vdc (±20%) | Display & keypad for management of local & remote radio | | Supply Configuration: 2 x LEDR radios, connected via protected switch box Total size: 2 x 1 RU high + 1 x 2 RU high Transmit/Receive Branching Loss: 2 dB/5 dB Receive Switching: Hitless | |
| ETSI | ±24 Vdc or ±48 Vdc (±20%) | Element Management | | Protected | |
| Voltage range (Fullrate) | | SNMP Management | | | |
| Non-ETSI | ±12 Vdc (w/external power supply), ±24 Vdc or ±48 Vdc (±20%) | Full management of LEDR network via command line interface | | | |
| ETSI | ±24 Vdc or ±48 Vdc (±20%) | Full IP-based management of LEDR network and SNMP-enabled peripherals via customer enterprise MIB | | | |
| | | HTML Webserver | | | |
| | | Full IP-based management of LEDR network and web-enabled peripherals via web browser | | | |
| | | ENVIRONMENTAL | | | |
| | | Temperature | | | |
| | | -10°C to +50°C | | | |
| | | Humidity | | | |
| | | < 95% non-condensing | | | |

System Performance Fullrate, Non-ETSI

| Channel Spacing | 500 kHz | 1.0 MHz | 2.0 MHz |
|---|---------|---------|---------|
| Capacity | 1 x E1 | 2 x E1 | 4 x E1 |
| Receiver Sensitivity (10 ⁻⁶ BER) ¹ (32 QAM) | -89 dBm | -86 dBm | -83 dBm |
| System Gain (10 ⁻⁶ BER) (32 QAM) | 119 dB | 116 dB | 113 dB |

| Modulation Type | Threshold Differential | Norm. System Gain Differential |
|-----------------|------------------------|--------------------------------|
| QPSK | -4.5 dB | -5.5 dB |
| 16 QAM | -1.5 dB | -2.5 dB |
| 32 QAM | 0 dB | 0 dB |

1. Receiver sensitivity for 10⁻³ BER are typically 3 dB better
2. Additional overhead channels over and above capacity shown

System Performance Fullrate, ETSI

| Channel Spacing | 500 kHz | 2.0 MHz |
|---|---------|---------|
| Capacity | 1 x E1 | 3 x E1 |
| Receiver Sensitivity (10 ⁻⁶ BER) ¹ (32 QAM) | -89 dBm | -83 dBm |
| System Gain (10 ⁻⁶ BER) (32 QAM) | 119 dB | 113 dB |

System Performance Subrate, Non-ETSI

| Channel Spacing | 25 kHz | 50 kHz | 100 kHz | 200 kHz |
|---|----------|----------|----------|----------|
| Capacity* | 64 kbps | 128 kbps | 256 kbps | 768 kbps |
| Receiver Sensitivity (10 ⁻⁶ BER) ¹ (32 QAM) | -101 dBm | -99 dBm | -96 dBm | -91 dBm |
| System Gain (10 ⁻⁶ BER) (32 QAM) | 131 dB | 127 dB | 126 dB | 121 dB |

| Modulation Type | Threshold Differential | Norm. System Gain Differential |
|-----------------|------------------------|--------------------------------|
| QPSK | -4.5 dB | -5.5 dB |
| 16 QAM | -1.5 dB | -2.5 dB |
| 32 QAM | 0 dB | 0 dB |

1. Receiver sensitivity for 10⁻³ BER are typically 3 dB better

System Performance Subrate, ETSI

| Channel Spacing | 25 kHz | 75 MHz | 250 kHz |
|---|----------|----------|----------|
| Capacity plus overhead | 72 kbps | 152 kbps | 800 kbps |
| Capacity w/o overhead | 64 kbps | 128 kbps | 768 kbps |
| Receiver Sensitivity (10 ⁻⁶ BER) ¹ (32 QAM) | -101 dBm | -99 dBm | -91 dBm |
| System Gain (10 ⁻⁶ BER) (32 QAM) | 131 dB | 127 dB | 121 dB |

Fractional T1/E1 Interface Card

| General Specifications | |
|------------------------|--|
| Line rate | T1 (1.544 Mbps); E1 (2.048 Mbps) |
| Channel size | 200 kHz |
| Data rate | 768 kbps (12 x 64 kbps) |
| Framing | SF, ESF (T1), FAS, CAS, CRC (E1) |
| Signaling | RRS (T1); Time Slot 16 CAS (E1) |
| Line codes | AMI, B8ZS, B7ZS (T1), AMI, HDB3 (E1) |
| Interface | RJ48C Balanced Interface, 100 Ohms (T1), 120 Ohms (E1) |
| Physical | |
| Size | 15.24 cm x 12.7 cm (6 in x 5 in) |
| Configuration | Option card, fitted internal to LEDR chassis |
| Availability ETSI | Fractional and full E1 (1400S) |
| Availability Non-ETSI | Fractional T1 (400S, 900S, 1400S) Fractional E1 (400S, 900S, 1400S) |

2.5 Front Panel

Indicators, Text Display and Navigation Keys

Figure 5 shows the details of the LEDR radio's front panel indicators, LCD text display, and menu navigation keys.

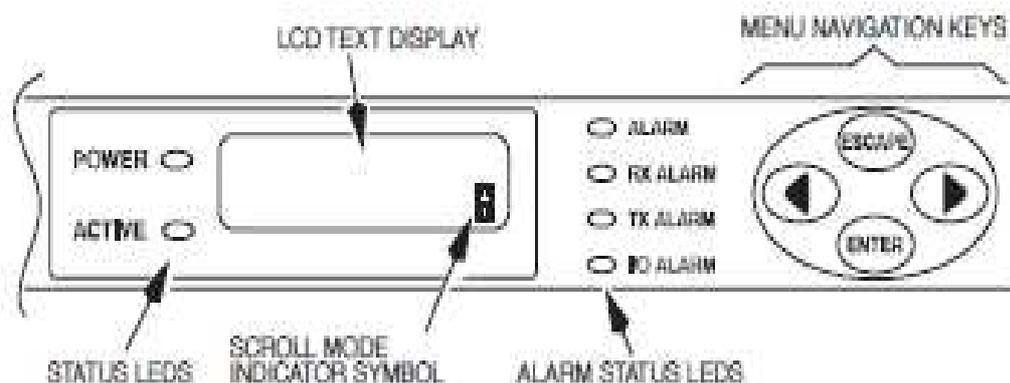


Figure 5. Front Panel Indicators, Text Display and Keys

LED Indicators

The front panel LEDs indicate various operating conditions as outlined in Table 7.

Table 7. Front Panel LED Functions

| LED | Indications |
|----------|---|
| POWER | Primary power is applied to radio |
| ACTIVE | This radio is the on-line/active unit in a protected/redundant configuration. |
| ALARM | A general alarm condition is present |
| RX ALARM | The modem is not locked to a receive signal |
| TX ALARM | There is a problem with the transmitter |
| IO ALARM | There is a payload data interface error |

LCD Display & Keys

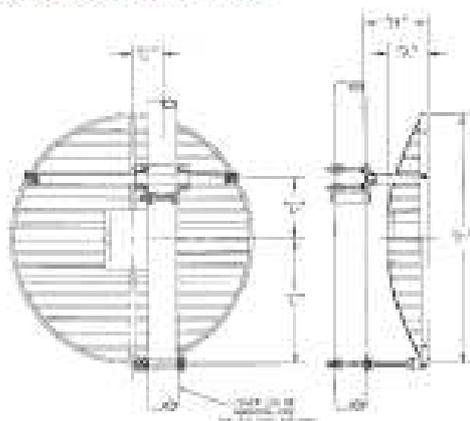
The LCD display provides a two line by 16-character readout of radio status and parameter settings. It is used with the menu navigation keys on the right side of the front panel to control the radio's operation and access diagnostic information.

ANEXO 3: CARACTERÍSTICAS DE ANTENAS DE MICROONDA

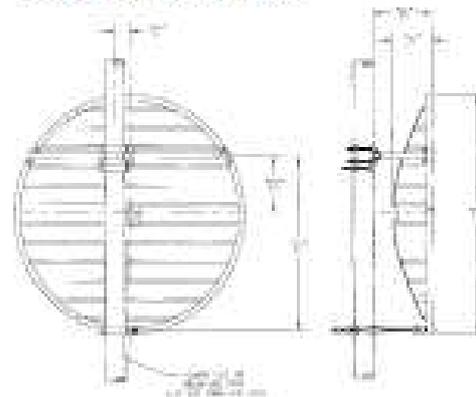
Antenna Dimensions

Parabolic Grid Antennas with U Mount

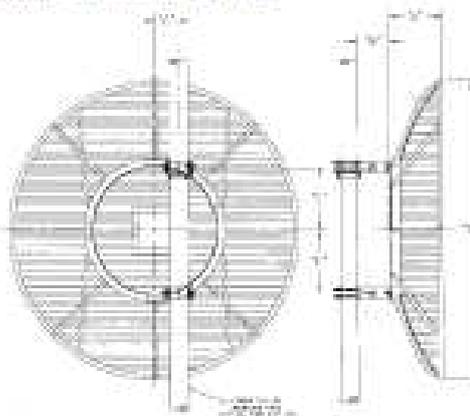
3 Foot Grid Antennas with U Mount



4 Foot Grid Antennas with U Mount



6 Foot Grid Antennas with U Mount

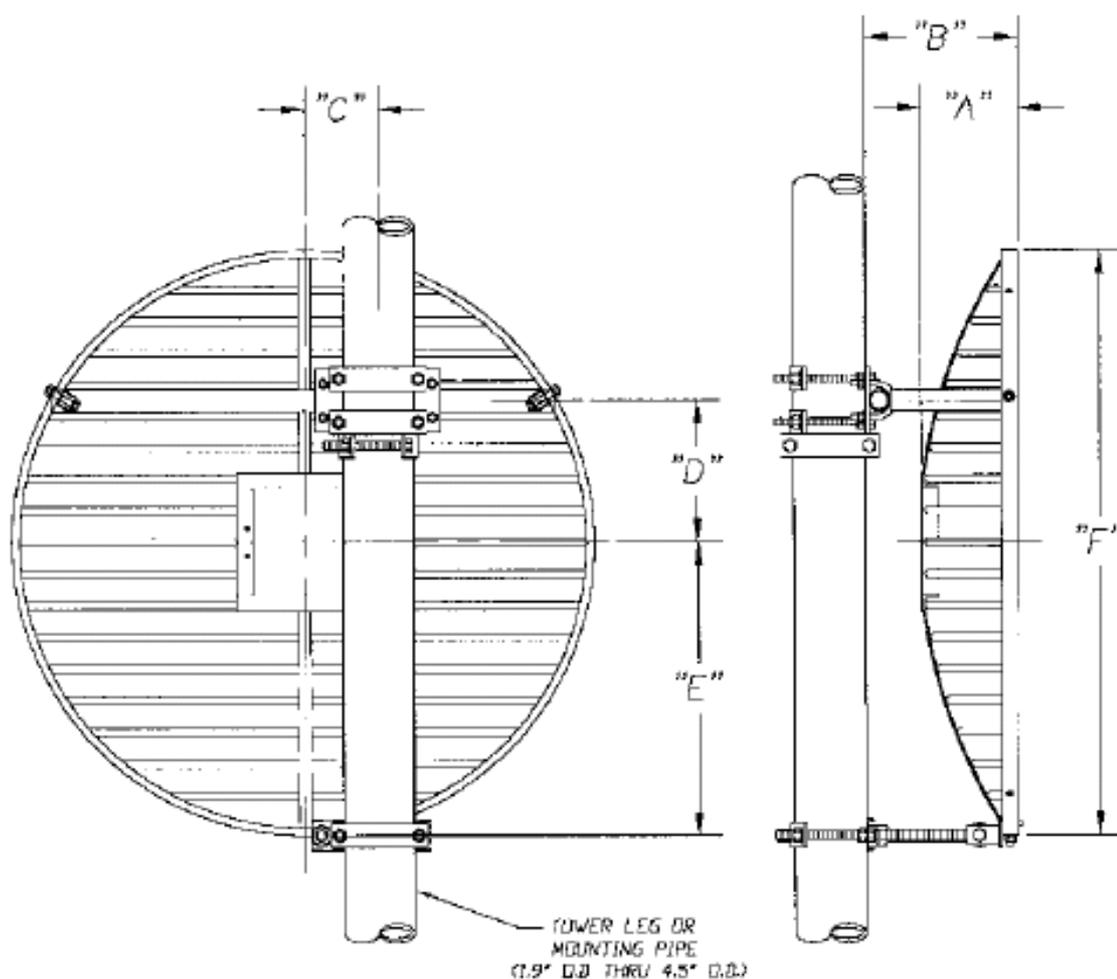


| diameter ft (cm) | focal ft (cm) |
|---------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| 3 (91) | 6 (18) | 36" (91) | 3 7/8" (9) | 3 (23) | 18" (46) | 3" (54) |
| 4 (122) | 8" (23) | 12 7/8" (33) | 3 9/16" (9) | 12 9/16" (33) | 37 9/16" (96) | 6" (152) |
| 6 (183) | 12" (34) | 36 1/2" (93) | 6 (15) | 15" (40) | 54" (138) | 9" (229) |

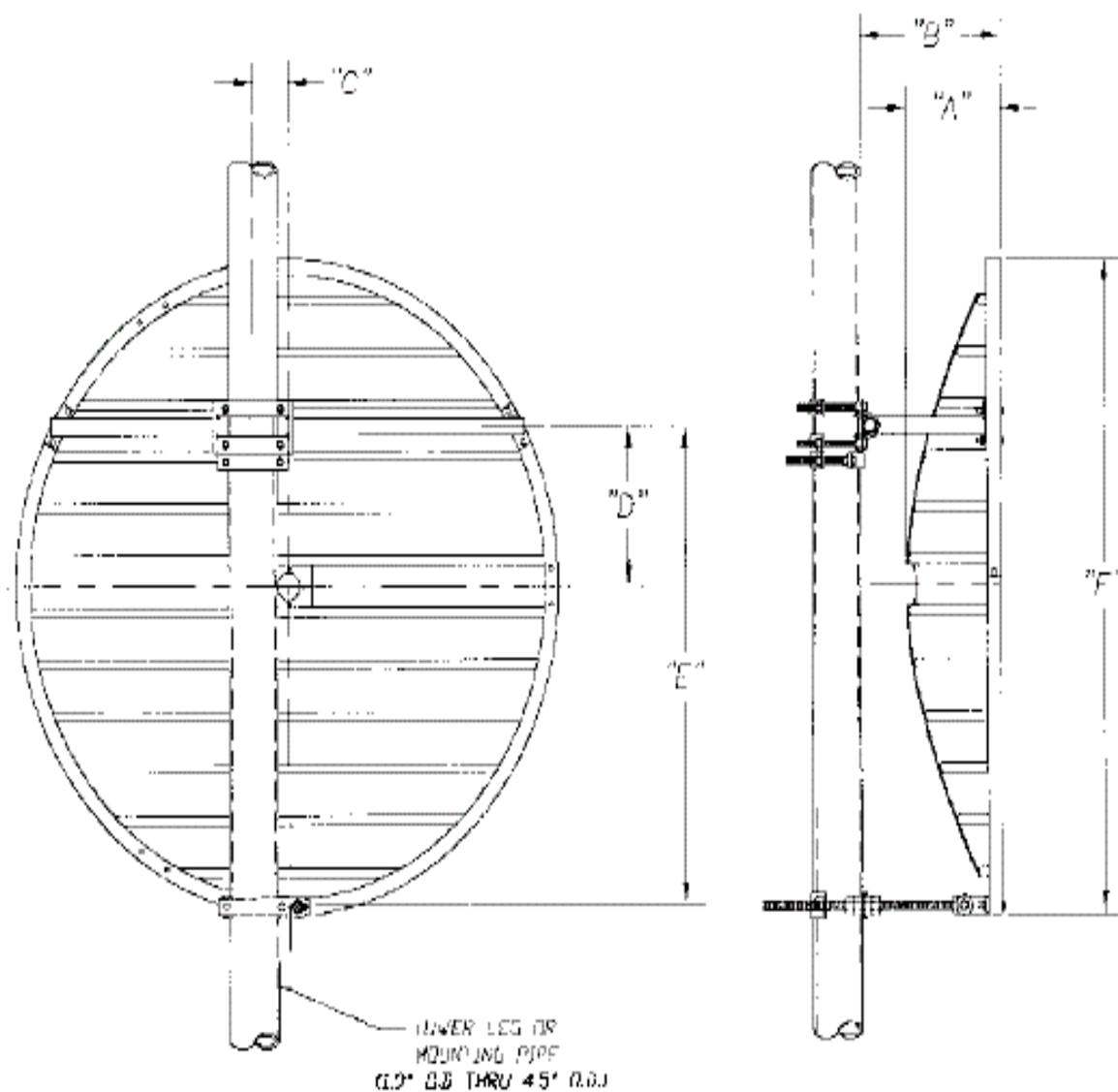
Antenna Dimensions

Parabolic Grid Antennas with U Mount

3 Foot Grid Antennas with U Mount

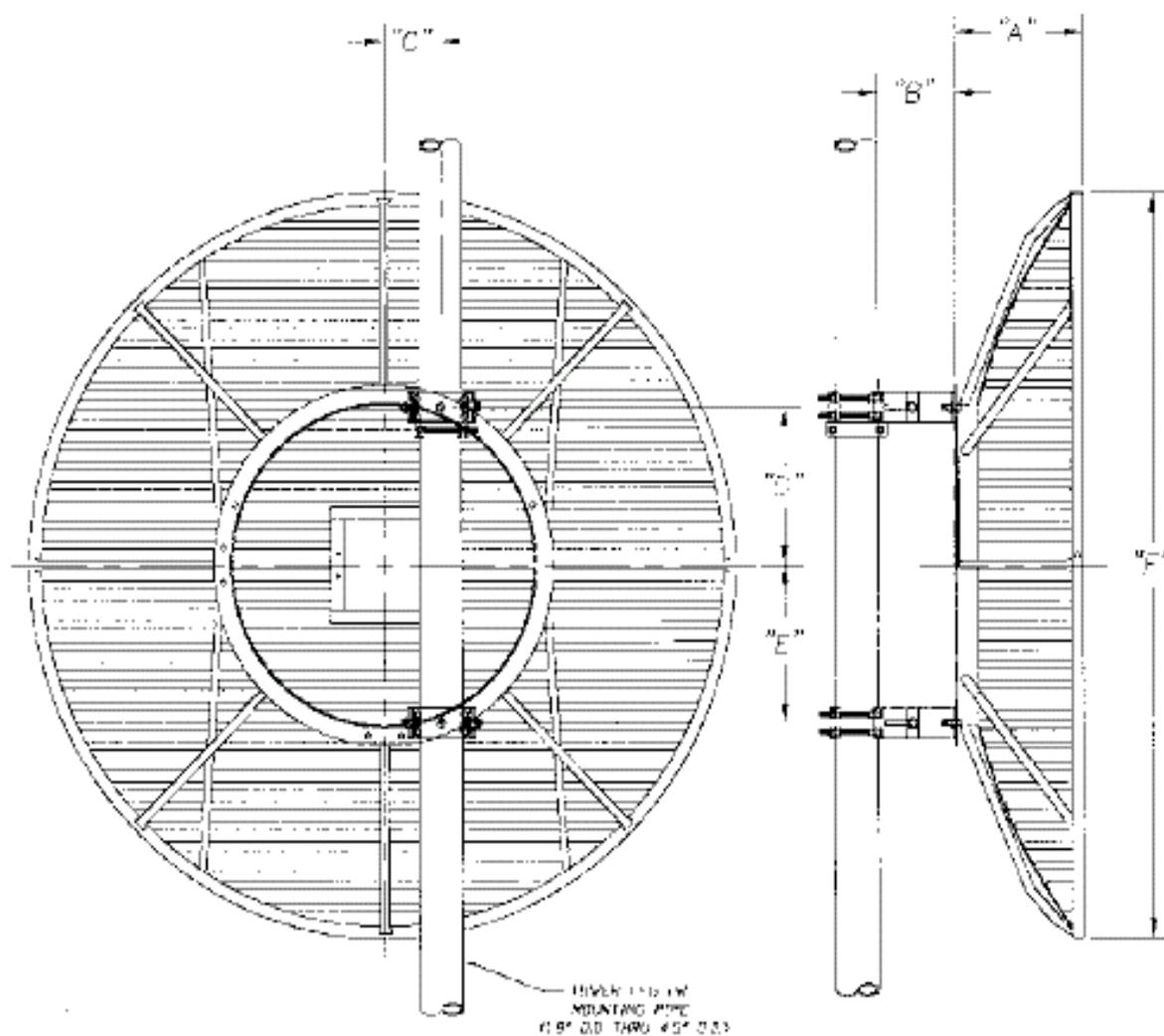


4 Foot Grid Antennas with U Mount



ANTENNA DIMENSIONS

6 Foot Grid Antennas with U Mount



| Diameter ft (cm) | "A" in (cm) | "B" in (cm) | "C" in (cm) | "D" in (cm) | "E" in (cm) | "F" in (cm) |
|---------------------|-------------------------------------|---|-------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|
| 3 (91) | 6 (15) | 9 ⁹ / ₁₆ (24) | 3 ²³ / ₃₂ (9) | 9 (23) | 18 ¹ / ₂ (47) | 37 (94) |
| 4 (122) | 8 ³ / ₄ (22) | 12 ¹⁵ / ₁₆ (33) | 3 ⁹ / ₃₂ (8) | 12 ⁴³ / ₆₄ (32) | 37 ¹⁹ / ₆₄ (95) | 50 ¹ / ₂ (128) |
| 6 (183) | 13 ¹ / ₂ (34) | 5 ¹¹ / ₃₂ -8 ³ / ₃₂ (14-21) | 6 (15) | 15 ³ / ₄ (40) | 15 ³ / ₄ (40) | 74 ¹ / ₂ (189) |



ANTENNA DIMENSIONS

Antenna Weight (Including Mount)

The following summarizes the antenna weight with and without ice. The weight includes the reflector, feed, mount and suggested side braces. Ice is assumed to be 1/2" radial at 56 lbs per cubic foot.

Grid Antennas / 1000-2700 MHz

| Diameter ft (m) | Weight Without Ice lbs (N) | Weight With Ice lbs (N) |
|--------------------|----------------------------------|-------------------------------|
| 3 (0.9) | 49 (218) | 114 (507) |
| 4 (1.2) | 86 (383) | 163 (725) |
| 6 (1.8) | 128 (570) | 277 (1233) |
| 6 (1.8) - Cat. A | 171 (761) | 546 (2430) |
| 8 (2.4) | 216 (961) | 570 (2537) |
| 10 (3.0) | 286 (1273) | 646 (2875) |
| 12 (3.6) | 465 (2069) | 1099 (4891) |
| 15 (4.6) | 750 (3338) | 1966 (8749) |

1427-1535 MHz

| Model | Diameter ft (m) | Input Flanges | Regulatory Compliance | Low Gain dBi | Mid Gain dBi | High Gain dBi | B/W deg | F/B dB | VSWR _{Max(RL)} | | Cross Pole |
|--------------|--------------------|------------------|--------------------------|-----------------|-----------------|------------------|------------|-----------|-------------------------|-------------|---------------|
| | | | | | | | | | Standard (dB) | Low (dB) | |
| Grid | | | | | | | | | | | |
| P-15A36G±-U | 3 (0.9) | ± | N/A | 20.8 | 21.1 | 21.4 | 13.6 | 26.0 | 1.5 (14.0) | N/A | 34.0 |
| P-15A48G±-U | 4 (1.2) | ± | N/A | 23.3 | 23.7 | 24.0 | 10.4 | 31.0 | 1.3 (17.7) | 1.20 (20.8) | 31.0 |
| P-15A72G±-U | 6 (1.8) | ± | N/A | 27.2 | 27.5 | 27.8 | 7.0 | 36.0 | 1.3 (17.7) | 1.15 (23.1) | 34.0 |
| P-15A72G±-S | 6 (1.8) | ± | N/A | 27.2 | 27.5 | 27.8 | 7.0 | 36.0 | 1.3 (17.7) | 1.15 (23.1) | 34.0 |
| P-15A96G±-S | 8 (2.4) | ± | N/A | 29.2 | 29.5 | 29.8 | 5.3 | 36.0 | 1.3 (17.7) | 1.15 (23.1) | 36.0 |
| P-15A120G±-S | 10 (3.0) | ± | N/A | 30.4 | 30.7 | 31.1 | 4.5 | 38.0 | 1.3 (17.7) | 1.15 (23.1) | 35.0 |
| P-15A144G±-S | 12 (3.7) | ± | N/A | 32.7 | 33.0 | 33.3 | 3.6 | 41.0 | 1.3 (17.7) | 1.15 (23.1) | 41.0 |
| P-15A180G±-2 | 15 (4.6) | ± | N/A | 34.2 | 34.5 | 34.8 | 2.9 | 42.0 | 1.3 (17.7) | 1.15 (23.1) | 45.0 |

ANEXO 4: CARACTERÍSTICAS DE CABLE HELIAX DE 1/2"

**1/2" Foam Dielectric,
LDF Series – 50-ohm**



LDF4-50A

| Description | Type No. |
|--|----------------------|
| Cable Ordering Information | |
| Standard Cable | |
| 1/2' Standard Cable, Standard Jacket | LDF4-50A |
| Fire Retardant Cables | |
| 1/2' Fire Retardant Jacket (CATVX) | LDF4RN-50A |
| 1/2' Fire Retardant Jacket (CATVR) | LDF4RN-50A |
| Low VSWR and Specialized Cables | |
| 1/2' Low VSWR, specify operating band | LDF4P-50A-(**) |
| Phase Stabilized and Phase Measured Cable | See page 590 |
| Jumper Cable Assemblies – See page 584 | |
| ** Insert suffix number from "Low VSWR Specifications" table, page 498 | |
| Characteristics | |
| Electrical | |
| Impedance, ohms | 50 ± 1 |
| Maximum Frequency, GHz | 8.8 |
| Velocity, percent | 88 |
| Peak Power Rating, kW | 40 |
| dc Resistance, ohms/1000 ft (1000 m) | |
| Inner | 0.45 (1.48) |
| Outer | 0.58 (1.90) |
| dc Breakdown, volts | 4000 |
| Jacket Spark, volts RMS | 8000 |
| Capacitance, pF/ft (m) | 23.1 (75.8) |
| Inductance, µH/ft (m) | 0.058 (0.19) |
| Mechanical | |
| Outer Conductor | Copper |
| Inner Conductor | Copper-Clad Aluminum |
| Diameter over Jacket, in (mm) | 0.63 (16) |
| Diameter over Copper Outer Conductor, in (mm) | 0.55 (14) |
| Diameter Inner Conductor, in (mm) | 0.189 (4.6) |
| Nominal Inside Transverse Dimensions, cm | 1.11 |
| Minimum Bending Radius, in (mm) | 5 (125) |
| Number of Bends, minimum (typical) | 15 (50) |
| Bending Moment, lb-ft (N·m) | 2.8 (3.8) |
| Cable Weight, lb/ft (kg/m) | 0.15 (0.22) |
| Tensile Strength, lb (kg) | 250 (113) |
| Flat Plate Crush Strength, lb/in (kg/mm) | 110 (2.0) |

| Attenuation and Average Power Ratings | | | |
|---------------------------------------|--------------------------|-------------------------|----------------------|
| Frequency MHz | Attenuation dB/100 ft | Attenuation dB/100 m | Average Power, kW |
| 0.5 | 0.045 | 0.149 | 40.0 |
| 1 | 0.064 | 0.211 | 35.8 |
| 1.5 | 0.079 | 0.259 | 29.2 |
| 2 | 0.091 | 0.299 | 25.3 |
| 10 | 0.205 | 0.672 | 11.3 |
| 20 | 0.291 | 0.954 | 7.93 |
| 30 | 0.357 | 1.17 | 6.46 |
| 50 | 0.463 | 1.52 | 4.98 |
| 88 | 0.619 | 2.03 | 3.73 |
| 100 | 0.661 | 2.17 | 3.49 |
| 108 | 0.688 | 2.26 | 3.36 |
| 150 | 0.815 | 2.67 | 2.83 |
| 174 | 0.880 | 2.89 | 2.62 |
| 200 | 0.946 | 3.10 | 2.44 |
| 300 | 1.17 | 3.83 | 1.97 |
| 400 | 1.36 | 4.46 | 1.70 |
| 450 | 1.45 | 4.75 | 1.59 |
| 500 | 1.53 | 5.02 | 1.51 |
| 512 | 1.55 | 5.08 | 1.49 |
| 600 | 1.69 | 5.53 | 1.37 |
| 700 | 1.83 | 6.01 | 1.26 |
| 800 | 1.97 | 6.46 | 1.17 |
| 824 | 2.00 | 6.56 | 1.15 |
| 894 | 2.09 | 6.85 | 1.10 |
| 980 | 2.17 | 7.12 | 1.06 |
| 1000 | 2.22 | 7.28 | 1.04 |
| 1250 | 2.51 | 8.23 | 0.921 |
| 1500 | 2.77 | 9.09 | 0.833 |
| 1700 | 2.97 | 9.74 | 0.777 |
| 1800 | 3.07 | 10.1 | 0.753 |
| 2000 | 3.25 | 10.7 | 0.710 |
| 2100 | 3.34 | 11.0 | 0.691 |
| 2200 | 3.43 | 11.2 | 0.673 |
| 2300 | 3.52 | 11.5 | 0.657 |
| 3000 | 4.09 | 13.4 | 0.565 |
| 3400 | 4.39 | 14.4 | 0.526 |
| 4000 | 4.82 | 15.8 | 0.479 |
| 5000 | 5.49 | 18.0 | 0.421 |
| 6000 | 6.11 | 20.1 | 0.378 |
| 8000 | 7.26 | 23.8 | 0.318 |
| 8800 | 7.69 | 25.2 | 0.300 |

Standard Conditions:
 For attenuation, VSWR 1.0, ambient temperature 20°C (68°F).
 For Average Power, VSWR 1.0, ambient temperature 40°C (104°F), inner conductor temperature 100°C (212°F), no solar loading.



Customer Service Center - Call toll-free from: • U.S.A., Canada and Mexico 1-800-255-1479

ANEXO 5: CARACTERÍSTICAS DE CABLE HELIAX DE 7/8"

Product Specifications



ANDREW
A CommScope Company

AVA5-50
AVA5-50, HELIAX® Andrew Virtual Air™ Coaxial Cable, corrugated copper, 7/8 in, black PE jacket



CHARACTERISTICS

Construction Materials

| | |
|--------------------------|-------------------|
| Jacket Material | PE |
| Outer Conductor Material | Corrugated copper |
| Dielectric Material | Foam PE |
| Flexibility | Standard |
| Inner Conductor Material | Copper tube |
| Jacket Color | Black |

Dimensions

| | |
|--------------------------|------------------------|
| Nominal Size | 7/8 in |
| Cable Weight | 0.30 lb/ft 0.45 kg/m |
| Diameter Over Dielectric | 24.130 mm 0.950 in |
| Diameter Over Jacket | 27.940 mm 1.100 in |
| Inner Conductor OD | 9.398 mm 0.370 in |
| Outer Conductor OD | 25.400 mm 1.000 in |

Electrical Specifications

| | |
|---------------------------------|--------------------------------|
| Cable Impedance | 50 ohm ± 1 ohm |
| Capacitance | 22 pF/ft 73 pF/m |
| dc Resistance, Inner Conductor | 0.410 ohms/kft 1.435 ohms/km |
| dc Resistance, Outer Conductor | 0.340 ohms/kft 1.116 ohms/km |
| dc Test Voltage | 6000 V |
| Inductance | 0.184 µH/m 0.056 µH/ft |
| Insulation Resistance | 100000 MOhm |
| Jacket Spark Test Voltage (rms) | 8000 V |
| Operating Frequency Band | 1 – 5000 MHz |
| Peak Power | 91.0 kW |
| Pulse Reflection | 0.5% |
| Velocity | 91% |

Environmental Specifications

Product Specifications



AVA5-50

| | |
|--------------------------|--------------------------------------|
| Installation Temperature | -40 °C to +60 °C (-40 °F to +140 °F) |
| Operating Temperature | -55 °C to +85 °C (-67 °F to +185 °F) |
| Storage Temperature | -70 °C to +85 °C (-94 °F to +185 °F) |

General Specifications

| | |
|-------|---------|
| Brand | HELIAX® |
|-------|---------|

Mechanical Specifications

| | |
|-------------------------------------|------------------------|
| Bending Moment | 19.0 N-m 14.0 ft lb |
| Flat Plate Crush Strength | 75.0 lb/in 1.3 kg/mm |
| Minimum Bend Radius, Multiple Bends | 254.00 mm 10.00 in |
| Minimum Bend Radius, Single Bend | 127.00 mm 5.00 in |
| Number of Bends, minimum | 15 |
| Number of Bends, typical | 30 |
| Tensile Strength | 159 kg 350 lb |

Standard Conditions

| | |
|---|----------------|
| Attenuation, Ambient Temperature | 20 °C 68 °F |
| Average Power, Ambient Temperature | 40 °C 104 °F |
| Average Power, Inner Conductor Temperature 100 °C | 212 °F |

Return Loss

| Frequency Band | VSWR | Return Loss (dB) |
|----------------|------|------------------|
| 806–960 MHz | 1.13 | 24.30 |
| 1700–2000 MHz | 1.13 | -24.30 |

Attenuation

| Frequency (MHz) | Attenuation (dB/100 ft) | Attenuation (dB/100 m) | Average Power (kW) |
|-----------------|-------------------------|------------------------|--------------------|
| 0.5 | 0.023 | 0.076 | 91.00 |
| 1 | 0.033 | 0.108 | 77.97 |
| 1.5 | 0.04 | 0.132 | 63.61 |
| 2 | 0.046 | 0.153 | 55.06 |
| 10 | 0.105 | 0.343 | 24.48 |
| 20 | 0.149 | 0.487 | 17.23 |
| 30 | 0.183 | 0.599 | 14.02 |
| 50 | 0.237 | 0.777 | 10.81 |
| 88 | 0.317 | 1.039 | 8.08 |
| 100 | 0.338 | 1.11 | 7.57 |
| 108 | 0.352 | 1.155 | 7.27 |
| 150 | 0.417 | 1.369 | 6.14 |
| 174 | 0.451 | 1.479 | 5.68 |
| 200 | 0.485 | 1.591 | 5.28 |
| 300 | 0.6 | 1.968 | 4.27 |
| 400 | 0.698 | 2.292 | 3.67 |
| 450 | 0.744 | 2.44 | 3.44 |
| 500 | 0.787 | 2.581 | 3.25 |
| 512 | 0.797 | 2.614 | 3.21 |
| 600 | 0.868 | 2.846 | 2.95 |
| 700 | 0.943 | 3.093 | 2.72 |

Product Specifications



AVA5-50

| | | | |
|------|-------|-------|------|
| 800 | 1.014 | 3.325 | 2.53 |
| 824 | 1.03 | 3.379 | 2.49 |
| 894 | 1.077 | 3.533 | 2.38 |
| 960 | 1.119 | 3.673 | 2.29 |
| 1000 | 1.145 | 3.756 | 2.24 |
| 1250 | 1.294 | 4.247 | 1.98 |
| 1500 | 1.432 | 4.7 | 1.79 |
| 1700 | 1.536 | 5.04 | 1.67 |
| 1800 | 1.586 | 5.205 | 1.61 |
| 2000 | 1.683 | 5.523 | 1.52 |
| 2100 | 1.731 | 5.678 | 1.48 |
| 2200 | 1.777 | 5.83 | 1.44 |
| 2300 | 1.822 | 5.979 | 1.40 |
| 2500 | 1.911 | 6.27 | 1.34 |
| 2700 | 1.997 | 6.553 | 1.28 |
| 3000 | 2.122 | 6.963 | 1.21 |
| 3400 | 2.282 | 7.487 | 1.12 |
| 4000 | 2.51 | 8.234 | 1.02 |
| 5000 | 2.864 | 9.396 | 0.89 |

Regulatory Compliance/Certifications

Agency

RoHS 2002/95/EC

China RoHS SJ/T 11364-2006

Classification

Compliant

Below Maximum Concentration Value (MCV)

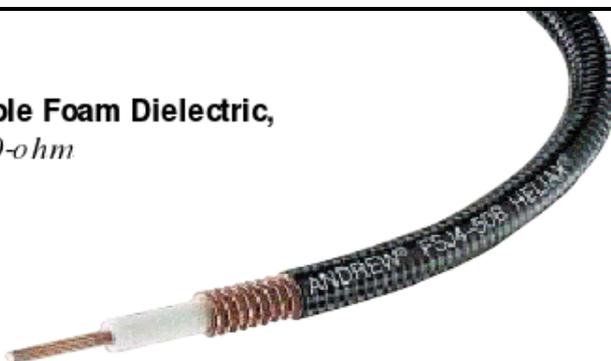
From North America, toll free
Telephone: 1-800-255-1479
Fax: 1-800-349-5444

Outside North America
Telephone: +1-708-873-2307
Fax: +1-779-435-8579

© 2008 CommScope, Inc. All rights reserved.
All specifications are subject to change. Please see
www.andrew.com for the most current information.

ANEXO 6: CARACTERÍSTICAS DE CABLE SUPERFLEX DE 1/2"

1/2" Superflexible Foam Dielectric, FSJ Series – 50-ohm



FSJ4-50B

Attenuation and Average Power Ratings

| Description | Type No. | Frequency MHz | Attenuation dB/100 ft | Attenuation dB/100 m | Average Power, kW |
|--|----------------------|------------------|--------------------------|-------------------------|----------------------|
| Cable Ordering Information | | | | | |
| Standard Superflexible Cable | | | | | |
| 1/2" Standard Cable, Standard Jacket | FSJ4-50B | 0.5 | 0.070 | 0.231 | 15.6 |
| Fire Retardant Cables | | | | | |
| 1/2" Fire Retardant Jacket (CATVX) | FSJ4RN-50B | 1 | 0.100 | 0.327 | 15.6 |
| 1/2" Fire Retardant Jacket (CATVR) | FSJ4RN-50B | 1.5 | 0.122 | 0.401 | 15.6 |
| Low VSWR and Specialized Cables | | | | | |
| 1/2" Low VSWR, specify operating band | FSJ4P-50-(* *) | 2 | 0.141 | 0.463 | 15.6 |
| Phase Stabilized and Phase Measured Cable | See page 590 | 10 | 0.318 | 1.04 | 10.1 |
| Jumper Cable Assemblies – See page 584 | | | | | |
| ** Insert suffix number from "Low VSWR Specifications" table, page 487 | | | | | |
| Characteristics | | | | | |
| Electrical | | | | | |
| Impedance, ohms | 50 ± 1 | 20 | 0.453 | 1.49 | 7.07 |
| Maximum Frequency, GHz | 10.2 | 30 | 0.557 | 1.83 | 5.75 |
| Velocity, percent | 81 | 50 | 0.724 | 2.38 | 4.42 |
| Peak Power Rating, kW | 15.6 | 88 | 0.971 | 3.19 | 3.30 |
| dc Resistance, ohms/1000 ft (1000 m) | | 100 | 1.04 | 3.41 | 3.08 |
| Inner | 0.82 (2.69) | 108 | 1.08 | 3.55 | 2.96 |
| Outer | 1.00 (3.28) | 150 | 1.28 | 4.21 | 2.49 |
| dc Breakdown, volts | 2500 | 174 | 1.39 | 4.56 | 2.30 |
| Jacket Spark, volts RMS | 5000 | 200 | 1.50 | 4.91 | 2.14 |
| Capacitance, pF/ft (m) | 25.2 (82.7) | 300 | 1.86 | 6.09 | 1.72 |
| Inductance, µH/ft (m) | 0.0625 (0.205) | 400 | 2.17 | 7.12 | 1.48 |
| Mechanical | | | | | |
| Outer Conductor | Copper | 450 | 2.31 | 7.59 | 1.38 |
| Inner Conductor | Copper-Clad Aluminum | 500 | 2.45 | 8.04 | 1.31 |
| Diameter over Jacket, standard jacket, in (mm) | 0.52 (13.2) | 512 | 2.48 | 8.15 | 1.29 |
| Diameter over Jacket, fire-retardant jacket, in (mm) | 0.53 (13.5) | 600 | 2.71 | 8.89 | 1.18 |
| Diameter over Copper Outer Conductor, in (mm) | 0.48 (12.2) | 700 | 2.95 | 9.68 | 1.09 |
| Diameter Inner Conductor, in (mm) | 0.142 (3.6) | 800 | 3.18 | 10.4 | 1.01 |
| Minimum Bending Radius, in (mm) | 1.25 (32) | 824 | 3.23 | 10.6 | 0.991 |
| Number of Bends, minimum (typical) | 20 (50) | 894 | 3.38 | 11.1 | 0.947 |
| Bending Moment, lb-ft (N·m) | 2.0 (2.7) | 960 | 3.52 | 11.6 | 0.909 |
| Cable Weight, lb/ft. (kg/m) | 0.14 (0.21) | 1000 | 3.60 | 11.8 | 0.889 |
| Tensile Strength, lb (kg) | 175 (80) | 1250 | 4.09 | 13.4 | 0.783 |
| Flat Plate Crush Strength, lb/in (kg/mm) | 110 (1.9) | 1500 | 4.54 | 14.9 | 0.705 |
| | | 1700 | 4.88 | 16.0 | 0.656 |
| | | 1800 | 5.05 | 16.6 | 0.634 |
| | | 2000 | 5.37 | 17.6 | 0.597 |
| | | 2100 | 5.53 | 18.1 | 0.580 |
| | | 2200 | 5.68 | 18.6 | 0.564 |
| | | 2300 | 5.83 | 19.1 | 0.549 |
| | | 3000 | 6.84 | 22.4 | 0.489 |
| | | 3400 | 7.38 | 24.2 | 0.435 |
| | | 4000 | 8.15 | 26.7 | 0.394 |
| | | 5000 | 9.35 | 30.7 | 0.343 |
| | | 6000 | 10.5 | 34.4 | 0.306 |
| | | 8000 | 12.6 | 41.4 | 0.254 |
| | | 10000 | 14.8 | 47.9 | 0.220 |
| | | 10200 | 14.8 | 48.5 | 0.217 |

Standard Conditions:

For attenuation, VSWR 1.0, ambient temperature 20°C (68°F).

For Average Power, VSWR 1.0, ambient temperature 40°C (104°F), inner conductor temperature 100°C (212°F), no solar loading.

ANEXO 7: CARACTERÍSTICAS DE HANGERS KIT (KITS DE ABRAZADERAS METÁLICAS)

Standard Hangers and Adapters

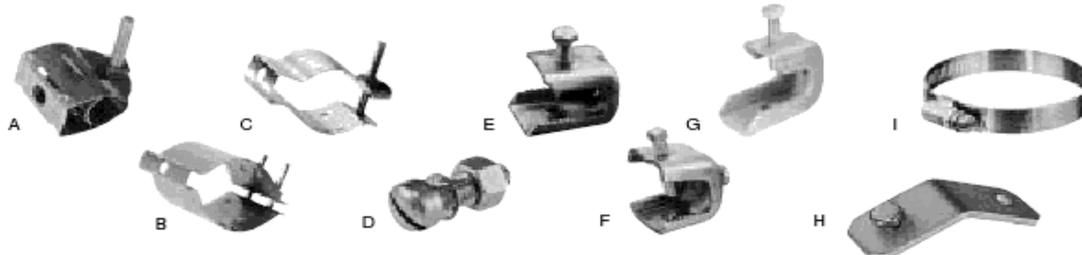
Cable Gripping Tabs – Prevent cable slippage without the need for a permanently installed hoisting grip.

Pre-Assembled and Captivated Hardware – Eliminates the need for field assembly.

Springlike Flexibility – Makes it easy to form the hanger around the cable and dampens vibration for long life.

Heavy Gauge Stainless Steel Construction – High strength and excellent corrosion resistance for long-term reliability.

Standard HELIAX hangers are designed for easy installation. The clamp locking bolt and nut are preassembled and captivated to minimize installation labor. Proper tension is easy to determine. The hanger is simply tightened until there is a 5/16" gap between the clamp legs. The pre-drilled hole for 3/8" or 1/2" mounting hardware and slots for round member adapter clamps further simplify installation. Many accessories are available to adapt these hangers to most tower configurations.



Standard Hangers and Adapters for 1/2" to 4" Cables

Hangers for 1/2" to 4" HELIAX® cables use 3/8" hardware for attachment to towers or adapters.

Hanger Kit of 10 pieces. Stainless steel. 3/8" mounting hardware not included.

| Cable Size | Maximum Spacing | Photo Ref. | Type Number |
|------------|----------------------------|------------|-------------|
| 1/2" | Refer to table on page 594 | A | 43211A |
| 5/8" | | B | 42396A-9 |
| 7/8" | | B | 42396A-5 |
| 1-1/4" | | B | 42396A-1 |
| 1-5/8" | | B | 42396A-2 |
| 2-1/4" | | B | 42396A-4 |
| 3" | | C | 31766A-11 |
| 4" | | C | 31766A-10 |

D Hardware Kit of 10 sets. 3/8" fillister-head bolts, lock washers and nuts for attachment of hangers to drilled tower members.

3/4" (19 mm) longType **31769-5**

1" (25 mm) longType **31769-1**

E Compact Angle Adapters, Stainless Steel. The adapters are suitable for use with single runs of HELIAX cable up to 2-1/4" diameter. When used with our stackable, Click-On hangers, they can accommodate up to six runs of LDF6 (1-1/4") or smaller and up to four runs of LDF7 (1-5/8") HELIAX cables.

3/8" HardwareType **243684**

Metric HardwareType **243684-M**

F Angle Adapter, Stainless Steel, kit of 10 pieces. For mounting cable 1/2" to 4" cable hangers to angle tower members up to 7/8" (22mm) thick. Includes hanger attachment hardware. See page 570 for bulk packs
3/8" HardwareType **31768A**
Metric HardwareType **31768A-M**

G Angle Adapter, Galvanized, kit of 10 pieces. For mounting cable 1/2" to 2-1/4" cable hangers to angle tower members up to 3/4" (19 mm) thick. Includes hanger attachment hardware.
3/8" Hardware, kit of 10Type **242774**
Metric Hardware, kit of 10Type **242774-M**

H 45° Adapter Kit of 10. Use with angle adapter and threaded rod support kit to place a hanger at a waveguide bend. Galvanized steelType **42334**

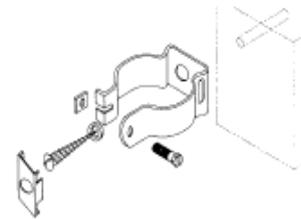
I Round Member Adapter Kit of 10 pieces. Stainless steel clamps to mount 1/2" to 4" cable hangers to round support members. Two each are needed for 3" and 4" cable hangers.

| Member Diameter, in (mm) | Type Number |
|--------------------------|-------------|
| 1 - 2 (25 - 50) | 31670-1 |
| 2 - 3 (50 - 75) | 31670-2 |
| 3 - 4 (75 - 100) | 31670-3 |
| 4 - 5 (100 - 125) | 31670-4 |
| 5 - 6 (125 - 150) | 31670-5 |
| 6 - 8 (150 - 200) | 31670-6 |

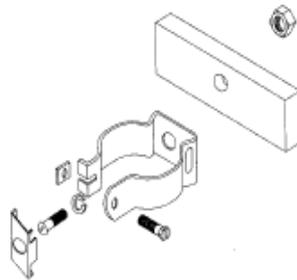


Illustrated are five different mounting configurations for hangers, three of which employ the use of hanger adapters which are available from Cablewave Systems.

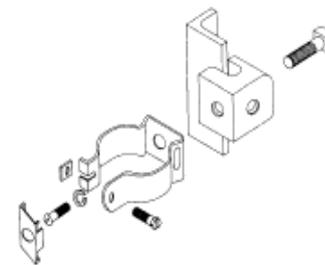
NOTE: For illustration detail, the hanger assembly hardware is not shown captivated.



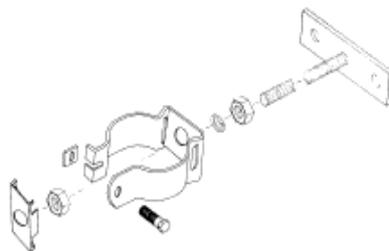
Direct to Wood or Concrete
(using an anchor)



Direct to Tower



Angle Member Adapter Kit 915255



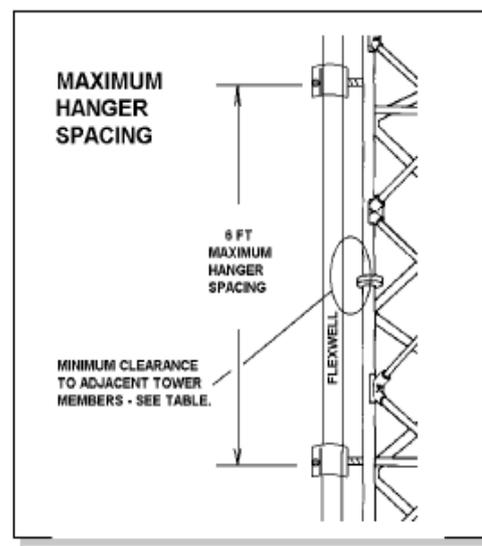
Ceiling Adapter 514608-003



Round Member Adapter Kit 514542-XXX

Maximum Hanger Spacing & Tower Member Clearance

| Cable Size | Maximum Hanger Spacing | Minimum Clearance To Any Adjacent Tower Member |
|---------------------|------------------------|--|
| FLC/HCC 1/2' -50J | 4 ft (1.2m) | 4.5" (114 mm) |
| FLC/HCC 7/8" -50J | 6 ft (2m) | 4" (101 mm) |
| FLC 1-1/4" -50J | 6 ft (2m) | 5" (127 mm) |
| FLC/HCC 1-5/8" -50J | 6 ft (2m) | 4" (101 mm) |
| HCC 3" -50J | 6 ft (2m) | 3" (76 mm) |



ANEXO 8: CARACTERÍSTICAS DE GROUNDING KIT

Installation Instructions

Bulletin 237549

Revision B

Grounding Kits

for HELIAX® Elliptical Waveguide and Coaxial Cable

Juegos de Conexión a Tierra

para la guía de ondas elíptica y cable coaxial HELIAX®

Kits de mise à la terre

pour guide d'ondes elliptique et câble coaxial HELIAX®

Erdungsschelle

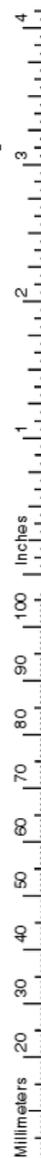
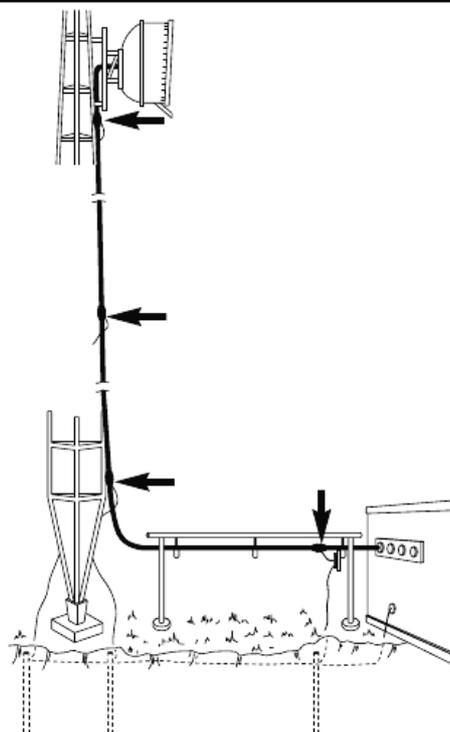
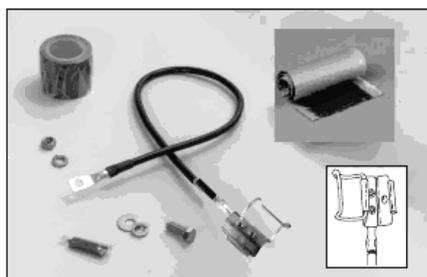
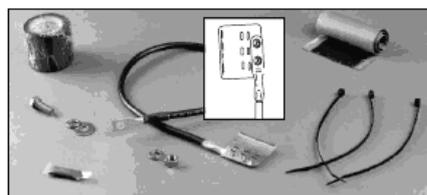
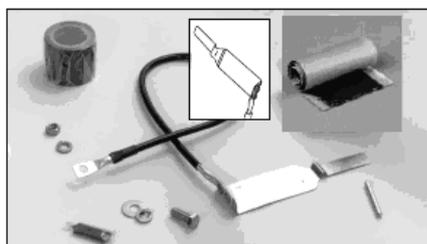
für elliptische HELIAX®-Hohlleiter und Koaxialkabel

Kits de aterramento

para guía de ondas elíptico e cabos coaxiais HELIAX®



HELIAX® 橢圓形波導管與同軸電纜的接地元件

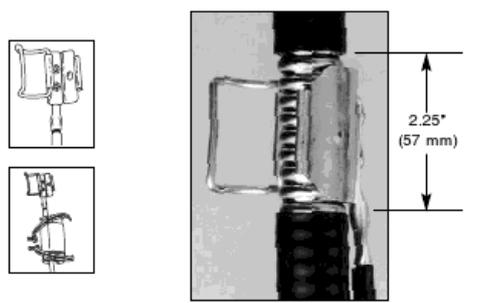
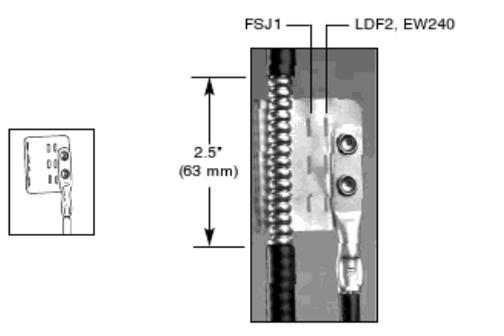
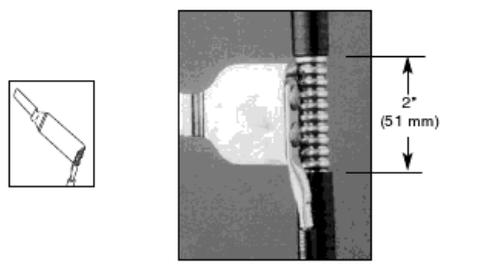
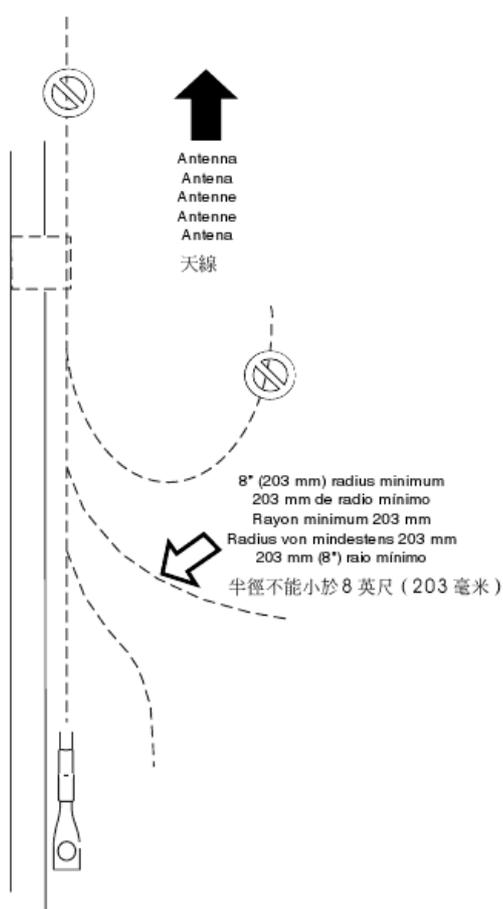


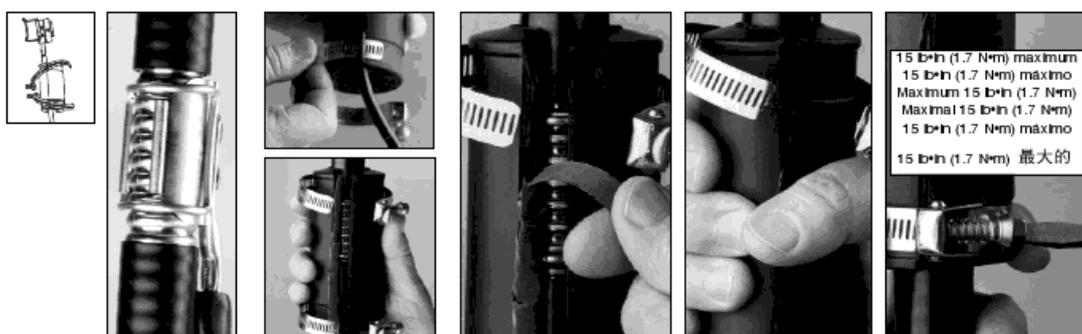
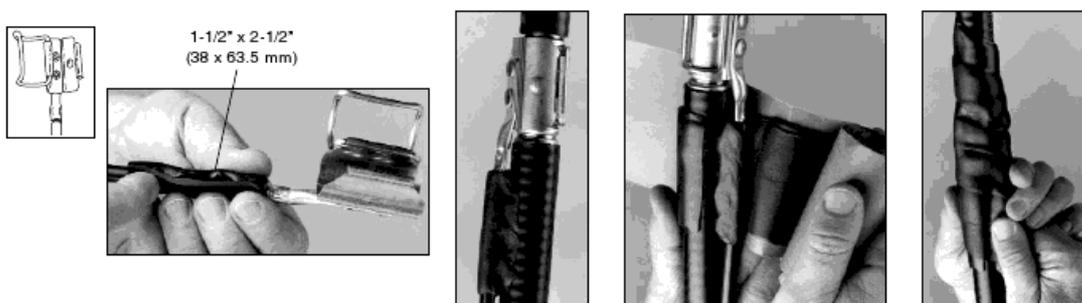
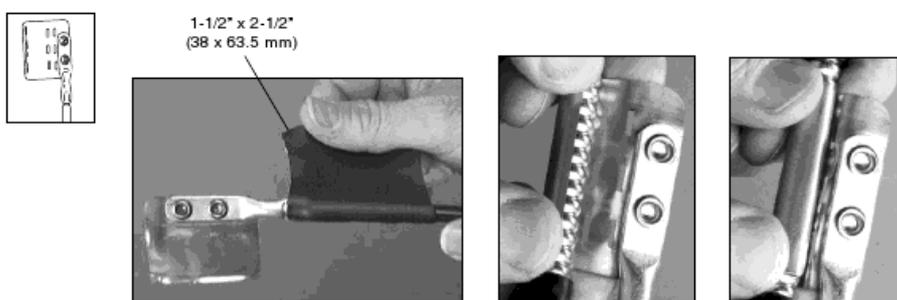
⚠️ ADVERTENCIA
 No intente a instalar el kit de tierra durante una tormenta. El resultado de no obedecer esta advertencia puede causar la muerte a usted o a otros.

⚠️ ADVISO
 Não tente aterrar o kit de instalação durante tempestades. Pode provocar dano físico ou morte a você ou a terceiros.

⚠️ AVERTISSEMENT
 Ne tentez aucune installation du kit de mise à la terre en cas d'orage. Le non-respect de cet avertissement peut engendrer des blessures ou la mort de l'utilisateur ou d'autres personnes.

⚠️ 警告
 不要試圖在有雷雨時安裝接地元件。
 不遵守該警告可能會對你和其他人造成傷害或死亡。





15 lb•in (1.7 N•m) maximum
 15 lb•in (1.7 N•m) máximo
 Maximum 15 lb•in (1.7 N•m)
 Maximal 15 lb•in (1.7 N•m)
 15 lb•in (1.7 N•m) máximo
 15 lb•in (1.7 N•m) 最大的

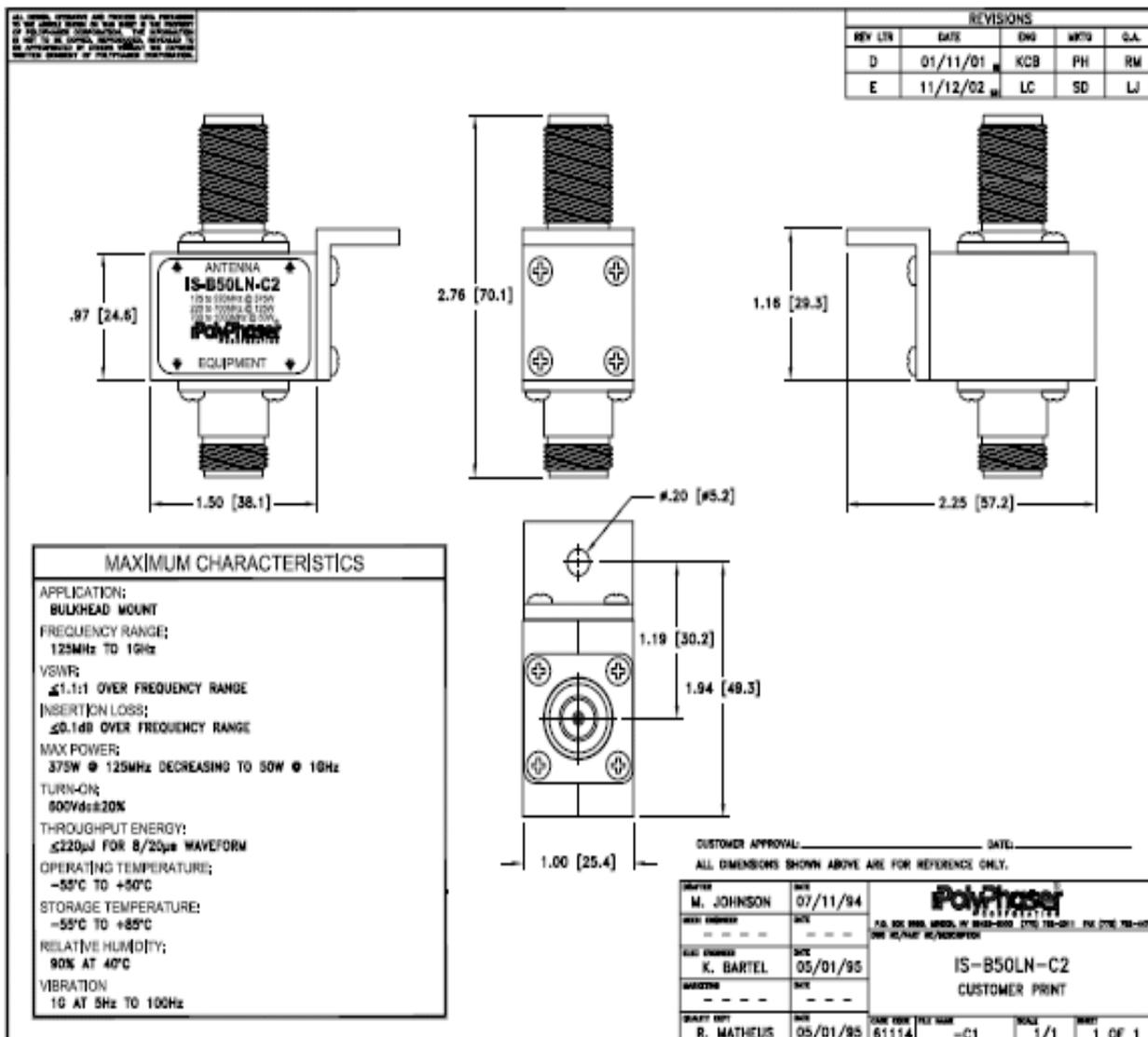
ANEXO 9: LIGHTING ARRESTOR - POLYPHASER

Coaxial

For protection of equipment connected to coaxial cables.

Technologies including dielectric hybrid disc pass and bias-T (for systems requiring dc).

do the latest dielectric filter (for systems not requiring dc).



ANEXO 10: CARACTERÍSTICAS DE CONECTORES

Conectores ANDREW

Conectores para Cable HELIAX

Cables Estándar

PARA CABLE LDF1-50 (1/4")



L1PNM-H. Conector N Macho para LDF1-50 (1/4") con pin soldable.....**US\$30.00**



L1PNF. Conector N Hembra para cable LDF1-50 (1/4") con pin soldable.....**US\$33.00**

PARA CABLE LDF2-50 (3/8")



L2PNM-H. Conector N Macho con pin soldable.....**US\$43.00**
L2PNM-HC. Conector N Macho con pin no soldable.....**US\$30.00**



L2PNF. Conector N Hembra con pin soldable.....**US\$48.00**

PARA CABLE LDF4-50A (1/2")



L4PNM-RC. Conector N Macho con pin cautivo.....**US\$46.00**



L4PNF-RC. Conector N Hembra con pin cautivo.....**US\$46.00**



L44P. Conector UHF Macho para cable de 1/2".....**US\$34.00**



L44U. Conector UHF Hembra para cable de 1/2".....**US\$33.00**



L4PDM. Conector DIN 7-16 Macho.....**US\$44.00**



L44M. Conector LC Macho para cable LDF4-50A.....**US\$200.00**



PARA CABLE LDF5-50A (7/8")



L45P. Conector UHF Macho de pin soldable.....**US\$89.00**



L45U. Conector UHF Hembra de pin soldable.....**US\$88.00**

L5PNF-RPC. Conector N Hembra.....**US\$64.00**

L5PNM-RPC. Conector N Macho.....**US\$64.00**

PARA CABLE LDF6-50 (1-1/4")



L6PNM-RPC. Conector N Macho.....**US\$200.00**

L6PNF-RPC. Conector N Hembra.....**US\$200.00**

Conectores Nuevos para Cable Coral

PARA CABLE BR400

BR400NMTC. Conector N Macho.....**US\$12.00**
BR400PNFTC. Conector N Hembra.....**US\$19.00**



Cables Superflexibles

PARA CABLE FSJ1-50A (1/4")



F1PBM. Conector BNC Macho de pin soldable.....**US\$25.00**

F1PNM-H. Conector N macho de pin soldable.....**US\$38.00**

F1PNR-HC. Conector N Macho en ángulo recto.....**US\$39.00**

F1PNF-BH. Conector N Hembra, montaje de chasis en doble D, de pin cautivo.....**US\$44.00**

41SP. Conector UHF Macho de pin soldable.....**US\$25.00**

PARA CABLE FSJ4-50B (1/2")



F4PNR-H (F4PNR). Conector N Macho ángulo recto con pin soldable.....**US\$72.00**

F4PNR-HC. Conector N Macho de ángulo recto con pin cautivo.....**US\$72.00**

F4PNF-C. Conector N Hembra de pin cautivo.....**US\$72.00**

F4PNF. Igual al anterior pero con pin soldable.....**US\$70.00**

F4PDM-V2. Conector DIN7-16 Macho con pin soldable.....**US\$45.00**



F4PNM-V2-HC. Conector N macho de pin cautivo.....**US\$45.00**



44ASU. Conector UHF hembra de pin soldable.....**US\$212.00**



44ASP. Conector UHF macho de pin soldable.....**US\$278.00**

Nota: Los Modelos de Conectores con terminación en "C" indican que son de Pin Fijo (No Soldable). La terminación "RPC" indica que el conector es de una sola pieza.

ANEXO 11: RESUMEN DE LOS ENLACES INSTALADOS

| | | | |
|-------------|------------------------|--------------|--|
| ENLACE: | | | |
| | Desde: | Oso CPF | |
| | Hacia: | Jaguar | |
| RADIO | | | |
| | Marca: | MDS | |
| | Modelo | LEDR 1400 | |
| | Serie: | 2042140 | |
| ANTENA | | | |
| | Marca: | Mark | |
| | Modelo | grid 4 pies | |
| | Serie: | 004303 | |
| | Polaridad: | Vertical | |
| | Ubicación en la torre: | 56 m | |
| COAXIAL | | | |
| | Tipo de cable: | Helix | |
| | Calibre: | 1/2 " | |
| FRECUENCIA: | | | |
| | TX | 1.452,00 Mhz | |
| | RX | 1.517,50 Mhz | |
| | Nivel de señal: | -74,00 dBm | |
| | SNR: | 32 dB | |

| | | | |
|-------------|------------------------|--------------|--|
| ENLACE: | | | |
| | Desde: | Jaguar | |
| | Hacia: | Oso CPF | |
| RADIO | | | |
| | Marca: | MDS | |
| | Modelo | LEDR 1400 | |
| | Serie: | 2042153 | |
| ANTENA | | | |
| | Marca: | Mark | |
| | Modelo | grid 6 pies | |
| | Serie: | | |
| | Polaridad: | Vertical | |
| | Ubicación en la torre: | 59 m | |
| COAXIAL | | | |
| | Tipo de cable: | Helix | |
| | Calibre: | 1/2 " | |
| FRECUENCIA: | | | |
| | TX | 1.517,50 Mhz | |
| | RX | 1.452,00 Mhz | |
| | Nivel de señal: | -75,00 dBm | |
| | SNR: | 32 dB | |

| | | | |
|-------------|------------------------|--------------|--|
| ENLACE: | | | |
| | Desde: | Payamino | |
| | Hacia: | Lobo 3 | |
| RADIO | | | |
| | Marca: | MDS | |
| | Modelo | LEDR 1400 | |
| | Serie: | 2042142 | |
| ANTENA | | | |
| | Marca: | Mark | |
| | Modelo | grid 3 pies | |
| | Serie: | 004369 | |
| | Polaridad: | Vertical | |
| | Ubicación en la torre: | 47 m | |
| COAXIAL | | | |
| | Tipo de cable: | Helix | |
| | Calibre: | 1/2 " | |
| FRECUENCIA: | | | |
| | TX | 1.439,00 Mhz | |
| | RX | 1.504,50 Mhz | |
| | Nivel de señal: | -53,30 dBm | |
| | SNR: | 33 dB | |

| | | | |
|-------------|------------------------|--------------|--|
| ENLACE: | | | |
| | Desde: | Lobo 3 | |
| | Hacia: | Payamino | |
| RADIO | | | |
| | Marca: | MDS | |
| | Modelo | LEDR 1400 | |
| | Serie: | 2042139 | |
| ANTENA | | | |
| | Marca: | Mark | |
| | Modelo | grid 3 pies | |
| | Serie: | 004329 | |
| | Polaridad: | Vertical | |
| | Ubicación en la torre: | 32 m | |
| COAXIAL | | | |
| | Tipo de cable: | Helix | |
| | Calibre: | 1/2 " | |
| FRECUENCIA: | | | |
| | TX | 1.504,50 Mhz | |
| | RX | 1.439,00 Mhz | |
| | Nivel de señal: | -53,3 dBm | |
| | SNR: | 33 dB | |

| | | | |
|-------------|------------------------|---------------|--|
| ENLACE: | | | |
| | Desde: | Payamino | |
| | Hacia: | Estacion Coca | |
| RADIO | | | |
| | Marca: | MDS | |
| | Modelo | LEDR 1400 | |
| | Serie: | 2042151 | |
| ANTENA | | | |
| | Marca: | Mark | |
| | Modelo | grid 3 pies | |
| | Serie: | 004360 | |
| | Polaridad: | Vertical | |
| | Ubicación en la torre: | 55 m | |
| COAXIAL | | | |
| | Tipo de cable: | Heliac | |
| | Calibre: | 1/2 " | |
| FRECUENCIA: | | | |
| | TX | 1.440,00 Mhz | |
| | RX | 1.505,50 Mhz | |
| | Nivel de señal: | -51,6 dBm | |
| | SNR: | 32 dB | |

| | | | |
|-------------|------------------------|---------------|--|
| ENLACE: | | | |
| | Desde: | Estacion Coca | |
| | Hacia: | Payamino | |
| RADIO | | | |
| | Marca: | MDS | |
| | Modelo | LEDR 1400 | |
| | Serie: | 2042143 | |
| ANTENA | | | |
| | Marca: | Mark | |
| | Modelo | grid 3 pies | |
| | Serie: | 004313 | |
| | Polaridad: | Vertical | |
| | Ubicación en la torre: | 38 m | |
| COAXIAL | | | |
| | Tipo de cable: | Heliac | |
| | Calibre: | 1/2 " | |
| FRECUENCIA: | | | |
| | TX | 1.505,50 Mhz | |
| | RX | 1.440,00 Mhz | |
| | Nivel de señal: | -51,6 dBm | |
| | SNR: | 32 dB | |

| | | | |
|-------------|------------------------|--------------|--|
| ENLACE: | | | |
| | Desde: | Payamino | |
| | Hacia: | Gacela | |
| RADIO | | | |
| | Marca: | MDS | |
| | Modelo | LEDR 1400 | |
| | Serie: | 2042154 | |
| ANTENA | | | |
| | Marca: | Mark | |
| | Modelo | grid 3 pies | |
| | Serie: | 004366 | |
| | Polaridad: | Horizontal | |
| | Ubicación en la torre: | 49 m | |
| COAXIAL | | | |
| | Tipo de cable: | Heliac | |
| | Calibre: | 1/2 " | |
| FRECUENCIA: | | | |
| | TX | 1.427,50 Mhz | |
| | RX | 1.493,00 Mhz | |
| | Nivel de señal: | -54,1 dBm | |
| | SNR: | 33 dB | |

| | | | |
|-------------|------------------------|--------------|--|
| ENLACE: | | | |
| | Desde: | Gacela | |
| | Hacia: | Payamino | |
| RADIO | | | |
| | Marca: | MDS | |
| | Modelo | LEDR 1400 | |
| | Serie: | 2042158 | |
| ANTENA | | | |
| | Marca: | Mark | |
| | Modelo | grid 3 pies | |
| | Serie: | 004312 | |
| | Polaridad: | Horizontal | |
| | Ubicación en la torre: | 55 m | |
| COAXIAL | | | |
| | Tipo de cable: | Heliac | |
| | Calibre: | 1/2 " | |
| FRECUENCIA: | | | |
| | TX | 1.493,00 Mhz | |
| | RX | 1.427,50 Mhz | |
| | Nivel de señal: | -54,1 dBm | |
| | SNR: | 33 dB | |

| | | | |
|-------------|------------------------|--------------|--|
| ENLACE: | | | |
| | Desde: | Gacela | |
| | Hacia: | Oso A | |
| RADIO | | | |
| | Marca: | MDS | |
| | Modelo | LEDR 1400 | |
| | Serie: | 2042126 | |
| ANTENA | | | |
| | Marca: | Mark | |
| | Modelo | grid 6 pies | |
| | Serie: | 004370 | |
| | Polaridad: | Vertical | |
| | Ubicación en la torre: | 59 m | |
| COAXIAL | | | |
| | Tipo de cable: | Heliac | |
| | Calibre: | 7/8 " | |
| FRECUENCIA: | | | |
| | TX | 1.446,00 Mhz | |
| | RX | 1.511,50 Mhz | |
| | Nivel de señal: | -53,30 dBm | |
| | SNR: | 32 dB | |

| | | | |
|-------------|------------------------|--------------|--|
| ENLACE: | | | |
| | Desde: | Oso A | |
| | Hacia: | Gacela | |
| RADIO | | | |
| | Marca: | MDS | |
| | Modelo | LEDR 1400 | |
| | Serie: | 2042147 | |
| ANTENA | | | |
| | Marca: | Mark | |
| | Modelo | grid 6 pies | |
| | Serie: | 004373 | |
| | Polaridad: | Vertical | |
| | Ubicación en la torre: | 41 m | |
| COAXIAL | | | |
| | Tipo de cable: | Heliac | |
| | Calibre: | 7/8 " | |
| FRECUENCIA: | | | |
| | TX | 1.511,50 Mhz | |
| | RX | 1.446,00 Mhz | |
| | Nivel de señal: | -53,30 dBm | |
| | SNR: | 32 dB | |

| | | |
|--------------------|-----------------------|--------------|
| ENLACE: | | |
| | Desde: | Oso A |
| | Hacia: | Oso CPF |
| RADIO | | |
| | Marca: | MDS |
| | Modelo | LEDR 1400 |
| | Serie: | 2042157 |
| ANTENA | | |
| | Marca: | Mark |
| | Modelo | grid 3 pies |
| | Serie: | 004368 |
| | Polaridad: | Vertical |
| | Ubicación en la torre | 37 m |
| COAXIAL | | |
| | Tipo de cable: | Heliac |
| | Calibre: | 1/2 " |
| FRECUENCIA: | | |
| | TX | 1.513,50 Mhz |
| | RX | 1.448,00 Mhz |
| | Nivel de señal: | -68,10 dBm |
| | SNR: | 31 dB |

| | | |
|--------------------|-----------------------|--------------|
| ENLACE: | | |
| | Desde: | Oso CPF |
| | Hacia: | Oso A |
| RADIO | | |
| | Marca: | MDS |
| | Modelo | LEDR 1400 |
| | Serie: | 2042132 |
| ANTENA | | |
| | Marca: | Mark |
| | Modelo | grid 3 pies |
| | Serie: | 004365 |
| | Polaridad: | Vertical |
| | Ubicación en la torre | 49 m |
| COAXIAL | | |
| | Tipo de cable: | Heliac |
| | Calibre: | 1/2 " |
| FRECUENCIA: | | |
| | TX | 1.448,00 Mhz |
| | RX | 1.513,50 Mhz |
| | Nivel de señal: | -69,00 dBm |
| | SNR: | 32 dB |

| | | |
|--------------------|-----------------------|--------------|
| ENLACE: | | |
| | Desde: | Jaguar |
| | Hacia: | Mono CPF |
| RADIO | | |
| | Marca: | MDS |
| | Modelo | LEDR 1400 |
| | Serie: | 2042131 |
| ANTENA | | |
| | Marca: | Mark |
| | Modelo | grid 3 pies |
| | Serie: | |
| | Polaridad: | Vertical |
| | Ubicación en la torre | 59 m |
| COAXIAL | | |
| | Tipo de cable: | Heliac |
| | Calibre: | 1/2 " |
| FRECUENCIA: | | |
| | TX | 1.442,00 Mhz |
| | RX | 1.507,50 Mhz |
| | Nivel de señal: | -67,00 dBm |
| | SNR: | 32 dB |

| | | |
|--------------------|-----------------------|--------------|
| ENLACE: | | |
| | Desde: | Mono CPF |
| | Hacia: | Jaguar |
| RADIO | | |
| | Marca: | MDS |
| | Modelo | LEDR 1400 |
| | Serie: | 2042160 |
| ANTENA | | |
| | Marca: | Mark |
| | Modelo | grid 3 pies |
| | Serie: | 4330 |
| | Polaridad: | Vertical |
| | Ubicación en la torre | 88 m |
| COAXIAL | | |
| | Tipo de cable: | Heliac |
| | Calibre: | 1/2 " |
| FRECUENCIA: | | |
| | TX | 1.507,50 Mhz |
| | RX | 1.442,00 Mhz |
| | Nivel de señal: | -65,00 dBm |
| | SNR: | 32 dB |

| | | |
|--------------------|-----------------------|--------------|
| ENLACE: | | |
| | Desde: | Oso CPF |
| | Hacia: | Oso 9 |
| RADIO | | |
| | Marca: | MDS |
| | Modelo | LEDR 1400 |
| | Serie: | 2042129 |
| ANTENA | | |
| | Marca: | Mark |
| | Modelo | grid 3 pies |
| | Serie: | 4310 |
| | Polaridad: | Vertical |
| | Ubicación en la torre | 57 m |
| COAXIAL | | |
| | Tipo de cable: | Heliac |
| | Calibre: | 1/2 " |
| FRECUENCIA: | | |
| | TX | 1.450,00 Mhz |
| | RX | 1.515,50 Mhz |
| | Nivel de señal: | -53,00 dBm |
| | SNR: | 33 dB |

| | | |
|--------------------|-----------------------|--------------|
| ENLACE: | | |
| | Desde: | Oso 9 |
| | Hacia: | Oso CPF |
| RADIO | | |
| | Marca: | MDS |
| | Modelo | LEDR 1400 |
| | Serie: | 2042162 |
| ANTENA | | |
| | Marca: | Mark |
| | Modelo | grid 3 pies |
| | Serie: | 4308 |
| | Polaridad: | Vertical |
| | Ubicación en la torre | 40 m |
| COAXIAL | | |
| | Tipo de cable: | Heliac |
| | Calibre: | 1/2 " |
| FRECUENCIA: | | |
| | TX | 1.515,50 Mhz |
| | RX | 1.450,00 Mhz |
| | Nivel de señal: | -53,00 dBm |
| | SNR: | 33 dB |