



REPÚBLICA DEL ECUADOR

Escuela Politécnica Nacional

"E SCIENTIA HOMINIS SALUS"

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

DISEÑO DE UNA RED DE ALTA CAPACIDAD PARA EL ENLACE QUITO – LAGO AGRIO UTILIZANDO RADIOS SDH PARA EL TRANSPORTE DE DATOS

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

LOZADA VELASTEGUI DIEGO FABRICO
diegolozada7@hotmail.com

VEGA VIRACUCHA MARCIA REBECA
dymari@hotmail.com

DIRECTOR: ING. MARIO CEVALLOS
mcevallos@mailfie.epn.edu.ec

Quito, Diciembre del 2010

DECLARACIÓN

Nosotros, Diego Fabricio Lozada Velastegui, Marcia Rebeca Vega Viracucha, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

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

Diego Fabricio Lozada Velastegui

Marcia Rebeca Vega Viracucha

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Diego Fabricio Lozada Velastegui y Marcia Rebeca Vega Viracucha, bajo mi supervisión.

Ing. Mario Cevallos
DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTO

A todas las personas que formaron parte en la realización del presente proyecto, en especial al Ing. Mario Cevallos quien con su supervisión y guía impulsó la finalización de este trabajo.

Un agradecimiento especial a todas las personas que nos facilitaron los datos requeridos para la realización de este proyecto.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por iluminarme y ayudarme a superar cada una de las dificultades que se presentaron a lo largo de mi carrera.

A mis padres por apoyarme en mis estudios, brindándome su confianza a lo largo de todo este tiempo.

Al Ing. Mario Cevallos que con su paciencia y conocimientos supo guiarnos para realizar este proyecto y a todas las personas que nos proporcionaron la información necesaria para la culminación de este trabajo.

Rebeca Vega

DEDICATORIA

A mis padres Oswaldo y Alicia, quienes desde niño supieron guiarme por el camino del bien y que gracias a sus consejos y cariño impulsaron mi deseo de estudiar y convertirme en un profesional.

A mis hermanos y sobrina Tania, Jenny, Polo, Verónica, Paulita, artífices importantes en mi vida que siempre han estado junto a mí a la hora de tomar decisiones importantes para mi futuro.

A mi tío Marcelo, quien ha infundido en mí el respeto, la perseverancia, la responsabilidad y que siempre se ha preocupado de todos nosotros brindándonos su apoyo incondicional.

A ti por formar parte de mi vida.

A mis verdaderos amigos quienes sé, estarán contentos con este logro.

Diego Lozada

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi Padres quienes con su ejemplo me han brindado todo lo necesario para ser una persona de bien y que gracias a su esfuerzo y sacrificio he podido culminar mi carrera.

A toda mi Familia quienes estuvieron junto a mí en algún momento de mi vida, y me brindaron su apoyo y sabiduría.

Rebeca Vega

INDICE DE CONTENIDO

Capítulo 1	1
1. INTRODUCCION	1
1.1. DESCRIPCIÓN DEL CANTÓN LAGO AGRIO PERTENECIENTE A LA PROVINCIA DE SUCUMBÍOS	2
1.2. DIVISIÓN POLÍTICA ADMINISTRATIVA	3
1.2.1. Nueva Loja.....	4
1.2.2. Dureno	4
1.2.3. Pacayacú	4
1.2.4. Jambelí	4
1.2.5. Santa Cecilia.....	5
1.3. ECONOMÍA	6
1.4. ASPECTOS SOCIALES.....	8
1.4.1. Educación	8
1.4.2. Salud.....	9
1.4.3. Entidades públicas y privadas.....	9
1.5. SERVICIOS BÁSICOS.....	11
1.5.1. Agua Potable y Alcantarillado	11
1.5.2. Luz Eléctrica	11
1.6. SERVICIOS DE TRANSPORTE	12
1.6.1. Transporte Terrestre.-.....	12
1.6.2. Transporte Aéreo.-.....	12
1.6.3. Transporte Fluvial.-	13
1.7. Estado actual de las comunicaciones en Lago Agrio	13
1.7.1. Telefonía fija	13
1.7.2. Telefonía móvil celular	14
1.7.3. Servicio de internet	18
Capítulo 2.....	21
2. GENERALIDADES.....	21
2.1. JERARQUÍA DIGITAL ASINCRÓNICA.....	22
2.1.1. Jerarquía utilizada en Estados Unidos	23
2.1.2. Jerarquía utilizada en Europa	23
2.1.3. Jerarquía utilizada en Japón	24
2.1.4. Limitaciones de los sistemas digitales plesiócronicos.....	25
2.2. JERARQUÍA DIGITAL SINCRÓNICA	27

2.2.1. Ventajas de SDH.....	28
2.2.2. Aplicaciones de SDH.....	29
2.2.3. Componentes de una red sincronica SDH	30
2.2.4. Especificaciones de SDH	34
2.2.5. Estructura de multiplexación SDH.....	35
2.3. INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS MICROONDAS.....	38
2.3.1. Ventajas de radiocomunicaciones por microondas	38
2.3.2. Desventajas de los enlaces microondas	39
2.3.3. Estructura de los enlaces microondas.....	40
2.4. QUÉ ES UN RADIO ENLACE	40
2.4.1. Radioenlaces analógicos	41
2.4.2. Radioenlaces digitales	41
2.4.3. Características de los radioenlaces.....	42
2.4.4. Consideraciones de diseño en un radioenlace.....	42
2.5. PLANES DE FRECUENCIA - ANCHO DE BANDA EN UN RADIOENLACE POR MICROONDAS.....	51
2.5.1. Utilización del espectro radioeléctrico para los enlaces microondas	52
2.6. BANDAS DE FRECUENCIA	53
2.6.1. Bandas no Licenciadas	53
2.6.2. Bandas Licenciadas	55
Capítulo 3	58
3. DISEÑO DE LA RED PARA EL ENLACE MICROONDAS QUITO – LAGO AGRIO.	58
3.1. CONSIDERACIÓN DEL DISEÑO	59
3.1.1. Esquema de la red:	61
3.2. DISEÑO DE RED	61
3.2.1. Estación Carretas (Quito).....	62
3.2.2. Estación Guamaní.....	62
3.2.3. Estación Condijua	63
3.2.4. Estación Tres Cruces	64
3.2.5. Estación Reventador	64
3.2.7. Estación Lumbaqui.....	65
3.2.8. Estación Lago Agrio	65
3.3. COMPONENTES DEL SISTEMA	67
3.3.1. Características de los radios a utilizar:.....	67
3.3.2. Características de las antenas a utilizar:.....	71

3.3.3. Características principales del software Radio Mobile	72
3.4. EJEMPLO DE CÁLCULO DEL RADIO ENLACE.....	76
3.5. ENLACE GUAMANÍ – CONDIJUA.....	86
3.6. ENLACE CONDIJUA – TRES CRUCES.....	89
3.7. ENLACE TRES CRUCES – REVENTADOR	91
3.8. ENLACE REVENTADOR – LUMBAQUI.....	94
3.9. ENLACE LUMBAQUI – LAGO AGRIO	96
Capítulo 4	99
4.1. PRESUPUESTO DEL PROYECTO.....	99
4.2. COSTOS DE EQUIPOS	100
4.2.1. Radios CFQ – 7 Q07RFM01	100
4.2.2. Antena 7GHz 1.2m HIGH PERFORMANCE Type: HAA0712_00102	
4.2.3. Fuente AC – DC.....	103
4.2.4. UPS.....	103
4.2.5. Puesta a tierra.....	103
4.2.6. Conectores.....	104
4.3. COSTOS DE CONCESIÓN DE FRECUENCIAS	107
4.3.1. Definiciones.....	107
4.3.2. Requisitos concesión	108
4.3.3. Requisitos renovación	109
4.3.4. Temporales autorización	110
4.3.5. Temporales renovación.....	110
4.3.6. Tarifas	111
4.3.7. Derechos De Concesión:	112
4.3.8. Reglamentación	113
4.4. COSTOS DE INFRAESTRUCTURA.....	113
4.5. COSTOS DE INSTALACIÓN.....	114
4.6. COSTOS DE OPERACIÓN	114
4.7. COSTOS PARA CADA RADIO ENLACE	115
4.7.1. Costo estimado para el enlace Quito – Guamaní.....	115
4.7.2. Costo estimado para el enlace Guamani - Condijsua	116
4.7.3. Costo estimado para el enlace Condijsua – Tres Cruces	117
4.7.4. Costo estimado para el enlace Tres Cruces – Reventador	118
4.7.5. Costo estimado para el enlace Reventador – Lumbaqui.....	119
4.7.6. Costo estimado para el enlace Lumbaqui – Lago Agrio	120

Capítulo 5	122
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	122
5.1. CONCLUSIONES	123
5.2. RECOMENDACIONES.....	125
Referencias Bibliográficas	126

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A Datasheet de equipos SAF.....	129
Anexo B Características de los sistemas SAF.....	137
Anexo C. Datasheet de las antenas Comhat.....	148
Anexo D. Breve descripción del software radio mobile.....	152

INDICE DE TABLAS

Capítulo 1

Tabla 1.1: Parroquias del cantón Lago Agrio.....	3
Tabla 1.2: Distribución poblacional de Lago Agrio.....	5
Tabla 1.3: Nivel de Instrucción en Lago Agrio.....	9
Tabla 1.4: Indicadores de servicios básicos.....	12
Tabla 1.5: Frecuencias asignadas para Porta.....	15
Tabla 1.6: Cobertura de Porta según su tecnología.....	15
Tabla 1.7: Frecuencias asignadas para Movistar.....	16
Tabla 1.8: Cobertura de Movistar según su tecnología.....	17
Tabla 1.9: Frecuencias asignadas para Alegro.....	17
Tabla 1.10: Cobertura de Alegro según su tecnología.....	18

Capítulo 2

Tabla 2.1: Jerarquías Digitales Plesiocronas PDH.....	22
Tabla 2.2: Características de la Jerarquía Digital Plesiócrona.....	25
Tabla 2.3: Capacidad de transmisión de los contenedores.....	31
Tabla 2.4: Tipos de contenedores virtuales.....	32
Tabla 2.5: Jerarquías SDH.....	35
Tabla 2.6: Plan Nacional de Frecuencias para la banda de los 7 GHz.....	57

Capítulo 3

Tabla 3.1: Ubicación Geográfica de los puntos elegidos para el radio enlace.....	66
Tabla 3.2: Distancia entre repetidores.....	66
Tabla 3.3: Tabla indicadora de las alarmas en la IDU.....	68
Tabla 3.4: Rango de frecuencias especificadas por la ODU.....	70
Tabla 3.5: Valores sugeridos para el parámetro del terreno irregular.....	74
Tabla 3.6: Valores sugeridos para las constantes eléctricas del terreno.....	75
Tabla 3.7: Valores sugeridos para Ns en función del clima.....	75
Tabla 3.8: Datos de la posición geográfica de las puntos Quito – Guamaní.....	76
Tabla 3.9: Datos principales del enlace Guamaní – Condijua.....	87
Tabla 3.10: Datos principales del enlace Condijua – Tres Cruces.....	90
Tabla 3.11: Datos principales del enlace Tres Cruces – Reventador.....	92
Tabla 3.12: Datos principales del enlace Reventador – Lumbaqui.....	95
Tabla 3.13: Datos principales del enlace Lumbaqui – Lago Agrio.....	97

Capítulo 4

Tabla 4.1: Características principales de los radios SAF.....	100
Tabla 4.2: Características principales de la antena 7 GHz.....	102

Tabla 4.3: Tabla indicadora de la atenuación del cable RG-8 dependiendo de la FI..106	
Tabla 4.4: Coeficiente de valoración del espectro aplicable para fines de cálculo de las tarifas del Servicio Fijo, enlaces punto- punto.....	111
Tabla 4.5: Factor de Concesión de Frecuencias para los diferentes Servicios en las diferentes Bandas.....	112

INDICE DE FIGURAS

Capítulo 1

Figura 1.1: Cantón Lago Agrio	3
Figura 1.2: División poblacional en Lago Agrio.....	5
Figura 1.3: Tasas de Analfabetismo en Lago Agrio.....	8

Capítulo 2

Figura 2.1: Contenedor virtual VC4.....	31
Figura 2.2 Estructura de las unidades tributarias.....	32
Figura 2.3 Unidad Administrativa AU 4.....	33
Figura 2.4 Módulo de transporte sincrónica SMT 1.....	34
Figura 2.5 Arquitectura SDH.....	37
Figura 2.6: Estructura general de un radioenlace	40
Figura 2.7: Propagación de señales microondas.....	43
Figura 2.8 Diagrama de la zona de Fresnel.....	44
Figura 2.9: Gráfico para el cálculo de la altura de despeje.....	45
Figura 2.10: Balance de potencia.....	46
Figura 2.11: Representación gráfica de la relación entre μ y FM para un enlace.....	49
Figura 2.12: Objetivo de calidad según la UIT.....	50
Figura 2.13 Mapa de regiones de frecuencia.....	53

Capítulo 3

Figura 3.1: Esquema del radio enlace.....	61
Figura 3.2: Estación Carretas – Quito.....	62
Figura 3.3: Estación Guamaní.....	63
Figura 3.4: Estación Condijua.....	63
Figura 3.5: Estación Tres Cruces.....	64
Figura 3.6: Estación Reventador.....	64
Figura 3.7: Estación Lumbaqui.....	65
Figura 3.8: Estación Lago Agrio.....	65
Figura 3.9: Partes del sistema microondas.....	67
Figura 3.10: SD – IDU.....	67
Figura 3.11: Radio IDU con distintos módulos.....	69
Figura 3.12: ODU – SAF.....	69
Figura 3.13: Gráfico de frecuencia de transmisión y recepción del equipo.....	70
Figura 3.14: Solución 1+0.....	71
Figura 3.15: Gráfico de la antena Comhat.....	71
Figura 3.16: Modelo de dos rayos (rayo directo y rayo reflejado).....	73
Figura 3.17: Perfil Topográfico Quito - Guamaní	77

Figura 3.18: Perfil para liberar al menos el 60% de la primera zona de Fresnel.....	79
Figura 3.19: Trayectoria de cable coaxial que produce pérdidas.....	81
Figura 3.20: Gráfico del ángulo Azimut.....	84
Figura 3.21: Datos obtenidos en el software Radio Mobile del enlace Quito - Guamaní.....	85
Figura 3.22: Diagrama del enlace Guamani – Condijua.....	86
Figura 3.23: Trayecto Guamani – Condijua.....	86
Figura 3.24: Datos obtenidos en el software Radio Mobile del enlace Guamaní – Condijua.....	88
Figura 3.25: Diagrama del enlace Guamani – Condijua.....	88
Figura 3.26: Trayecto Condijua – Tres Cruces.....	89
Figura 3.27: Datos obtenidos en el software Radio Mobile del enlace Condijua – Tres Cruces.....	90
Figura 3.28: Diagrama del enlace Condijua – Tres Cruces.....	91
Figura 3.29: Trayecto Tres Cruces – Reventador.....	91
Figura 3.30: Datos obtenidos en el software Radio Mobile del enlace Tres Cruces – Reventador.....	93
Figura 3.31: Diagrama del enlace Tres Cruces – Reventador.....	93
Figura 3.32: Trayecto Reventador – Lumbaqui.....	94
Figura 3.33: Datos obtenidos en el software Radio Mobile del enlace Reventador – Lumbaqui.....	95
Figura 3.34: Diagrama del enlace Reventador – Lumbaqui.....	96
Figura 3.35: Trayecto Lumbaqui – Lago Agrio.....	96
Figura 3.36: Datos obtenidos en el software Radio Mobile del enlace Lumbaqui – Lago Agrio.....	98
Figura 3.37: Diagrama del enlace Lumbaqui – Lago Agrio.....	98
Capítulo 4	
Figura 4.1: Radios SAF.....	100
Figura 4.2: Radios SAF SDH.....	102
Figura 4.3: Conector L4PDM.....	104
Figura 4.4: Conector RJ 45.....	104
Figura 4.5: Normas EIA/TIA-568A - EIA/TIA-568B.....	105
Figura 4.6: Cable HELLIAX.....	106
Figura 4.7: Cable STP	106

PRESENTACIÓN

La situación actual de las telecomunicaciones en Lago Agrio no es ajena a la situación de otras poblaciones que no han podido tener facilidades para el acceso a nuevas tecnologías ya sea por la falta de gestión de los gobiernos locales, por su situación geográfica o por el reducido número de habitantes. En el caso particular de Lago Agrio aprovechando que en esta región se encuentran un gran número de empresas petroleras, se ve la necesidad de que todos los habitantes de este lugar en un futuro puedan tener acceso a los servicios avanzados de telecomunicaciones que se tiene en las grandes urbes, para que de esta manera se puedan explotar otras áreas como el turismo, el comercio e incluso que esta infraestructura la pueda aprovechar las distintas instituciones públicas, instituciones educativas y organismos gubernamentales. Por lo que se plantea el diseño de este backbone para que empresas y comunidades se beneficien con los servicios de alta calidad que esta red de acceso podrá ofrecer.

RESUMEN

Capítulo 1. Se aborda la descripción del cantón Lago Agrio, su zona geográfica, los aspectos socioeconómicos y un estudio de la situación actual de las telecomunicaciones en el cantón, en base a la información recabada en los organismos competentes a cada sector, así como también se presenta los beneficios que se tendrán con el presente proyecto.

Capítulo 2. Se describe las principales características, ventajas y desventajas de una red digital sincrónica, se presenta una breve introducción a los enlaces microondas así como también el procedimiento para el diseño de un radio enlace.

Capítulo 3. Para el diseño de la red propuesta se realizará un análisis de los tipos de datos que esta puede soportar, así como también se tomará en consideración la capacidad de transmisión que se desearía dependiendo de la utilidad que se le va a la red, en nuestro caso esta red tendrá diversas aplicaciones y dependerá de la institución que la requiera. Se realiza el diseño de los radio enlaces considerando que los puntos para colocar las antenas dispongan de todas las facilidades para la implementación para de esta manera reducir costos. Se verifica el perfil topográfico de cada radio enlace con la ayuda del software radio Mobile, el cual también nos ayuda a garantizar el despeje en el enlace.

Capítulo 4. Una de las partes principales a la hora de la instalación del diseño de backbone es la parte económica, ya que se debe verificar que el uso y los servicios que va a brindar el radio enlace satisfagan los costos reales que tendrá el proyecto. En este capítulo se analizará todos los costos que interviene en este proyecto tales como: costos de equipos, costos de concesión de frecuencias, costos de infraestructura, costos de instalación, costos de operación.

Capítulo 5. Se da las conclusiones a las cuales se ha llegado después de realizar este diseño, así como también se plantea recomendaciones para la optimización del radio enlace.

Capitulo 1

1. INTRODUCCION

1.1. DESCRIPCIÓN DEL CANTÓN LAGO AGRIO PERTENECIENTE A LA PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

El cantón Lago Agrio fue fundado el 20 de junio de 1960, formando parte de la provincia de Napo hasta el 25 de enero de 1989 fecha en que se creó la provincia de Sucumbíos, pasando a ser de la jurisdicción y capital de la nueva provincia.

Lago Agrio se encuentra ubicado en el noroeste de la región amazónica en la provincia de Sucumbíos, a 22Km de la frontera con Colombia su nombre se lo atribuye al primer pozo petrolero productivo perforado por la compañía Norteamericana Texaco, llamado Source Lake (Lago Manantial) que posteriormente fue reemplazado por Sour Lake es decir Lago Agrio.

Con el inicio de la producción petrolera empezó el proceso de colonización en Lago Agrio, ya que migraron los Mestizos, Kichwa (Sierra) y Shuar en busca de trabajo.

Lago Agrio es el cantón más poblado de la provincia de Sucumbíos, aquí se asienta una fuente muy importante de la extracción petrolífera del Ecuador, razón por la cual gran cantidad de pobladores de las otras regiones del Ecuador tuvieron la necesidad de migrar a esta región, que les abrió las puertas, brindándoles trabajo, un lugar donde vivir y donde hoy en día se asienta un gran número de escuelas, colegios, bancos, zonas comerciales, zonas turísticas, agrícolas, etc.

El cantón tuvo muchos problemas ecológicos, ya que la explotación forestal y petrolífera degradaron el medioambiente, sin embargo el gobierno ha aplicado políticas ambientales que han ido contrarrestando esta situación, a tal punto que hoy se cuenta con un control adecuado en la explotación de dichos recursos, que inclusive se ha logrado regenerar el centro de la ciudad convirtiéndolo en un mejor lugar para vivir.

Lago agrio tiene como límites:

- Al Norte la República de Colombia.
- Al Sur la Provincia de Orellana.
- Al Este el Cantón Cuyabeno.

- Al Oeste el Cantón Cascales.



Figura 1.1: Cantón Lago Agrio

Lago Agrio posee una temperatura promedio de 25 grados centígrados, por lo que cuenta con un clima tropical húmedo bastante caluroso que favorece la vegetación de la selva ecuatorial.

Existe una gran cantidad de ríos que hacen de este lugar un punto estratégico en las comunicaciones fluviales y el comercio de la región, entre los ríos más importantes tenemos el Aguarico, Napo y el San Miguel, el cual se destaca por ser la línea fronteriza con la República de Colombia.

1.2. DIVISIÓN POLÍTICA ADMINISTRATIVA

Lago Agrio cuenta con una extensión de 3.138,80 Km² que se distribuyen en las 6 parroquias rurales y una parroquia urbana pertenecientes a este cantón.

PARROQUIA	
Urbana	Nueva Loja
Rural	Pacayacu
	El Eno
	Dureno
	General Farfán
	Jambelí
	Santa Cecilia

Tabla 1.1. Parroquias del cantón Lago Agrio

En el cantón Lago Agrio habitan blancos, mestizos y pequeños grupos indígenas como los Shuar, Cofanes, Siona y Secoyas.

En la localidad también existe un importante número de colombianos especialmente por ser el lugar destinado para los refugiados por los continuos problemas de la guerrilla en el vecino país del norte.

1.2.1. Nueva Loja

Se encuentra ubicada a 1332 metros sobre el nivel del mar, esta parroquia es la cabecera cantonal de Lago Agrio, esta población es uno de los accesos que permiten conocer los secretos de la selva, tiene una amplia oferta hotelera, es una población dinámica, comercial y con mucho movimiento.

1.2.2. Dureno

Se encuentra a 1066 metros sobre el nivel del mar, su población pertenece a la tribu de los Cofanes y está situada al borde del río Aguarico. Estos habitantes nativos viven en casas construidas con materiales de la zona, se han convertido en guías de la selva y llevan a los turistas hacia rincones desconocidos, muy ricos en flora y fauna silvestres.

1.2.3. Pacayacú

Pacayacú asume la categoría de Parroquia Rural del cantón Lago Agrio en el año de 1991, se encuentra ubicada en el Kilómetro 42 vía Lago Agrio – Puerto el Carmen.

Su nombre proviene de las raíces indígenas, PACA que significa el nombre de un pescado y YACU que significa río, por lo que se define la palabra Pacayacú como río de pescados.

1.2.4. Jambelí

Esta parroquia se ubica a 1656 metros sobre el nivel del mar, el origen del nombre de esta parroquia se lo atribuye a la llegada de una comisión de las Fuerzas Armadas para realizar la donación de una biblioteca que según ellos estaba destinada a un pueblo denominado “Canal de Jambelí” en mención a la biblioteca deciden atribuirle dicho nombre.

1.2.5. Santa Cecilia

Esta parroquia se encuentra ubicada a 13 Km de Nueva Loja, junto a un extenso bosque cubierto con árboles de sangre de drago, esta especie forestal es conocida por sus poderes curativos; el bosque también alberga numerosas especies faunísticas tales como las guantas, pavas, loros y ardillas, constituyendo un lugar con mucha afluencia de turistas tanto nacionales como extranjeros.

A continuación se presenta la división poblacional en el cantón, según el censo realizado por el INEC en el año 2001:

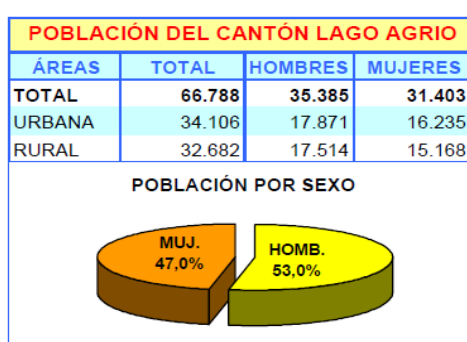


Figura 1.2: División poblacional en Lago Agrio

La población indígena mayoritaria es de procedencia de la sierra: los Kichwas de Tungurahua son el 39,6% de población; Kichwa de la amazonía o naporunas el 9,4%; Shuar el 8%; Cofán el 4,9%; y Sionas y los Secoyas el 1,9% y 1,1% respectivamente (SIISE 2007).

La siguiente tabla presenta la distribución poblacional en las parroquias de Lago Agrio.

PARROQUIAS	TOTAL	HOMBRES	MUJERES
TOTAL	66.788	35.385	31.403
NUEVA LOJA (URBANO)	34.106	17.871	16.235
AREA RURAL	32.682	17.514	15.168
PERIFERIA	5.818	3.080	2.738
DURENO	3.019	1.602	1.417
GENERAL FARFÁN	5.542	3.039	2.503
EL ENO	5.593	2.937	2.656
PACAYACU	6.627	3.638	2.989
JAMBELÍ	2.324	1.241	1.083
STA. CECILIA	3.759	1.977	1.782

Tabla 1.2: Distribución poblacional de Lago Agrio

Cabe resaltar que estos datos son oficiales del INEC del último censo poblacional realizado en el año 2001 sin embargo este mismo organismo realiza proyecciones de la población y podemos notar que Lago Agrio para el año 2010 tendrá aproximadamente 92424 habitantes, que realizando los cálculos pertinentes nos da un crecimiento poblacional anual del 3.67%, podemos verificar que este valor es alto respecto a otras ciudades del país, lo cual se debe principalmente a las oportunidades de trabajo que brinda la explotación petrolera en la región.

$$ta = \left(\left(\frac{Vf}{Vo} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \right) * 100 \quad \text{Ec. 1.1}$$

$$ta = \left(\left(\frac{92.424}{66788} \right)^{\frac{1}{9}} - 1 \right) * 100$$

$$ta = 3.67\%$$

1.3. ECONOMÍA

El principal ingreso del cantón Lago Agrio proviene de los yacimientos de petróleo que se encuentran en esta región, también cuenta con los rubros de la explotación de asfalto, sales de potasio, gas carbónico, sodio y calizas fosfatadas que lo consagran como pionero en el abastecimiento nacional de estos minerales.

Aunque su principal fuente de ingreso es el petróleo, también forman parte importante de la economía el turismo, la agricultura y el sector pecuario.

El cantón Lago Agrio, funciona como el punto de concentración de turistas que se disponen a visitar los diferentes atractivos que se localizan en la provincia de Sucumbíos, además en Lago Agrio se concentra y distribuye la producción agrícola que es empleada para abastecer al mercado interno y al autoconsumo; entre los alimentos más representativos se incluye al café, cacao, naranjilla, plátano, y en menor cantidad el arroz; mientras que el sector pecuario destaca su aporte financiero con la producción de leche.

Entre los principales lugares turísticos que se encuentra en el Cantón Lago Agrio podemos mencionar los siguientes:

- **Río Aguarico**

Ocupa la parte central y noroccidental de la provincia de Sucumbíos, tiene como afluentes principales a los ríos Cofanes y Tetetes por la izquierda, mientras que por el margen derecho, desembocan los ríos Eno, Shushufindi, Zábalo y Pacayacu.

En sus cabeceras, al oriente de la provincia del Carchi se llama Chigual y desde su unión con el Cofanes toma el nombre de AGUARICO.

El Aguarico es muy importante ya que sirve para la comunicación de las comunidades indígenas.

- **Jardín Botánico Tropical Lago Agrio**

Se encuentra ubicado al noreste del centro de Nueva Loja, comprende un área de 500 metros circundantes alrededor de la Laguna existente, la misma que tiene una extensión de 2025 metros de largo por 235 metros de ancho.

El Jardín botánico es una zona de bosque tropical húmedo en donde se puede observar una infinidad de especies vegetales y animales.

- **Sector La Choza**

Se encuentra ubicada a orillas del río Aguarico, a tres kilómetros y medio del centro de la ciudad de Nueva Loja, cuenta con la infraestructura necesaria para poder brindar el mejor trato a turistas nacionales y extranjeros.

- **Laguna Julio Marín**

Localizada en el barrio Julio Marín, tiene una dimensión de 80 metros de ancho por 200 metros de largo, su alrededor está cubierto por maní forrageno y árboles nativos de la zona, cuenta con senderos empedrados, puertos y embarcaderos, un puente que atraviesa el riachuelo que alimenta a la laguna y botes de remo y pedal que están a disposición de los turistas que visitan el sector.

- **Reserva De Producción Cuyabeno**

Se encuentra ubicado entre las cuencas de los ríos San Miguel y Aguarico con una extensión de 655.781 Has., su acceso se realiza por los ríos Aguarico y Cuyabeno, esta reserva cuenta con bosques de clima tropical, lagunas como

Zancudococha, numerosas especies de aves, algunas en peligro de extinción y una gran variedad de fauna terrestre y acuática.

- **Reserva Biológica Limoncocha**

Esta zona comprende la laguna de Limoncocha y áreas cercanas, su acceso es por la ciudad de Nueva Loja, el espacio de esta reserva cuenta con bosques primarios y secundarios, donde se hallan reptiles y mamíferos así como también aproximadamente 350 especies de aves, lo que constituye una de sus principales riquezas.

1.4. ASPECTOS SOCIALES

1.4.1. Educación

En el Cantón Lago Agrio el promedio de analfabetismo es de 7,8% según lo indica el INEC en el censo realizado en el año 2001, como se presenta a continuación.



Figura 1.3: Tasas de Analfabetismo en Lago Agrio

En el cantón Lago Agrio existen registradas 64 escuelas, 56 de ellas fiscales que atienden a 6.819 niños y niñas de los 9.000 en edad escolar, el promedio en cuanto al nivel de escolaridad, a nivel cantonal es de seis años.

En la educación secundaria, existen 18 establecimientos que acogen a 4.102 alumnos/as. Existen 9 instituciones de educación superior, que en su mayoría son extensiones universitarias.

NIVELES DE INSTRUCCIÓN	TOTAL		
	TOTAL	URBANO	RURAL
TOTAL	58.542	30.374	28.168
NINGUNO	3.961	1.226	2.735
CENTRO ALFAB.	280	88	192
PRIMARIO	32.836	15.150	17.686
SECUNDARIO	12.343	7.985	4.358
POST BACHILLERATO	304	273	31
SUPERIOR	2.442	1.977	465
POSTGRADO	23	19	4
NO DECLARADO	6.353	3.656	2.697

Tabla 1.3: Nivel de Instrucción en Lago Agrio

El cantón cuenta con una dirección de educación, cultura y deportes la misma que se encarga de coordinar todas las actividades mediante políticas institucionales.

1.4.2. Salud

En este cantón los servicios de salud cumplen la función de promover, mantener y restablecer la salud de toda la población en general.

El promedio de profesionales de la salud, incluyendo auxiliares de enfermería, en el cantón Lago Agrio es de 0,39 respecto a 1000 habitantes; es decir que se tiene 3,9 profesionales por 10.000 habitantes, constituyéndose en una relación muy baja, profesional : paciente, respecto a auxiliares de enfermería se tiene un promedio de 4,7 enfermeras por cada 10.000 habitantes.

Lago Agrio cuenta con un hospital, 6 clínicas privadas, una Maternidad, 5 dispensarios y 6 subcentros de salud públicos. La tasa de establecimientos de salud por cada 10.000 personas es de 4,76%. La tasa de mortalidad infantil a nivel cantonal en Lago Agrio es del 7,8%, según lo indica el Sistema Integrado de Indicadores del Ecuador (SIISE 2007).

Actualmente en los establecimientos pertenecientes al ministerio de salud pública no se cobra por la atención o procedimientos ni a ecuatorianos, ni a colombianos.

1.4.3. Entidades públicas y privadas

1.4.3.1. Comunicaciones

En Lago Agrio se cuenta con 8 radiodifusoras, así como los siguientes impresos locales:

- Semanario Independiente que cubre noticias de Sucumbíos, Orellana y Napo.
- Semanario Panorama
- Espectador Amazónico
- Revista Eclosión.

De la misma manera se encuentran los siguientes medios audiovisuales:

- Ecovisión canal 6
- Lago Sistema –televisión por cable
- TV Cisne.

1.4.3.2. Jurídico

En el Cantón Lago Agrio existen las siguientes instancias del sistema judicial:

Delegación Distrital Administrativa Financiera C.N.J

- 1ª Sala de la Corte Superior
- Tribunal 1º de lo penal
- Juzgado 1º de lo penal
- Juzgado 2º de lo penal (Shushufindi)
- Juzgado 3º de lo penal
- Juzgado 1º de lo civil
- Juzgado 2º de lo civil (Shushufindi)
- Juzgado 3º de lo civil
- Juzgado 1º del trabajo
- Juzgado 1º de la niñez y adolescencia
- Juzgado de Tránsito
- 1 Centro de Detención provisional, CDP.
- 1 Comisaría de la Mujer.

1.4.3.3. Humanístico

Las siguientes son instancias de los Derechos Humanos que se encuentran con oficina en Lago Agrio:

- Defensoría del Pueblo
- Comité Local de Derechos Humanos
- Iglesia San Miguel de Sucumbíos: Derechos Humanos y Movilidad Humana.
- Servicio jesuita para los refugiados: asesoría legal, visados y procesos de refugio.
- Fundación Leonidas Proaño: casos de remediación ambiental.

1.5. SERVICIOS BÁSICOS

1.5.1. Agua Potable y Alcantarillado

En el cantón se tiene un suministro de agua potable y alcantarillado el mismo que es controlado por la dirección municipal, encargado de aplicar normas para realizar un normal abastecimiento, distribución en condiciones óptimas y una adecuada comercialización de estos servicios.

1.5.2. Luz Eléctrica

Lago Agrio es abastecida de energía eléctrica por la empresa distribuidora Sucumbíos la misma que no está incorporada al Sistema Nacional Interconectado, pero que sin embargo es atendida en forma parcial a través del Sistema Nacional de Transmisión; esta empresa distribuidora suministra energía eléctrica a las provincias de Sucumbíos y Orellana abasteciendo alrededor de 37842 Km².

Según datos rescatados del Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos (INEC) podemos resumir el índice de penetración de los servicios básicos en el cantón en la siguiente tabla.

PORCENTAJE DE VIVIENDAS CON SERVICIO	CANTON LAGO AGRIO
De agua por tubería en su interior	16.4%
De energía eléctrica	88.8%
De eliminación de basura por carro recolector	71%
De eliminación de aguas servidas por la red pública de alcantarillado	72.9%
Telefónico	19.6%

Tabla 1.4: Indicadores de servicios básicos

1.6. SERVICIOS DE TRANSPORTE

Lago Agrio cuenta con los siguientes servicios de transporte:

1.6.1. Transporte Terrestre.-

La red principal de carreteras de la Provincia de Sucumbíos tiene una longitud aproximada de 500 Km.

El principal eje vial de la provincia está conformado por:

- Sucumbíos-Napo- Pichincha
- Tramo de la vía interoceánica desde el Puente sobre el río Aguarico hasta Julio Andrade (Carchi)
- Lago Agrio- Sacha- Francisco de Orellana
- Lago Agrio –Puente Río San Miguel – Colombia
- Lago Agrio- Puerto el Carmen (parte de la troncal Amazonía norte)

Lago Agrio cuenta con Cooperativas Interprovinciales y Cooperativas propias del Cantón.

1.6.2. Transporte Aéreo.-

Lago Agrio cuenta con un aeropuerto en el cual operan las compañías aéreas TAME e ICARO con vuelos de itinerario, también se realizan vuelos charter, ambulancia aérea, vuelos logísticos que se los realizan en aeronaves de las Fuerzas Armadas, helicópteros y trabajos especializados por las compañías

TAO, SAEREO, ICARO, AEROMASTER, OPIE ALAS DE SOCORRO, entre otros.

Este aeropuerto cuenta con una longitud de pista de 2.300 metros y un ancho de 30 metros así como con un taxi way (corredor de recorrido) de 1.500 metros por un ancho de 30 metros, siendo esta pista la segunda más extensa de la Amazonía.

1.6.3. Transporte Fluvial.-

Lago Agrio posee dos arterias fluviales de vital importancia como son el Río Aguarico y el Río San Miguel los cuales aportan a la comunicación con servicio de transporte fluvial.

El río San Miguel desemboca en el Putumayo y en el navegan pequeñas embarcaciones. Los puertos fluviales del río San Miguel son: General Farfán, Puerto Nuevo y Puerto el Carmen. En el Río Aguarico las pequeñas embarcaciones son remplazadas por las gabarras que transportan vehículos y pasajeros.

1.7. Estado actual de las comunicaciones en Lago Agrio

1.7.1. Telefonía fija

La Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT S.A. es una empresa del gobierno ecuatoriano creada de la fusión entre Andinatel S.A. y Pacifictel S.A el 31 de Octubre del 2008.

La CNT S.A. asumió todas las obligaciones, derechos y responsabilidades de sus antecesoras, manteniendo los puntos de interconexión, las tasas de interconexión y las cuentas de tráfico establecidas en estas.

Esta empresa permite promover el acceso a la información y a las nuevas tecnologías de la información, así como también expandir y fomentar la accesibilidad a los servicios de telecomunicaciones, garantizando a la sociedad la efectividad, la eficiencia y competitividad de estos servicios.

La CNT S.A. ha adoptado como políticas ampliar la capacidad de acceso a los servicios de voz, desarrollar infraestructura para la provisión de acceso a internet en banda ancha, mejorar la atención y el servicio de parte de los proveedores de conectividad a sus usuarios, etc.

En el cantón Lago Agrio, la telefonía fija ha sido provista de mayores funcionalidades y herramientas tecnológicas para la eficiente transmisión de voz, datos e internet.

Los servicios de telefonía que la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT S.A. ofrece en este cantón son:

- Telefonía fija
- Telefonía pública
- Telefonía internacional

1.7.2. Telefonía móvil celular

En el cantón Lago Agrio los servicios de telecomunicaciones que proporcionan las operadoras celulares en el Ecuador deben estar sujetos a la regulación y el control de los organismos pertinentes, los mismos que determinarán el tipo de servicio que se va a prestar y bajo qué circunstancias.

1.7.2.1. Conecel S.A.

CONECCEL S.A. cuyo nombre comercial es PORTA es una compañía subsidiaria de América Móvil (AMX), el grupo de telecomunicaciones líder de servicios inalámbricos de América Latina, por lo que tiene la posibilidad de acceder a tecnología de punta y al mejor servicio de telecomunicaciones que existe actualmente en el mundo. Porta presta su servicio de telefonía móvil en el Ecuador desde 1993 y trabaja con tecnología TDMA¹, GSM², 3G³ y 3.5G⁴.

¹ TDM (Multiplexación por División de Tiempo), es el tipo de multiplexación en el cual el ancho de banda total del medio de transmisión es asignado a cada canal durante una fracción del tiempo total (intervalo de tiempo).

² GSM (Sistema Global para las Comunicaciones Móviles), es un sistema que posee un estándar abierto para que una red digital de teléfono móvil soporte voz, datos, mensajes de texto y roaming en varios países.

³ 3G (*Tercera Generación*) propone el acceso a Internet en cualquier ambiente móvil, maneja una mejor calidad y fiabilidad, velocidad de transmisión de datos hasta 384 Kbps y un ancho de banda superior que incluye la posibilidad de ejecutar aplicaciones multimedia.

⁴ 3.5G Esta tecnología permite comunicaciones de banda ancha a velocidades de hasta 14 Mbps para la transmisión de datos, soporta videoconferencias y hasta la recepción de televisión digital.

En el Ecuador Porta tiene asignado un ancho de banda de 35 MHz, en el cual se encuentran determinadas las siguientes bandas de frecuencia.

Banda A (UPLINK)	824 - 835 MHz
	845 - 846.5 MHz
Banda A` (DOWNLINK)	869 - 880 MHz
	890 - 891.5 MHz
Banda E	1885 - 1890 MHz
Banda E'	1965 - 1970 MHz

Tabla 1.5: Frecuencias asignadas para Porta


La tabla que se presenta a continuación indica la cobertura de Porta en el Cantón Lago Agrio según la tecnología que maneja.

<u>PARROQUIA</u>	<u>TECNOLOGÍA</u>	
	GSM	CDMA
Dureno	✓	✗
El Eno	📶	✗
General Farfan	✓	✗
Jambelí	✓	✗
Nueva Loja	✓	✗
Pacayacu	✓	✗
Periferia	📶	✗
Sta. Cecilia	📶	✗

Tabla 1.6: Cobertura de Porta según su tecnología

✓ Sí posee cobertura

✗ No posee cobertura

 Posee cobertura solamente en lugares abiertos y no en el interior de cualquier edificación.

1.7.2.2. Otecel S.A.

En Octubre de 2004, Telefónica adquirió el 100% de las acciones de OTECEL S.A. la cual era concesionaria del servicio de telefonía móvil desde 1993. Telefónica es una de las mayores compañías de telecomunicaciones del mundo, su actividad se centra en telefonía móvil con la banda ancha como estrategia para su desarrollo. En Ecuador presta sus servicios con el nombre comercial de Movistar, trabaja con un sistema de gestión ambiental ISO 14001⁵ y brinda a sus usuarios tecnología TDMA⁶, CDMA⁷ y GSM.

En el Ecuador, a Movistar se le ha asignado un ancho de banda de 35 MHz, los cuales están distribuidos de la siguiente manera:

Banda B (UPLINK)	835-845 MHz
	846.5-849 MHz
Banda B` (DOWNLINK)	880-890 MHz
	891.5-894 MHz
Banda D	1865-1870 MHz
Banda D`	1945-1950 MHz

Tabla 1.7: Frecuencias asignadas para Movistar

En la siguiente tabla se presenta la cobertura que presta Movistar en el cantón Lago Agrio en dicha tabla se especifica cada parroquia del cantón, incluida la tecnología que ofrece a sus clientes.

⁵ ISO 14001 Es una norma internacional que gestiona el equilibrio entre el mantenimiento de la rentabilidad y la reducción del impacto medioambiental.

⁶ TDMA (Acceso Múltiple por División del Tiempo) es una tecnología inalámbrica que brinda servicios de alta calidad de voz y datos, divide un único canal de radiofrecuencia en seis ranuras de tiempo por lo que varios usuarios utilizan un mismo canal simultáneamente sin interferir entre sí.

⁷ CDMA (Acceso Múltiple por División de Código) es una tecnología basada en la técnica de espectro expandido, que supera los efectos de la interferencia, encripta la información, y tiene mayor eficiencia en la utilización del espectro.

<u>PARROQUIA</u>	<u>TECNOLOGÍA</u>	
	GSM	CDMA
Dureno	✓	✗
El Eno	Ⓢ	✗
General Farfan	✗	✗
Jambelí	✓	✗
Nueva Loja	✓	✓
Pacayacu	✓	✗
Periferia	Ⓢ	✓
Sta. Cecilia	✓	✗

Tabla 1.8: Cobertura de Movistar según su tecnología

1.7.2.3. Telecsa S.A.

TELECSA (Telecomunicaciones Móviles del Ecuador), su concesión pertenece al Estado Ecuatoriano, presta sus servicios desde el año 2003, su nombre comercial es Alegro PCS y trabaja con tecnología CDMA y GSM.

Alegro PCS tiene asignado un ancho de banda de 40 MHz, las mismas que ocupan la banda C y F; y que están distribuidas de la siguiente manera.

Banda C	1895-1910 MHz
Banda C`	1975-1990 MHz
Banda F	1890-1895 MHz
Banda F`	1970-1975 MHz

Tabla 1.9: Frecuencias asignadas para Alegro

En la siguiente tabla se presenta la cobertura que presta Alegro PCS en el cantón Lago Agrio en dicha tabla se especifica cada parroquia del cantón, incluida la tecnología que ofrece a sus clientes.

<u>PARROQUIA</u>	<u>TECNOLOGÍA</u>	
	GSM	CDMA
Dureno	✓	✗
El Eno	✗	✗
General Farfan	✗	✗
Jambelí	✓	✗
Nueva Loja	✓	✗
Pacayacu	✓	✗
Periferia	✗	✗
Sta. Cecilia	✗	✗

Tabla 1.10: Cobertura de Alegro según su tecnología

1.7.3. Servicio de internet

La Zona Andina cuenta con rutas completamente diversas y redundantes para la conexión al Backbone⁸ de Internet brindando seguridad y calidad en los enlaces de conexión, es por esto que la región amazónica puede tener acceso a este servicio, sin embargo las condiciones políticas, sociales y económicas de nuestro país han hecho que esta región este un tanto al margen de la recepción de este tipo de servicios, a pesar de ello se tiene contadas operadoras que brindan el servicio de internet en el cantón de Lago Agrio.

En el cantón Lago Agrio se tiene las siguientes operadoras de internet.

- **ANDINADATOS** con tecnología TDM y ADSL⁹
- **ANDINANET** que se conecta mediante enlaces E1¹⁰ entre POP'S para dar cobertura a Lago Agrio, utiliza tecnología Dial Up.

⁸ Backbone Es la infraestructura de la transmisión de datos en una red o un conjunto de ellas en internet

⁹ ADSL (Línea de Abonado Digital Asimétrica) es una técnica de modulación de datos a altas velocidades sobre las existentes líneas telefónicas de par trenzado de cobre

¹⁰ Enlaces E1 Comprenden la conexión directa de dos pares de cobre, proporcionando la disponibilidad de 30 canales de comunicación a través de una sola conexión para la transmisión de Telefonía Básica.

- **IMPSAT** empresa que provee internet en el cantón mediante enlaces satelitales ofreciendo 128/32Kbps y 256/64Kbps cuyo acceso es mediante líneas dedicadas de alta velocidad.
- **GLOBAL CROSSING** su forma de acceso también es mediante líneas dedicadas de alta velocidad, esta empresa llega a Lago Agrio mediante enlaces Frame Relay¹¹, ofreciendo tasas de transmisión de 128/256Kbps.

Como hemos descrito anteriormente vemos que Lago Agrio cuenta con muchas fuentes que impulsan el desarrollo del cantón en el ámbito petrolero, comercial, agrícola, turístico, etc.; sin embargo se nota claramente que existe un déficit en el área de telecomunicaciones ya que su índice de penetración es muy bajo por lo que sus pobladores tienen poco acceso a este recurso que hoy en día es indispensable para el desarrollo de las regiones.

Con este proyecto se pretenderá fortalecer el acceso a las telecomunicaciones de los pobladores e instituciones públicas y privadas asentadas en esta región, que como mencionamos explotan un sin número de recursos, así como también el sistema educativos se verá beneficiado con este proyecto.

Debido a la capacidad que soportará este enlace se podrá ofrecer crecientes y nuevos servicios de telecomunicaciones, así como también se tendrá la posibilidad de soportar múltiples tipos de servicios en una única plataforma gracias a las bondades que prestan los enlaces SDH, además se puede atender de unos pocos a varios usuarios.

La principal necesidad de acceso a las telecomunicaciones es la conectividad con el Internet la misma que impone fuertes exigencias a los proveedores de servicios Internet, tanto en el número de conexiones de acceso de los usuarios como en los servicios que los usuarios requieren en cada conexión. La tasa de crecimiento del tráfico de Internet está en torno al 100 % anual, por lo que su demanda crece, requiriendo cada día más capacidad en los enlaces, para soportar las múltiples aplicaciones que los usuarios solicitan.

¹¹ Frame Relay es una técnica de comunicación mediante retransmisión de tramas para redes de circuito virtual

Entre estas aplicaciones podemos citar a las Redes Privadas Virtuales¹² (VPN),

Intranets¹³, Extranets¹⁴, Voz sobre IP¹⁵, la típica contratación de internet para navegación y comunicación, etc.

Con alta capacidad de los enlaces se puede tener calidad de servicio, incluyendo una rápida conectividad, de ahí que el diseño de las infraestructuras de los proveedores de Internet se caracteriza por una elevada redundancia en todos los elementos para lograr escalabilidad y fiabilidad en su servicio.

Es por esto que el presente proyecto se enfoca en prestar alta capacidad para tener preparado el ambiente idóneo para cualquier aplicación que se requiera, ya sea en el ambiente empresarial, educativo o residencial.

12 Red Privada Virtual consiste de un conjunto de sistemas o dispositivos interconectados a través de canales seguros, sobre una red pública, permitiendo el acceso remoto de los recursos y servicios de la red de forma transparente y segura como si los usuarios estuvieran conectados de forma local.

13 Intranet es una red de ordenadores privada, se utilizan para la distribución interna de información, comunicación, y/o compartir aplicaciones.

14 Extranet son el puente entre la red pública Internet y las redes privadas corporativas o Intranets.

15 Voz sobre IP es la tecnología que permite la transmisión de fragmentos auditivos a través de Internet.

Capítulo 2

2. GENERALIDADES

2.1. JERARQUÍA DIGITAL ASINCRÓNICA

La introducción de PCM¹⁶ en 1960, dio paso a que las redes de telecomunicaciones vayan migrando a la tecnología digital, por lo que para poder soportar la demanda de mayores velocidades surgió la jerarquía PDH. Las velocidades de transmisión para cada uno de los estándares PDH son diferentes, lo que conlleva a redes complejas y costosas.

PDH es una tecnología de tipo plesiócrono¹⁷ en la que el reloj utilizado en cada nivel de multiplexación¹⁸ es independiente de los otros niveles, trabaja a velocidades de hasta 140 Mbps, el acceso a canales de bajo nivel sólo es posible por demultiplexado.

En la transmisión de señales digitales se recurre a la multiplexación con el fin de agrupar varios canales en un mismo vínculo. Si bien la velocidad básica usada en las redes digitales se encuentra estandarizada en 64 kb/s, las velocidades de los órdenes de multiplexación en cambio forman varias jerarquías.

Los sistemas PDH son jerárquicos, teniendo 3 estándares:

País	1º orden	2º orden	3º orden	4º orden
Japón	1.5 Mbps	6.3 Mbps	32 Mbps	97 Mbps
Usa, Canada	1.5 Mbps T1	6.3 Mbps T2	45 Mbps T3	274 Mbps T4
Europa	2 Mbps E1	8.4 Mbps E2	34 Mbps E3	140 Mbps E4

Tabla 2.1 Jerarquías Digitales Plesiocronas PDH

Para transmitir información en las redes de área amplia generalmente se utiliza el multiplexaje de un cierto número de circuitos para optimizar el uso de los medios de transmisión

¹⁶ PCM Pulse Code Modulation: es un procedimiento de modulación utilizado para transformar una señal analógica en una secuencia de bits

¹⁷ Plesiócrono se refiere a que las redes PDH funcionan en un estado donde las diferentes partes de la red están casi, pero no completamente sincronizadas

¹⁸ Multiplexación es la combinación de dos o más canales de información en un solo medio de transmisión usando un dispositivo llamado multiplexor

2.1.1. Jerarquía utilizada en Estados Unidos

Se multiplexan 24 canales a una velocidad de 1.544 kb/s para formar el primer nivel de señalización digital: DS-1 a 1.544 Mbps.

- 4 señales DS-1 se agrupan para formar el segundo nivel: DS-2 a 6.312 Mbps.
- 28 señales DS-1 o 7 señales DS-2 forman el tercer nivel: DS-3 a 44.736 Mbps.
- 6 señales DS-3 forman el cuarto nivel: DS-4 a 274.176 Mbps.

La norma de facto de 24 canales que da origen a 1544 kb/s se deriva del hecho que se pretendió mantener la compatibilidad con el sistema de 24 canales FDM.

El canal telefónico se digitaliza mediante la ley μ , con frecuencia de muestreo de 8 kHz y codificación de 8 bit/muestra. La ley μ dispone de 15 segmentos (8 tramos para cada polaridad) y 8 bits (1 de signo, 3 de segmento y 4 de amplitud).

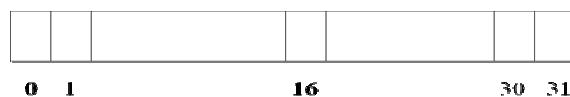
La trama consiste de 24 intervalos de tiempo de 8 bits y 1 bit por trama para alineamiento de trama y multitrama, dicha multitrama ocupa 12 tramas. La velocidad es de 193 bit/trama y 1544 kb/s. Las palabras de alineamiento se transmiten entrelazadas (alineamiento de trama 101010 y alineamiento de multitrama 001110). La señalización se envía en el bit menos significativo de la muestra, es decir en el octavo bit.

2.1.2. Jerarquía utilizada en Europa

En Europa al igual que en Latinoamérica, se utiliza otra jerarquía en la que se multiplexan 30+2 canales de 64 kb/s para formar el primer nivel de multiplexaje E1 a 2.048 kb/s.

- 4 circuitos E1 se agrupan para formar el segundo nivel: E2 a 8.448 Mbps
- 16 circuitos E1 o 4 circuitos E2 forman el tercer nivel: E3 a 34.368 Mbps
- 4 circuitos E3 forman el cuarto nivel: E4 a 139.264 Mbps

La norma G.704 describe el primer nivel de multiplexaje



- La ranura 0 contiene la señal de alineación de trama (en tramas alternadas).
- Las ranuras 1 a 15 y 17 a 31 se asignan a canales telefónicos PCM o a señales de datos.
- La ranura 16 puede utilizarse como ranura normal o para transportar señalización.

La organización temporal de los canales digitales se realiza mediante la Multitrama MFR (MultiFrame) consistente en 16 Tramas FR (Frame) numeradas desde fila 0 a 15. Cada trama tiene 32 columnas o Intervalos de Tiempo TS (Time Slot), numerados de 0 a 31. Cada intervalo de tiempo lleva un Octeto o Byte de un canal de 64 kb/s. En lo que respecta a los tiempos la trama tiene una duración de 125 μ seg, correspondiente al período de muestreo de una señal telefónica (8 kHz). Cada uno de los 32 intervalos de tiempo dura entonces 3,9 μ seg y cada bit tiene una duración de 488 nseg. Una multitrama ocupa un tiempo de 2 mseg.

El intervalo de tiempo TS:0 se utiliza para enviar el alineamiento de trama e información de supervisión del enlace. El intervalo de tiempo TS:16 se usa para Señalización Asociada al Canal. Los intervalos TS:1 a TS:15 y TS:17 a TS:31 llevan los canales de telefonía digital o datos a 64 kb/s. El conjunto de 32 canales de 64 kb/s constituyen los 2048 kb/s.

La señalización en la ranura 16 puede ser por canal común (64 Kbps) asociada al canal, utilizando una estructura multitrama independiente en la que se asignan 4 bits a cada canal cada 16 tramas (2 Kbps), un patrón especial en la ranura 16 indica el inicio de la multitrama de señalización.

2.1.3. Jerarquía utilizada en Japón

En Japón se utiliza una tercera jerarquía, que difiere de la de Estados Unidos a partir del tercer nivel.

Recupera el valor de 6.312 kb/s pero obtiene los órdenes jerárquicos de (x5) 32.064 kb/s y (x3) 97.728 kb/s.

Las diferencias de estructura de las jerarquías en el mundo complica la interconexión de redes.

<i>Jerarquía CEE</i>		<i>Velocidad</i>	<i>Canales</i>	<i>Trama</i>
Primera	E1	2.048 kb/s	30	256 bit=125,00 μ s
Segunda	E2	8.448 kb/s	120	848 bit=100,38 μ s
Tercera	E3	34.368 kb/s	480	1536 bit= 44,70 μ s
Cuarta	E4	139.268 kb/s	1920	2904 bit= 20,85 μ s
Quinta	E5	564.992 kb/s	7680	2688 bit= 4,70 μ s
<i>Jerarquía USA</i>				
Primera	DS1	1.544 kb/s	24	
Segunda	DS2	6.312 kb/s	96	1176 bit
Tercera	DS3	44.736 kb/s	674	4760 bit

Tabla 2.2 Características de la Jerarquía Digital Plesiócrona

El primer nivel de multiplexaje opera multiplexando bytes de cada uno de los circuitos básicos de 64 Kbps, en los niveles superiores el multiplexaje opera a nivel de bits, las señales tributarias representan un flujo continuo de bits.

La técnica de agrupamiento utilizada en los niveles superiores recibe el nombre de multiplexaje asíncrono que se refiere al multiplexaje de señales plesiócronicas en una señal de nivel superior utilizando inserción de pulsos o justificación.

La justificación requiere que la velocidad del canal de salida sea capaz de transportar toda la información de entrada de tributarias más los bits de relleno que son insertados para acomodar variaciones en las velocidades de las señales tributarias.

Para acceder a las señales de baja velocidad de transmisión en un nivel dado es necesario demultiplexar las señales en todos los niveles intermedios, ya que en los niveles superiores se pierde la estructura de los niveles inferiores.

Se dice que la jerarquía digital es plesiócrona ya que los ciclos de las tramas de cada nivel son independientes entre sí, es decir, no están sincronizados.

2.1.4. Limitaciones de los sistemas digitales plesiócronicos

- **Inflexibles y Costosas:**

La flexibilidad para el propósito de integración hace referencia a la accesibilidad a una señal tributaria individual, transportada por un sistema particular de línea, para poder reenrutarla. Los sistemas digitales plesiócronicos no son apropiados ya que el acceso a cualquier señal tributaria no se puede obtener sin demultiplexar toda la señal de línea paso a paso hasta bajar al nivel adecuado.

Ya que se debe reenrutar y remultiplexar para formar de nuevo la señal de línea y poder transmitirla, la tecnología de multiplexaje plesiócromo es una solución costosa para la construcción de redes de telecomunicaciones.

La rigidez de las estructuras plesiócromas de multiplexación hacen necesaria la demultiplexación sucesiva de todas las señales de jerarquía inferior para poder extraer un canal de 64 Kbps. La baja eficiencia de este proceso, supone baja flexibilidad en la asignación del ancho de banda y una mayor lentitud en el procesamiento de las señales por parte de los equipos.

Los grandes avances del hardware y software, así como la entrada de la fibra óptica como medio de transmisión, no eran aprovechados por los sistemas PDH.

- **Capacidad de apoyo a mantenimiento y administración de red sumamente limitada:**

En las redes plesiócromas no se tenía la necesidad de agregar capacidad extra a las estructuras de trama de las señales multiplexadas para las funciones de administración y mantenimiento de red, ya que estas acciones se basan en la cross-conexión manual de señales y en las técnicas de prueba fuera del servicio. Sin embargo la falta de capacidad de reserva de señal limita frecuentemente las mejoras que se puede realizar en las posibilidades de administración y manejo de red.

La información de gestión que puede transportarse en las tramas PDH es muy reducida, lo cual dificulta la supervisión, control y explotación del sistema.

- **Los sistemas Plesiócromos son particulares:**

Los sistemas plesiócromos se ven sumamente afectados ya que no se tiene un estándar común, por lo que los fabricantes individuales de equipo de red tienen su propio diseño y no existe la posibilidad de que equipos de diferentes marcas puedan interoperar.

2.2. JERARQUÍA DIGITAL SINCRÓNICA

En 1988 por parte de la ITU¹⁹ se dio a conocer un nuevo estándar mundial para la transmisión digital denominada SDH²⁰ o JDS²¹ en Europa, y SONET²² en Norte América por parte de ANSI.

Las recomendaciones G707, G708 y G709, forman parte fundamental de SDH ya que son aquellas que definen las velocidades básicas de transmisión para SDH.

Este estándar especifica velocidades de transmisión, formato de las señales (tramas de 125 ms), estructura de multiplexación, codificación de línea, parámetros ópticos, etc.; así como normas de funcionamiento de los equipos y de gestión de red.

SDH es un estándar internacional para redes de telecomunicaciones de alta capacidad, lo que permite que SDH se emplee en Red Local, Red Inter-Central y Red de Largo Alcance.

Las redes SDH son el transporte digital transparente e independiente del tipo de información que viaja por ella, enfocada a suministrar una infraestructura de red de telecomunicaciones más simple, económica y flexible, por lo que viene a sustituir a PDH.

La flexibilidad en el transporte de señales digitales de todo tipo permite la provisión de los siguientes servicios sobre una única red SDH.

- Servicio de telefonía
- Provisión de redes alquiladas a usuarios privados
- Creación de redes MAN y WAN
- Servicio de videoconferencia

¹⁹ ITU *International Telecommunications Union*

²⁰ SDH *Synchronous Digital Hierachy*

²¹ JDS *Jerarquía Digital Síncrona*

²² SONET *Synchronous Optical NETWORK* norma ANSI que define la jerarquía digital de altas velocidades de transmisión y los formatos de multiplexaje sincrónico correspondiente para uso en sistemas de transmisión de fibra óptica.

- Distribución de televisión por cable, etc.

Para satisfacer los requerimientos crecientes de flexibilidad en las redes de telecomunicaciones se recurre a la técnica de multiplexado sincrónico en lugar del multiplexado asincrónico (plesiócrono), es por esto que los sistemas SDH operan en sincronismo, esto significa que todo el equipo de la red se sincroniza a un reloj general de la red, lo que permite multiplicación y demultiplexación en un nivel-simple.

SDH esta definido para funcionar con enlaces de radio, fibra-óptica, satélite e interfaces eléctricas entre los equipos.

2.2.1. Ventajas de SDH

Los usuarios finales se benefician de la red SDH de forma indirecta, puesto que ésta potenciará el desarrollo e implantación de sistemas de banda ancha de alta calidad y fiabilidad, sus beneficios directos recaerán sobre los explotadores de redes.

- **Reducción de coste de los equipos de transmisión.**

Las razones principales son la posibilidad de integrar las funciones de transmisión, multiplexación e interconexión en un solo equipo y la alta competencia entre proveedores de equipos debido a la estandarización de SDH.

- **Diseño de la integración de redes de manera flexible y económica:**

Los estándares SDH se basan en el multiplexaje sincrónico directo, lo que conlleva a la integración flexible y económica de redes. Las señales tributarias individuales se pueden multiplexar directamente para formar una señal SDH de más alta tasa, sin etapas intermediarias de multiplexaje.

Se tiene acceso directo a las señales de cualquier nivel sin necesidad de demultiplexar en todos los niveles, los elementos de una red SDH pueden interconectarse entre sí, ahorrando equipos y costos.

SDH permite una explotación sencilla debido a la incorporación de información de gestión adicional en las tramas de información de datos lo cual permite el mantenimiento centralizado, rápida y exacta localización de averías, el

reencaminamiento automático, el monitoreo permanente de la calidad del circuito, etc.

- **Infraestructura de red simplificada:**

SDH hace posible el surgimiento de una infraestructura unificada de red, ya que el equipo suministrado por diferentes fabricantes se puede interconectar directamente, todo esto gracias a que SDH está concebida para hacer posible la transmisión simultánea de diferentes tipos de señales sin necesidad de efectuar modificaciones en los equipos de transmisión.

Las redes SDH pueden transportar todas las señales tributarias comunes que se encuentran en las redes de telecomunicaciones, es decir tiene la capacidad de cursar señales sincrónicas o plesiócronicas indistintamente, lo que garantiza una compatibilidad total entre las jerarquías y una transición manejable hacia entornos totalmente digitales.

La compatibilidad multifabricante a nivel de interfaces de transporte y de explotación, garantizara la integración de las redes de los distintos operadores.

Un número reducido de equipos significa menos costos de operación, la disminución de cantidad de repuestos, un mantenimiento más simple, una reducción en la superficie para albergar los equipos y un menor consumo de energía.

- **Disponibilidad y gestión de la red por software**

SDH permite el monitoreo y mantenimiento de toda la red, la cual será totalmente controlable por software. Ofrece gestión remota de todos los elementos de la una red que forman parte del enlace, y la detección rápida de errores en la transmisión, así como la incorporación de facilidades de gestión en la propia trama gracias a la reserva de capacidad.

2.2.2. Aplicaciones de SDH

Los sistemas SDH pueden ser utilizados en distintas aplicaciones como por ejemplo:

- Reemplazo de las redes plesiócronicas actuales, sin cambio en las arquitecturas de las redes.

- En redes troncales sincrónicas en topología tipo anillo, bus o malla.
- En redes de acceso, ofreciendo servicios de banda ancha.
- Soporte de redes multiservicios.

2.2.3. Componentes de una red sincronica SDH

El equipo de SDH consiste en cuatro bloques constructivos básicos:

- Regeneradores
- Un multiplexor Terminal
- Un multiplexor add-drop (ADM)
- Transconectores digitales

2.2.3.1. Regeneradores:

Se encargan de regenerar el reloj y la señal de datos entrantes que han sido atenuadas y distorsionadas.

2.2.3.2. Multiplexor terminal:

Se utiliza para terminar un enlace SDH punto a punto, pudiendo terminar ambos tráficos SDH o PDH, estos multiplexores son utilizados especialmente en sistemas SDH desde la jerarquía STM - 4 en adelante.

2.2.3.3. Multiplexores de inserción add-drop:

Son utilizados para jerarquías STM – 1 y STM – 4 , ya que en los STM – 16 en adelante se utilizan transconectores (cross-conect), estos permiten insertar o extraer tráfico en cualquier punto intermedio de una determinada ruta de transmisión.

2.2.3.4. Transconectores digitales:

Permiten mapear las señales tributarias en contenedores virtuales, así como conmutar múltiples contenedores.

A continuación se define varios términos que influyen en el estudio de las redes digitales sincrónicas:

2.2.3.5. Contenedor:

Estructura de información con capacidad de transmisión estándar para transportar señales PDH. La carga SDH es acomodada en estos contenedores cuando esta carga es plesiócrona, es necesario adaptar el reloj de la carga al reloj del contenedor.

Un contener dispone de:

- Información útil
- Bytes de relleno fijos
- Bits de relleno
- Bits de control de relleno

Se tiene los siguientes contenedores posibles:

Denominación	Señal a transmitir
C-11	1544 Kb/s
C-12	2048 Kb/s
C-2	6312 Kb/s
C-3	44736 Kb/s
	34368 Kb/s
C-4	139364 Kb/s

Tabla 2.3 Capacidad de transmisión de los contenedores

2.2.3.6. Contenedor virtual VC:

Estructura de información con identidad única, consta de carga útil más cabecera de trayecto POH²³ que es agregado al inicio del trayecto y evaluado al final de este.



Figura 2.1: Contenedor virtual VC4

²³ POH Path Over Head

El POH contiene información para supervisar y administrar el trayecto del VC, es decir, contiene la información utilizada para transportar de manera confiable el contenedor.

Tipos de Contenedores Virtuales dependiendo de la información que poseen:

VC de Orden inferior			VC de Orden Superior		
Contenedor Virtual	Tamaño	Carga útil	Contenedor Virtual	Tamaño	Carga útil
VC – 11	1.5 Mbps	C 11	VC – 3	34 Mbps 45 Mbps	C 3
VC – 12	2 Mbps	C 12	VC – 4	140 Mbps	C 4
VC – 2	6.3 Mbps	C 2			

Tabla 2.4 Tipos de contenedores virtuales

Un contenedor virtual es transportado en un espacio al cual esta asignado un puntero²⁴ que indica el primer byte del VC respectivo. Los VC pueden ir por varios nodos en una red, pero se ensamblan y desensamblan una sola vez.

2.2.3.7. Unidad tributaria TU:

Estructura de información que adapta un VC de orden inferior a un VC de orden superior. El proceso se llama alineamiento, consta de:

- VC de orden inferior
- Puntero TU (PTR) que indica el inicio de la trama de orden inferior dentro del orden superior.

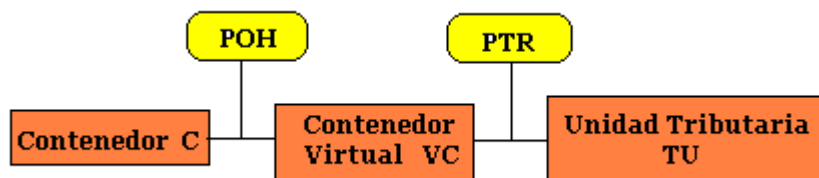


Figura 2.2 Estructura de las unidades tributarias

²⁴ Puntero número binario que permite encontrar en que posición de una AUG o TUG se encuentra el inicio del VC.

2.2.3.8. Grupos de unidades tributarias TUG:

Es un grupo de TU que adecuadamente ensambladas forman un VC de orden superior, por lo que los TUG se encargan de combinar una o varias unidades tributarias.

Como grupos de unidades tributarias se puede tener:

TUG – 2, que combina un solo TU-2 o un grupo homogéneo de TU-11 ó TU-12

TUG – 3, que combina un solo TU-3 o un grupo homogéneo de TUG - 2

2.2.3.9. Unidad Administrativa AU:

Estructura de información que adapta un VC de orden superior y un STM-1, consta de:

- VC de orden superior
- Puntero AUOH (PTR) para indicar el desplazamiento entre el comienzo de una trama VC de orden superior y el de una trama STM - N.

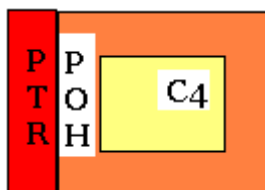


Figura 2.3 Unidad Administrativa AU 4

Las unidades administrativas posibles son:

AU – 4, consiste de un VC – 4 y un puntero AUOH

AU – 3, consiste de un VC – 3 y un puntero AUOH

2.2.3.10. Grupo de unidades administrativas AUG:

Consiste en un ensamble homogéneo formado por intercalación de octetos de un AU-4 o varios AU-3. Solo es posible una AUG.

2.2.3.11. Módulos de transporte sincrónicos STM:

Es la estructura de información que soporta las conexiones de sección de las cabeceras de sección SOH.

El SOH es usado para el sistema de transporte individual para permitir el monitoreo de errores, la alarma de monitoreo y la administración de servicio y red.

Una trama STM – 1 permite transportar conectores de información de diferentes niveles:

1	C – 4	→	E 4
3	C – 3	→	E 3 ó T 3
63	C – 12	→	E1
84	C – 11	→	T1

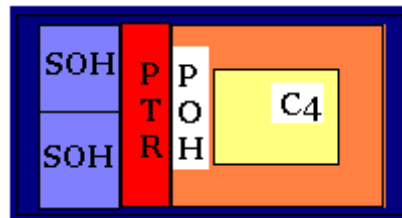


Figura 2.4 Módulo de transporte sincrónica SMT 1

2.2.4. Especificaciones de SDH

La trama STM-1²⁵ es el formato de transmisión básico para SDH. La trama tiene un ancho de pulso de 125 microsegundos, por lo tanto, existen 8000 tramas por segundo, está formada por una estructura matricial bidimensional de 9 filas y 270 columnas, en la que cada posición tiene un byte de longitud. Cada byte equivale a 64Kbps, lo que quiere decir que cada fila representa un caudal de 576Kbps. Los byte de la trama de STM-1 se agrupan en dos áreas: información de control (Cabecera de sección y cabecera de línea) y carga útil.

La trama STM-1 consiste de overhead más una capacidad de contenedor virtual.

Los sistemas digitales sincrónicos reconocen cuatro velocidades fundamentales en donde el coeficiente multiplicador es $N = 1, 4, 16$ y 64 , estos niveles se obtiene como $N \times SMT-1$.

²⁵ STM-1 Módulo de transporte sincrónico

Trama	Velocidad (Mbps)
STM - 1	155.52
STM - 4	622.08
STM - 16	2488.32
STM - 64	9953.28

Tabla 2.5 Jerarquías SDH

Todas las señales tributarias deben tener la capacidad de acomodarse a la estructura sincrónica STM-1, si de desea niveles superiores, se debe volver a multiplexar bit a bit N módulos STM-1, para obtener STM - N

2.2.5. Estructura de multiplexación SDH

Una trama se puede representar mediante un mapa de dos dimensiones, el cual comprende N filas y M columnas de cuadros, cada uno de estos representa un byte de 8 bits dentro de una señal sincrónica.

La trama SDH STM-1 se ha descrito como el nivel base de la capacidad de transporte de SDH, consta de 2430 bytes, los cuales pueden dividirse en tres áreas principales:

- Área de payload que contiene 2349 bytes
- Área de puntero de Unidad Administrativa que contiene 9 bytes
- Área de cabecera de sección que contiene 72 bytes

2.2.5.1. El Área de Payload

Señales de todos los niveles de PDH pueden ser acomodadas en SDH empaquetándolas juntas en el área de payload de la trama STM-1. El proceso de empaquetado de señales PDH involucra un número de diferentes estructuras.

Los tributarios plesíncronos están mapeados en un contenedor de tamaño apropiado, y un número de bytes conocido como cabecera de camino (POH) es añadido al mismo para formar el contenedor virtual (VC) en el que se basa esta trama. La cabecera de camino proporciona información para su uso en la gestión extremo a extremo de un camino síncrono. La información de la

cabecera de camino asociado con un VC-1/VC-2 difiere a la recogida en la cabecera asociada a los VC-3/VC-4.

2.2.5.2. El Puntero de Unidad Administrativa

Una vez añadida la cabecera de camino al contenedor virtual, se le posiciona en una unidad tributaria (TU) o una unidad administrativa (AU) con un puntero indicando al comienzo del contenedor virtual relativo al TU o al AU, según sea el caso. Los VC-1s y VC-2s son posicionados en TU mientras que los VC-4 son posicionados en un AU. En Europa, los VC-3 son posicionados en TU-3 mientras que en SONET son posicionados en AU-3. Los AU's y los TU's son empaquetados en sus respectivos grupos; grupos de unidades tributarias (TUG's) y grupos de unidades administrativas para AU's. Los TUG's son multiplexados en contenedores virtuales de alto nivel. Los cuales, en su turno, son posicionados en AU's con un puntero indicando al inicio del contenedor virtual relativo al AU.

El área de payload de la trama STM-1 contiene un VC-4 o tres VC-3 con la posición del primer byte siendo indicada por el respectivo puntero AU. El uso de punteros en la trama STM-1 significa que las señales plesiócronas pueden ser acomodadas en la red sincronía sin necesidad de emplear buffers.

Esto es porque la señal puede ser empaquetada en un contenedor virtual e insertada en la trama en cierta posición de modo que el puntero indique esta posición. Usar el método de punteros es posible al definir los contenedores virtuales síncronos ligeramente mayores que la carga útil que portan. Esto permite a la carga deslizarse un tiempo relativo a la trama STM-1 en la cual está contenido.

El resultado de esto es que, para cualquier flujo de datos, es posible identificar sus canales tributarios individuales, e insertar o extraer información, y de este modo superar uno de los principales inconvenientes del PDH.

2.2.5.3. La Cabecera de Sección

Los bytes de la cabecera de sección (SOH) son usados para la comunicación entre elementos adyacentes de equipos síncronos. De este modo, además de ser utilizados para la sincronización de trama, también realizan una gran variedad de facilidades de gestión y administración.

Las señales tributarias individuales se ensamblan dentro del CV-4 para su transporte intacto a través de la red SDH.

En la siguiente figura se presenta el diagrama de la estructura de multiplexación STM-N descrita en la Recomendación G.709 ITU-T. El diagrama muestra la posibilidad de tener dos caminos de multiplexación: uno vía las unidades administrativas AU-3 y AU-4, y el otro vía VC-4 y AU-4.

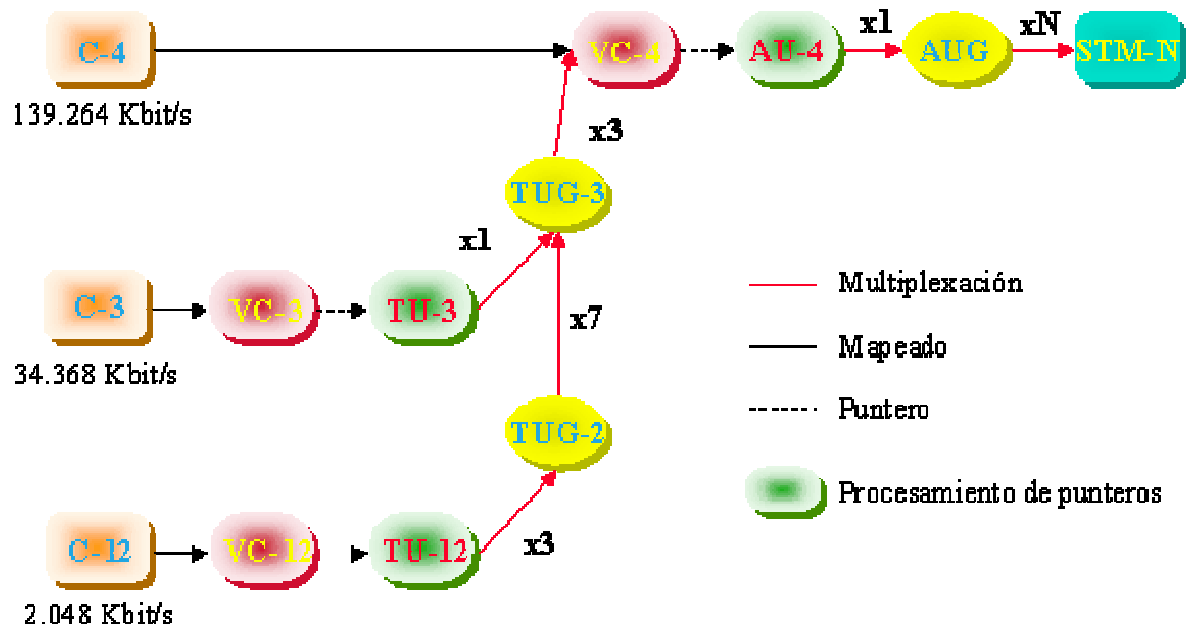


Figura 2.5 Arquitectura SDH

2.3. INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS MICROONDAS

Durante la segunda guerra mundial el desarrollo de los sistemas microondas recibieron un gran estímulo, ya que en esta época los países tuvieron la necesidad de usar radares de alta resolución los cuales tenían que ser capaces de detectar barcos y aviones enemigos, a partir de esta época los sistemas microondas tuvieron un desarrollo acelerado y sus aplicaciones no se limitaron a objetivos militares, sino que fueron capaces de aplicarles en campos muy diversos como el control de tráfico aéreo, tráfico marino y principalmente en el área de las telecomunicaciones (terrestres y satelitales).

En los últimos años las frecuencias de microondas han sido utilizadas ampliamente en telecomunicaciones:

- En tierra, las telecomunicaciones con microondas se utilizan con antenas repetidoras, necesarias a lo largo de un camino o trayecto de comunicación.
- En el espacio, los satélites se emplean como estaciones retransmisoras de microondas. Estos satélites tienen una enorme capacidad y dado los avances tecnológicos las nuevas generaciones de satélites serán aún más potentes.

A los sistemas microonda se los puede definir como la forma eficiente de transmitir información utilizando enlaces punto-punto como medio de transmisión por el espacio libre, es decir requerimos de una antena transmisora y otra receptora para efectuar la comunicación, sin embargo en un enlace de radiocomunicaciones terrestre detrás de las antenas emisora y receptora, hay toda una circuitería capaz de generar, distribuir, modular, amplificar, mezclar, filtrar y detectar la señal.

2.3.1. Ventajas de radiocomunicaciones por microondas

Los radios microondas propagan señales a través de la atmósfera terrestre para poder transmitir información a largas distancias, es decir los sistemas de radio con microondas tienen la ventaja de llevar miles de canales individuales de información entre dos puntos sin la necesidad de usar cables metálicos o fibras ópticas que implican una infraestructura más compleja que inclusive requerirían adquirir derechos para poder instalarlos en propiedades privadas, además los sistemas de radio se adaptan mejor a zonas montañosas, terrenos

boscosos y grandes extensiones de agua, es por esto que hemos rescatado las siguientes ventajas que prestan los sistemas de radio por microondas:

- Los sistemas de radio no necesitan adquisición de derecho de vía entre estaciones, como si lo deben tener los sistemas cableados.
- Para que pueda operar un radioenlace se requiere la construcción o alquiler de una pequeña extensión de terreno para colocar una torre o en su defecto alquilar una parte de una torre construida para colocar las antenas.
- Gracias a las frecuencias que manejan los enlaces de radio se puede tener gran cantidad de información transportada.
- Al usar enlaces de microonda a altas frecuencias se requieren antenas de menor tamaño, lo que facilita su diseño y su instalación.
- Debido a la propagación de las ondas de radio no se requieren repetidores para amplificar las señales, en cortas distancias generalmente estos se usan cuando esta obstruida la línea de vista.
- Puede superarse las irregularidades del terreno eligiendo sitios adecuados y antenas elevadas.
- La regulación solo debe aplicarse al equipo, puesto que las características del medio de transmisión son esencialmente constantes en el ancho de banda de trabajo.

2.3.2. Desventajas de los enlaces microondas

- Explotación restringida a tramos con visibilidad directa para los enlaces (necesita visibilidad directa)
- Necesidad de acceso adecuado a las estaciones repetidoras cuando sea conveniente.
- El factor climático puede ocasionar desvanecimientos intensos y desviaciones del haz, lo que implica utilizar sistemas de diversidad y equipo auxiliar requerido, supone un importante problema en diseño.

El factor limitante de la propagación de la señal en enlaces microondas es la distancia que se debe cubrir entre el transmisor y el receptor, además esta distancia debe ser libre de obstáculos. Otro aspecto que se debe señalar es que en estos enlaces, la línea de vista entre el receptor y el

transmisor debe tener la altura necesaria para garantizar el despeje de la primera zona de Fresnel.

2.3.3. Estructura de los enlaces microondas

Un radioenlace está constituido por equipos terminales y repetidores intermedios, en la siguiente figura se da una representación esquemática:

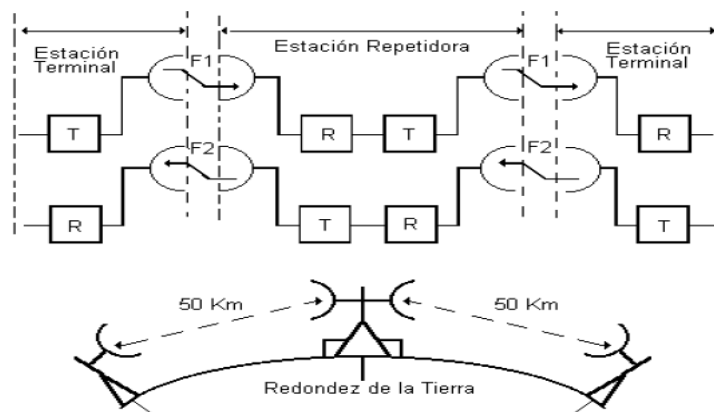


Figura 2.6: Estructura general de un radioenlace

En la gráfica podemos observar la estructura de un radioenlace, en donde se pueden notar las estaciones terminales y la estación repetidora con sus respectivos transmisores y receptores; notamos el uso de una estación repetidora, ya que la redondez de la tierra es una limitante para realizar enlaces de gran longitud con un solo par de antenas, además se indica la reutilización de frecuencias debido a las limitaciones de los recursos espectrales.

En los radioenlaces, además de las estaciones repetidoras típicas donde la señal efectúa un tránsito, suelen existir otras estaciones intermedias denominadas nodales, donde se demodula la señal, bajando a banda base y, en ocasiones, procediendo a la extracción-inserción de canales.

2.4. QUÉ ES UN RADIO ENLACE

Un radio enlace es cualquier interconexión entre dos terminales de telecomunicaciones efectuada por ondas radioeléctricas. Cuando los terminales son fijos, se habla de radioenlaces de Servicio Fijo, si algún terminal es móvil, se engloba al radioenlace dentro del amplio concepto de sistemas o Servicios Móviles; si todos los terminales están en la Tierra, se califican los radioenlaces como radioenlaces terrenales, reservándose el término radioenlace espacial o

por satélite cuando en un enlace intervienen uno o más repetidores situados a bordo de un satélite.

Los radioenlaces terrenales, como sistemas de radiocomunicaciones entre puntos fijos situados en la superficie terrestre, proporcionan una capacidad de transmisión de información con unas características de disponibilidad y calidad determinada.

Los sistemas de radioenlaces se explotan generalmente entre unos 2 [GHz] y 50 [GHz], dependiendo de su capacidad, debido a que la mayoría de los sistemas de radioenlaces de servicio fijo terrestres utilizan frecuencias en la región de las microondas, se les llama también radioenlaces de microondas.

Cuando se tiene un enlace vía microondas lo usual es que se transporten señales multiplexadas, guardando similitud con los sistemas de transmisión multiplex por línea, con la diferencia que en los enlaces microondas el portador es radioeléctrico, en vez de ser metálico u óptico; esta característica de los radioenlaces microondas implica tener sistemas con modulación de portadora, es decir que no se puede realizar una transmisión en banda base.

Según el tipo de modulación que manejen los radioenlaces, estos se pueden dividir en 2 categorías, las mismas que utilizan una tecnología específica.

2.4.1. Radioenlaces analógicos

En este tipo de radioenlaces la portadora se modula en frecuencia (FM), este tipo de transmisión cada día está en desuso.

2.4.2. Radioenlaces digitales

Cuando se realiza la transmisión usando este método, la modulación en la portadora es digital, de tipo binario o multinivel. Para este tipo de transmisión se usa muchas variantes de la modulación de fase coherente: PSK binaria, PSK cuaternaria, PSK diferencial, PSK desplazada, así como también modulaciones multinivel mixtas de amplitud y fase del tipo MQAM (M= 16, 64, 128).

La señal moduladora puede ser muy variable: señales de voz y de música digitalizada, señales de datos y de red de servicios integrados de datos, video digitalizado, múltiplex digital de canales de 64 Kbps, múltiples de orden

superior de las jerarquías digitales plesiócroma (PDH) o síncrona (SDH), todas estas normalizadas por la UIT-T.

Además a los enlaces de microondas también se los puede dividir dependiendo del número de canales telefónicos para radioenlaces analógicos o por la velocidad de bits para radioenlaces digitales, dependiendo de su velocidad se dividen de la siguiente manera

- Baja velocidad, hasta 2 [Mbps]
- Capacidad media, hasta 8 [Mbps]
- Alta capacidad, velocidad mayor o igual que 34 [Mbps]

2.4.3. Características de los radioenlaces

Debido a que los radioenlaces hacen uso de la propagación troposférica, se requiere que exista línea de vista para que se lleve a cabo la transmisión, es por esto que, debido a las limitaciones que presenta la redondez de la Tierra y los obstáculos geográficos que presenta el terreno, se necesita de estaciones repetidoras para cubrir enlaces de gran longitud que así lo requieran; simplificando este hecho se puede considerar que un radioenlace está constituido por dos estaciones terminales y un conjunto de estaciones repetidoras intermedias por las cuales únicamente se produce el tránsito de la señal transmitida.

A la sección del enlace radioeléctrico comprendido entre un terminal y un repetidor o entre dos repetidores, se le denomina vano, la longitud del vano tiene un límite superior que se encuentra en el orden de los 80 [Kms] para frecuencias inferiores a los 10 [GHz], esto debido a que el trayecto del rayo debe considerar el despeje de la primera zona de Fresnel, incluyendo condiciones normales de refractividad atmosférica; para frecuencias superiores a los 10[GHz] el factor que limita la longitud de los vanos suele ser la atenuación por lluvia.

2.4.4. Consideraciones de diseño en un radioenlace

2.4.4.1. Pérdida en trayectoria por espacio libre o pérdidas por dispersión

Son aquellas pérdidas de potencia incurrida por una onda electromagnética al propagarse por el espacio sin ninguna absorción o reflexión de energía de los

objetos cercanos, estas pérdidas son directamente proporcionales a la distancia de separación entre los equipos terminales, se define por la siguiente ecuación.

$$L_p = \frac{30\lambda}{480\pi^2 D^2}$$

Donde: L_p = pérdida en trayectoria por el espacio libre [adimensional]

D = distancia entre transmisor y receptor [km]

f = frecuencia de la portadora [GHz]

λ = longitud de onda [m]

c = velocidad de la luz en el espacio libre [3×10^8 m/s]

Expresado en decibeles esta ecuación se obtiene:

$$L_p(\text{dB}) = 92.4 + 20\log D + 20\log f \quad \text{Ec. 2.1}$$

2.4.4.2. Zonas de Fresnel

Debido a la propagación de microondas se genera un frente de onda desde el transmisor hacia el receptor, cada punto de este frente de onda se convierte en una fuente secundaria que genera un nuevo frente de onda y que en algunas posiciones se tendrá un trayecto alternativo entre repetidores.

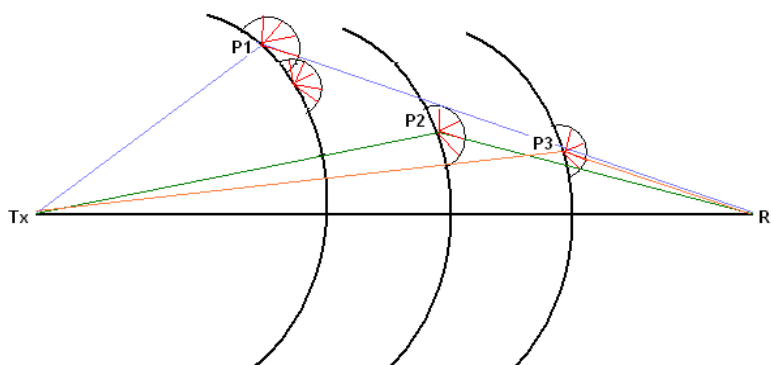


Figura 2.7: Propagación de señales microondas

El lugar geométrico que contiene trayectorias alternativas diferentes en múltiplos de $\lambda/2$ se denominan zonas de Fresnel.

La distancia de los puntos de estas trayectorias alternativas difieren en un múltiplo de $\lambda/2$ respecto de la distancia entre transmisor y receptor y contribuyen al campo generando una elipsoide, si realizamos un corte

transversal a esta elipsoide podemos considerar el plano resultante como dividido por círculos concéntricos.

Las zonas de Fresnel son consideradas como el espacio que contiene las trayectorias alternativas en función de $n \lambda / 2$, se recomienda tener despejada la primera zona de Fresnel en un 100% ya que por las variaciones meteorológicas el radio efectivo de la Tierra puede variar, es tolerable que la primera zona de Fresnel se encuentre libre de obstáculos en al menos el 60%.

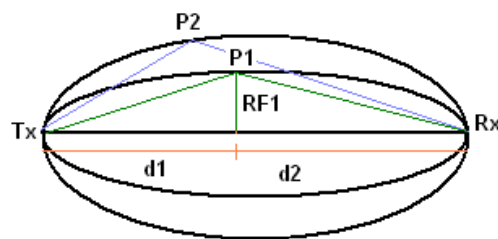


Figura 2.8 Diagrama de la zona de Fresnel

$$TxP1Rx = TxRx + \frac{\lambda}{2} \quad \text{Primera zona de Fresnel}$$

$$TxP2Rx = TxRx + 2\frac{\lambda}{2} \quad \text{Segunda zona de Fresnel}$$

Para calcular el radio de la primera zona de Fresnel se utiliza la siguiente ecuación:

$$R_{F1} = \sqrt{\frac{\lambda * d1 * d2}{d}} * 10^3 \quad \text{Ec. 2.2}$$

Donde:

R_{F1} Radio de la primera zona de Fresnel (m)

λ Longitud de onda

$d1$ es la distancia desde el transmisor al punto de medida [Km].

$d2$ es la distancia desde el punto de medida al receptor [Km].

d es la distancia total del enlace [Km].

f es la frecuencia en [MHz].

c = velocidad de la luz en el espacio libre [3×10^5 Km/s]

2.4.4.3. Cálculo de la altura de despeje

Se debe mantener libre la primera zona de Fresnel con el fin de asegurar la propagación de las ondas en espacio libre, para ello se debe verificar que la altura de despeje sea mayor al radio de la primera zona de Fresnel:

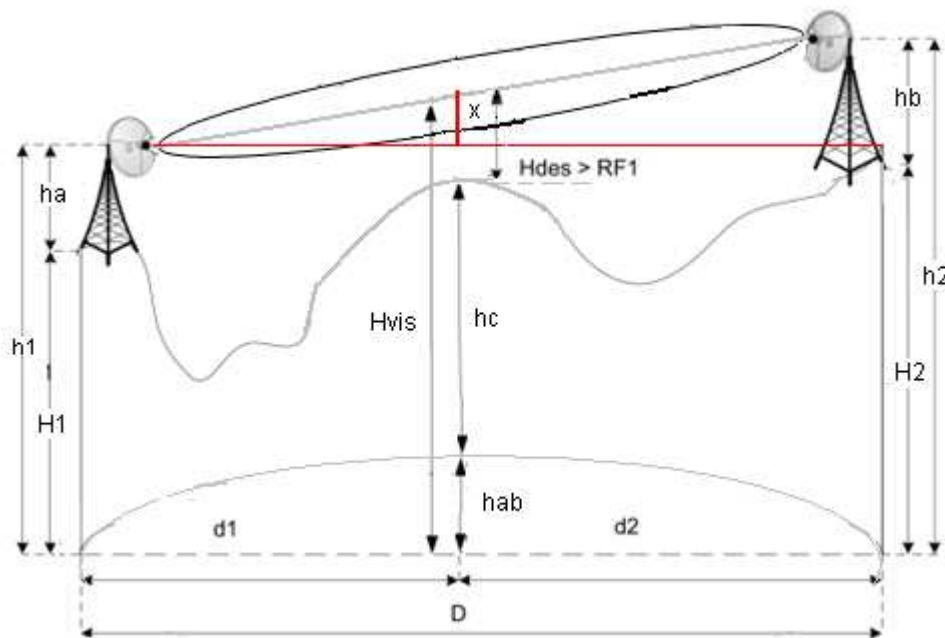


Figura 2.9: Gráfico para el cálculo de la altura de despeje

Donde:

d_1 = distancia desde el punto de transmisión al obstáculo [Km]

d_2 = distancia desde el punto de recepción al obstáculo [Km]

h_c = altura sobre el nivel del mar del obstáculo [Km]

h_1 = altura sobre el nivel del mar del punto de transmisión [m]

h_a = altura de la antena de transmisión desde el suelo [m]

h_2 = altura sobre el nivel del mar del punto de recepción [m]

h_b = altura de la antena de recepción sobre el suelo [m]

H_{des} = amplitud de despeje [m]

H_{vis} = altura a la línea de vista sobre el obstáculo [m]

h_{ab} = altura de abultamiento sobre el obstáculo [m]

$a = 6370$ Km Radio de la Tierra

$k = 4/3$ coeficiente de corrección del radio de la tierra para atmosfera estándar

De la figura 1.25, se tiene:

$$\frac{x}{h_2 - h_1} = \frac{d_1}{d}$$

$$x = \frac{d_1 (h_2 - h_1)}{d}$$

$$H_{vis} = h_1 + \frac{d_1 (h_2 - h_1)}{d}$$

Ec. 2.3

$$h'c = hc + hab$$

$$h'c = hc + \frac{d_1 * d_2}{2 * k * a}$$

$$H_{des} = H_{vis} - h'c$$

$$H_{des} = h_1 + \frac{d_1 * (h_2 - h_1)}{d} - hc - \frac{d_1 * d_2}{2 * k * a}$$

Ec. 2.4

El margen de despeje se considera la distancia entre este valor y el radio de la primera zona de Fresnel

$$M = H_{des} - R_{F1}$$

Ec. 2.5

Si $M > 0$, la primera zona de Fresnel está libre o parcialmente obstruida

Si $M < 0$, la primera zona de Fresnel se encuentra obstruida, caso que no es compatible en microondas.

2.4.4.4. Balance de potencia

Existen diversos factores que ayudan y otros que se oponen al avance de la onda electromagnética, el siguiente esquema nos indica de cierta forma el balance de potencia.

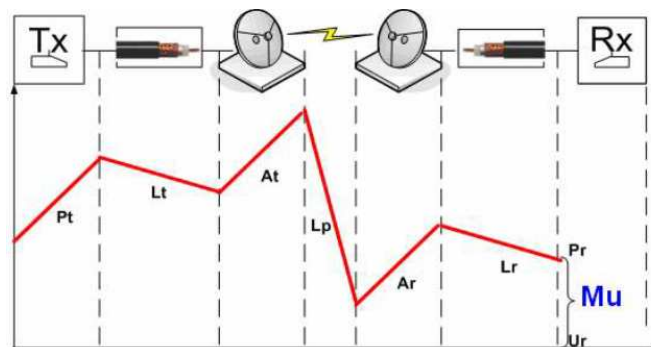


Figura 2.10: Balance de potencia

El desempeño de un radioenlace se calcula con la siguiente ecuación:

$$Pr = Tx - Lt + At - Lp + Ar - Lr \quad \text{Ec. 2.6}$$

Donde:

Pr (dBm) = Potencia de recepción

Tx (dBm) = Potencia de transmisión

Lt (dB) = Pérdida de la línea de transmisión en el transmisor

At (dBi) = Ganancia relativa de la antena respecto a una isotrópica

Lp (dB) = Pérdida en espacio libre

Ar (dBi) = Ganancia de la antena de recepción con respecto a una isotrópica

Lr (dB) = Pérdida de línea de transmisión en el receptor

Para la aplicación de la ecuación se debe considerar que las antenas están orientadas en la dirección en la que presentan su máxima ganancia (no se tiene pérdidas por puntería) y que la polarización de la antena transmisora y receptora es la misma (no hay pérdidas por desajuste de polarización).

2.4.4.5. Margen de Umbral (Mu)

Considerando que la potencia recibida es mayor que lo requerido por la sensibilidad del receptor, se tiene un margen, en el que dicha potencia recibida podría disminuir y se define como:

$$Mu = Pr - Ur \quad \text{Ec. 2.7}$$

Donde:

Mu (dB) = Margen de umbral

Pr (dBm) = Potencia de recepción

Ur (dBm) = Umbral de recepción o sensibilidad del equipo receptor.

2.4.4.6. Sensibilidad del receptor

Se define como el nivel mínimo de señal de radio frecuencia que se puede detectar a la entrada del receptor y producir una señal útil de información demodulada, para recepción digital comúnmente se define un BER 10^{-6} y otro a un BER de 10^{-3} . Los fabricantes de equipos de microondas especifican los

valores de umbral del receptor de sus equipos de radio, en relación con el ancho de banda del sistema.

2.4.4.7. Margen de desvanecimiento

Al propagarse una onda electromagnética por la atmósfera terrestre, la señal puede sufrir pérdidas por el espacio libre ó pérdidas intermitentes de intensidad, las cuales se denominan desvanecimiento ya que se pueden atribuir a diversos fenómenos como perturbaciones meteorológicas (lluvia, nieve, granizo, etc.), propagación por trayectorias múltiples debidas a la reflexión en montañas, edificios, vehículos, personas, etc., y a una superficie terrestre irregular. Para tener en cuenta el desvanecimiento temporal, se agrega una pérdida adicional a la pérdida en espacio libre. A esta pérdida se le llama margen de desvanecimiento.

El margen de desvanecimiento también tiene en cuenta los objetivos de confiabilidad del sistema.

Al resolver las ecuaciones de confiabilidad de Barnett- Vignant para una disponibilidad anual específica en un sistema no protegido sin diversidad se obtiene la siguiente ecuación:

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

Efecto de trayectoria sensibilidad del objetivos de
Multiple terreno confiabilidad

Ec. 2.8

Siendo:

F_M = margen de desvanecimiento [dB]

D = distancia entre transmisor y receptor [km]

f = frecuencia de la portadora [Ghz]

(1-R) = objetivo de confiabilidad del enlace

R = confiabilidad cuyo valor estándar es de 99,99%

$$(1 - R) = 1 - 0,9999 = 0,0001$$

Ec. 2.9

A = factor de rugosidad

= 4 sobre agua o sobre un terreno muy liso

= 1 sobre un terreno promedio

= 0.25 sobre un terreno muy áspero y montañoso

B = factor para convertir la peor probabilidad mensual en una probabilidad anual

= 1 para 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 o montañosas

Para que el sistema diseñado cumpla con el objetivo de confiabilidad, se requiere que el margen de umbral del sistema (M_u), sea mayor al margen de desvanecimiento (F_M), así:

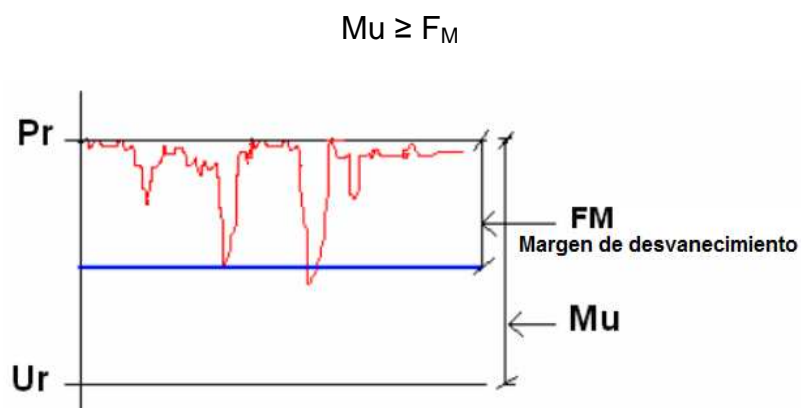


Figura 2.11: Representación gráfica de la relación entre M_u y F_M para un enlace

2.4.4.8. Confiabilidad del enlace

Se determina por el porcentaje de tiempo probable que un enlace no se interrumpa a consecuencia del desvanecimiento. A partir del margen de desvanecimiento (F_M), se puede obtener la confiabilidad del sistema así:

$$P = 6 * 10^{-7} * C * f * D^3 * 10^{-F_M/10}$$

$$R = (1 - P) * 100$$

Ec. 2.10

Donde:

P = Indisponibilidad del sistema en el año

R = confiabilidad del sistema, expresada en porcentaje

f = frecuencia de la portadora [Ghz]

D = distancia entre transmisor y receptor [km]

F_M = margen de desvanecimiento [dB]

C = factor dependiente del terreno ($A*B$) [adimensional]

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) ha desarrollado recomendaciones, en las que detalla los objetivos que deben cumplir los enlaces digitales.

La UIT en la recomendación G.801, define modelos de redes de transmisión digital, para la asignación y distribución de objetivos de calidad a los sistemas de transmisión.

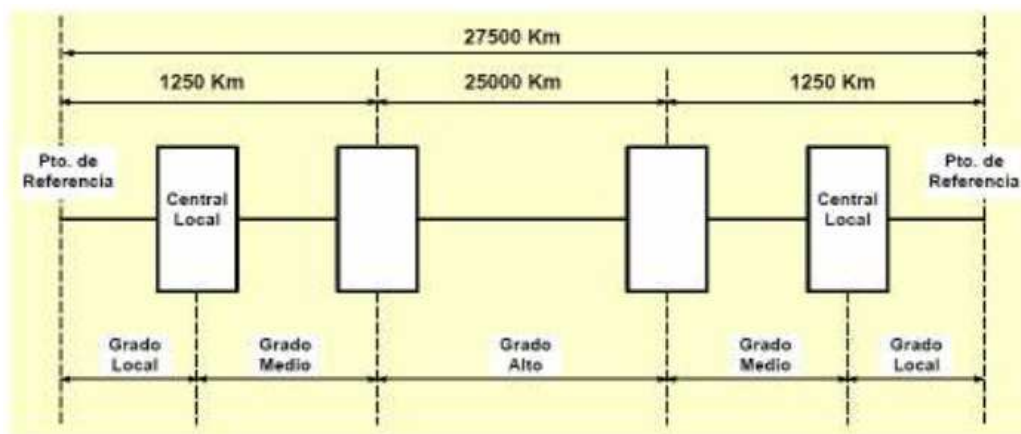


Figura 2.12: Objetivo de calidad según la UIT

HRX (conexión ficticia) incluye una variedad de sistemas de transmisión, equipos de multiplexación y de conmutación, en los que puede efectuar estudios de calidad global a fin de preparar objetivos de calidad.

Para radioenlaces digitales, la indisponibilidad total será de 0,3 % repartido de forma proporcional a la longitud del enlace, hasta una distancia mínima de 280 Km, por debajo de la cual el porcentaje se mantiene constante. Al estimar la indisponibilidad, se debe incluir todas las causas, que interviene en la transmisión, propagación y recepción de la señal de radio.

Por consiguiente, si L es la longitud del enlace, el objetivo de indisponibilidad total es:

$$P_T = \frac{0,3 * 280}{2500} \% = 0,0336\% \quad L < 280 \text{ km} \quad \text{Ec. 2.11}$$

La confiabilidad podemos definirla como el complemento de la indisponibilidad, así:

$$R_T = 1 - P$$

$$R_T = 99.9664\% \quad L < 280 \text{ km}$$

2.4.4.9. Indisponibilidad de los equipos

La indisponibilidad es el resultado de fallos o averías en equipos y se la puede expresar como:

$$U_E(\%) = \frac{MTTR}{MTBF + MTTR} * 100 \quad \text{Ec. 2.12}$$

MTBF >>> MTTR

$$U_E(\%) \approx \frac{MTTR}{MTBF} * 100$$

Donde:

$U_E(\%)$ = porcentaje de indisponibilidad de equipos

MTBF= (Mean Time Between Failures). Tiempo medio entre fallos, expresado en horas

MTTR= (Mean Time to Repair). Tiempo medio de reparación, corresponde al valor medio del tiempo que transcurre entre la producción de la avería y el restablecimiento de la operación del equipo, depende del diseño del equipo y de la periodicidad de mantenimiento.

2.5. PLANES DE FRECUENCIA - ANCHO DE BANDA EN UN RADIOENLACE POR MICROONDAS

En una estación terminal se requiere dos frecuencias (emisión y recepción) por radiocanal, cada estación repetidora que tiene como mínimo una antena por cada dirección, debe considerar que las frecuencias de emisión y recepción estén suficientemente separadas debido a las siguientes consideraciones:

- La gran diferencia entre los niveles de las señales emitida y recibida, que puede ser de 60 a 90 dB.
- La necesidad de evitar los acoples entre ambos sentidos de transmisión.
- La directividad insuficiente de las antenas sobre todas las ondas métricas.

La asignación de frecuencias a las estaciones se realiza según planes de frecuencias, empleándose dos frecuencias para cada radiocanal, siendo iguales entre si las frecuencias de transmisión y las de recepción en cada estación, esta técnica produce interferencia cocanal, solventando este inconveniente, con el cambio de polarización de las antenas en cada vano.

2.5.1. Utilización del espectro radioeléctrico para los enlaces microondas

El Reglamento de Radiocomunicaciones atribuye varias bandas de frecuencia a los radioenlaces del Servicio Fijo en 2, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 18, 23, 27, 31, 38 y 55 [GHz]. De forma periódica, la UIT-R ha ido desarrollando recomendaciones relativas a la canalización de esas bandas para radioenlaces analógicos y digitales.

2.5.1.1. Planes de disposición de radiocanales

Un plan de disposición de radiocanales, o plan de canalización, establece para una banda y capacidad determinadas, valores para los siguientes parámetros componentes del plan:

- Número de radiocanales que pueden utilizarse en la banda.
- Separación entre frecuencias adyacentes y entre frecuencias extremas y los bordes de la banda.
- Bandas de guarda.
- Valores de las frecuencias portadoras.
- Polarizaciones.
- Frecuencia central de la banda.
- Anchura de la banda.
- Anchura de RF de las diferentes portadoras.
- Tipo y capacidad del radioenlace.

El objetivo primordial de todo plan es el de optimizar la utilización del espectro radioeléctrico y minimizar las interferencias, además estos planes también facilitan:

- La interconexión en RF de radioenlaces, en circuitos internacionales.

- La intercalación de radiocanales adicionales.
- Las transmisiones mixtas de radiocanales analógicos y digitales.

En general, todo plan de canalización divide la banda en dos mitades; en cada emplazamiento las frecuencias de cada semibanda se utilizan para transmisión y para recepción, respectivamente. Los radiocanales adyacentes van alternando la polarización.

2.6. BANDAS DE FRECUENCIA

Para la atribución de las bandas de frecuencia se han dividido el mundo en tres regiones, las cuales están representadas en el siguiente mapa.

Región 1: Comprende Europa y África

Región 2: Comprende toda América

Región 3: Comprende Asia y Oceanía

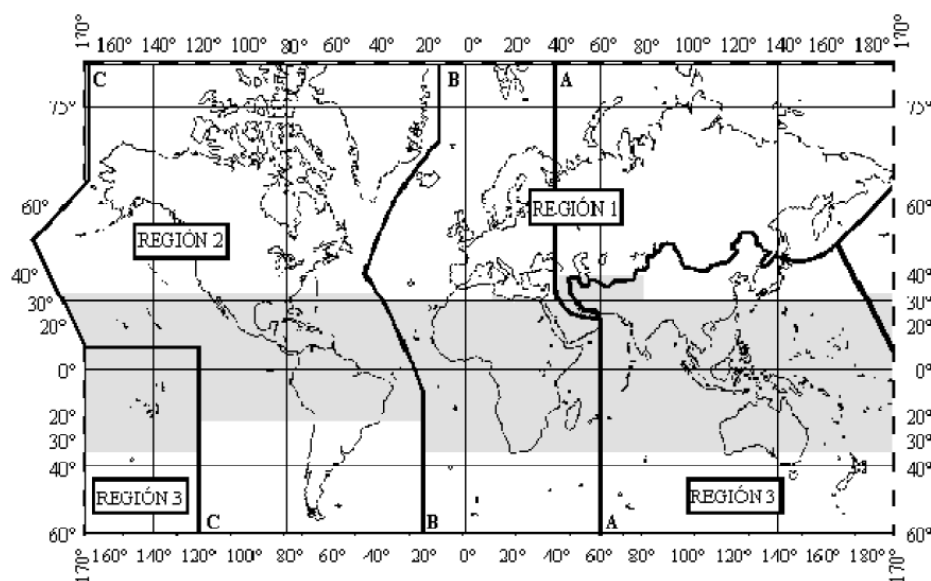


Figura 2.13 Mapa de regiones de frecuencia

2.6.1. Bandas no Licenciadas

Son aquellas que para sus usos están exentas del permiso de instalación, operación y asignaciones de espectro radioeléctrico, así como también no están afectadas al pago por concepto de canon por el uso de espectro radioeléctrico.

Las siguientes son las bandas no licenciadas:

902 - 928 MHz

Atribuidas a título secundario para servicios fijo y/o móvil, público y/o privado de telecomunicaciones.

2 400 - 2 483 MHz

Atribuidas a título secundario para servicios fijo y/o móvil, público y/o privado de telecomunicaciones.

5 150 - 5 250 MHz

Atribuidas a título secundario para servicios fijo y/o móvil, público y/o privado de telecomunicaciones para su uso en interiores

5 250 - 5 350 MHz

Atribuidas a título secundario para los sistemas de acceso inalámbrico para la prestación de servicios públicos de telecomunicaciones fijos y/o móviles

5 470 - 5 725 MHz

Atribuidas a título secundario para los sistemas de acceso inalámbrico para la prestación de servicios públicos de telecomunicaciones fijos y/o móviles

5 725 - 5 850 MHz

Atribuidas a título secundario para servicios fijo y/o móvil, público y/o privado de telecomunicaciones

Sin perjuicio de lo señalado anteriormente aquellos que hagan uso de las bandas de frecuencias deberán sujetarse a la normatividad técnica, como por ejemplo:

La potencia isotrópica radiada equivalente (PIRE) debe sujetarse a las siguientes características:

Para las bandas 902 – 928 MHz, 2400 – 2483,5 MHz y 5725 – 5850 MHz, la PIRE máxima utilizada no deberá exceder de 36 dBm (4 W)

Para las bandas 5150 – 5250 MHz, la PIRE máxima utilizada no deberá exceder de 23 dBm (200 mW) en espacio cerrado.

Para la banda 5250 – 5350 MHz y 5470 – 5725 MHz, la PIRE máxima utilizada no deberá exceder de 30 dBm (1W)

Está prohibido el uso de amplificadores transmisores o cualquier otro dispositivo similar que altere las condiciones de PIRE máxima establecidas.

Para las aplicaciones en espacio abierto el transmisor deberá estar instalado en un ambiente de fácil acceso a fin de facilitar la labor de supervisión de las autoridades.

Los equipos que operen en las bandas 5250 – 5350 MHz y 5470 – 5725 MHz deberán emplear un mecanismo de control de transmisión de potencia, debiendo tener capacidad de operar al menos a 6 dBm por debajo del valor medio del PIRE.

Los equipos que operen en las bandas 5250 5350 MHz y 5470 – 5725 MHz deberán emplear un mecanismo de detección de radar de selección dinámica de frecuencia.

2.6.2. Bandas Licenciadas

Estas bandas reguladas permiten una asignación de frecuencia exclusiva, minimizando interferencia y garantizando un alto rendimiento en transmisión del tipo portadora. En este tipo de bandas de frecuencia se ofrece una transmisión de alta confiabilidad a través de largas distancias y terrenos difíciles, particularmente sobre agua y terrenos parcialmente obstruidos.

Las licencias o permisos para operar enlaces de microondas, puede resultar un poco difícil ya que las autoridades deben de asegurarse que los enlaces no causen interferencia a los enlaces ya existentes.

La desventaja de la banda licenciada es que, justamente, debe pagarse por el uso de la frecuencia. El servicio tiene, entonces, un costo de instalación y un abono mensual.

Para la utilización de estas bandas de frecuencia se debe seguir términos y definiciones establecidas por El Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT, el cual es aplicado mundialmente, para la utilización de este tipo de bandas de frecuencia, se debe tener claro 3 conceptos que son muy importantes:

Atribución (de una banda de frecuencias): Inscripción en el cuadro de atribución de bandas de frecuencias, de una banda de frecuencias

determinada, para que sea utilizada por uno o más servicios de radiocomunicación terrenal o espacial o por el servicio de radioastronomía en condiciones especificadas.

Adjudicación (de una frecuencia o de un canal radioeléctrico): Inscripción de un canal determinado en un plan, adoptado por una conferencia competente, para ser utilizado por una o varias administraciones para un servicio de radiocomunicación terrenal o espacial en uno o varios países o zonas geográficas determinadas y según condiciones especificadas.

Asignación (de una frecuencia o de un canal radioeléctrico): Autorización que da una administración para que una estación radioeléctrica utilice una frecuencia o un canal radioeléctrico determinado en condiciones especificadas.

Cabe mencionar que para la atribución de bandas a los distintos servicios, su uso y control, en cada país se debe elaborar un Plan Nacional de Frecuencias, el mismo que se fija en las recomendaciones realizadas por la UIT.

De acuerdo al Plan Nacional de Frecuencias, y tomando en cuenta que para el presente proyecto se usará la banda de los 7GHz, se indica en la siguiente tabla las especificaciones para esta banda.

REGIÓN 2	ECUADOR	
Banda MHz	Banda MHz	NOTAS
7075 - 7145 FIJO MÓVIL 5.458	7075 - 7145 FIJO 5.458	EOA.50 EOA.110
7145 - 7235 FIJO MÓVIL INVESTIGACIÓN ESPACIAL (Tierra-espacio) 5.460 5.458	7145 - 7235 FIJO 5.458	EOA.50
7235 - 7250 FIJO MÓVIL 5.458	7235 - 7250 FIJO 5.458	EOA.50
7250 - 7300 FIJO FIJO POR SATÉLITE (espacio-Tierra) MÓVIL 5.461	7250 - 7300 FIJO	EOA.50
7300 - 7450 FIJO FIJO POR SATÉLITE (espacio-Tierra) MÓVIL salvo móvil aeronáutico 5.461	7300 - 7450 FIJO	EOA.50
7450 - 7550 FIJO FIJO POR SATÉLITE (espacio-Tierra) METEOROLOGÍA POR SATÉLITE (espacio-Tierra) MÓVIL salvo móvil aeronáutico 5.461A	7450 - 7550 FIJO	EOA.50
7550 - 7750 FIJO FIJO POR SATÉLITE (espacio-Tierra) MÓVIL salvo móvil aeronáutico	7550 - 7750 FIJO	EOA.50

Tabla 2.6: Plan Nacional de Frecuencias para la banda de los 7 GHz.

En la tabla podemos observar que está se divide en las especificaciones indicadas por la ITU la cual se denota como región 2 y las especificaciones regidas por el Ecuador, como se puede apreciar son casi similares con la diferencia que en esta banda de 7 GHz en Ecuador se usa únicamente para el servicio fijo de telecomunicaciones en tanto que para la ITU se usa también para servicios móviles de telecomunicaciones; además a esta banda le corresponde la nota EOA.50 la misma que especifica lo siguiente “Las bandas 235 – 245 MHz, 360 -370 MHz, 430 – 440 MHz, 902 – 929 MHz, 934 – 935 MHz, 951 – 956 MHz, 1427 – 1525 MHz, 3700 – 4200 MHz, 5925 – 6425 MHz, 7100 – 8500 MHz, 14,4 – 15,35 GHz, 17,7 – 18,9 GHz y 21,2 – 23,6 GHz se utilizan para el servicio FIJO.

Capítulo 3

3. DISEÑO DE LA RED PARA EL ENLACE MICROONDAS QUITO – LAGO AGRIO.

3.1. CONSIDERACIÓN DEL DISEÑO

Este radio enlace está diseñado para soportar diferentes tipos de datos gracias a que su capacidad permite transmitir datos que requieren un gran ancho de banda:

A continuación se realizará un análisis de los distintos tipos de datos que la red puede soportar.

- **Mensajería de texto / IM**

El tráfico es infrecuente y asincrónico que puede tolerar latencia, se puede utilizar un ancho de banda de 1 Kbps.

- **Correo electrónico**

El correo electrónico es asincrónico e intermitente, por lo tanto va a tolerar la latencia. Admite el envío de archivos adjuntos grandes, correo no deseado y virus por lo que el ancho de banda utilizado aumenta significativamente.

Es un servicio de red que permite a los usuarios enviar y recibir mensajes rápidamente mediante sistemas de comunicación electrónicos. Principalmente se usa este nombre para denominar al sistema que provee este servicio en Internet, mediante el protocolo SMTP, aunque por extensión también puede verse aplicado a sistemas análogos que usen otras tecnologías.

- **Navegadores web**

Los navegadores web utilizan la red cuando se solicitan datos, al buscar imágenes pesadas, descargas, etc., la utilización del ancho de banda aumenta significativamente.

- **Flujo de audio (*streaming*)**

Cada usuario de un servicio de flujo de audio va a utilizar una cantidad constante de un ancho de banda relativamente grande durante el tiempo que esté activo. Puede tolerar algo de latencia pasajera mediante la utilización de mucha memoria de almacenamiento temporal en el cliente (buffer).

- **Gestor de asistencia Remota**

Un gestor de asistencia remota básicamente es un programa que permite a un usuario de la red con la cual tiene comunicaciones obtener el control de una máquina ubicada en cualquier punto de la red, normalmente se utiliza para dar soporte a redes remotas.

- **Flujo de video (*streaming*)**

Como el flujo de audio, un poco de latencia intermitente es superado mediante la utilización de la memoria de almacenamiento temporal del cliente. El flujo de video requiere de alto rendimiento y baja latencia para trabajar correctamente.

- **Aplicaciones para compartir archivos Peer-to-Peer como (BitTorrent, KaZaA, etc.)**

Si bien las aplicaciones par a par (*peer-to-peer*) toleran cualquier cantidad de latencia, tienden a utilizar todo el rendimiento disponible para transmitir datos a la mayor cantidad de clientes y lo más rápido posible. El uso de estas aplicaciones causa latencia y problemas de rendimiento para todos los otros usuarios de la red.

- **Voz sobre IP**

La Voz sobre IP es una tecnología que permite la transmisión de la voz a través de redes IP en forma de paquetes de datos, en general, servicios de comunicación de voz, fax y aplicaciones de mensajes de voz, son transportadas vía redes IP, en lugar de ser transportados vía la red telefónica convencional.

Como con el flujo de audio, VoIP dedica una cantidad constante de ancho de banda de cada usuario mientras dura la llamada. Pero con VoIP, el ancho de banda utilizado es aproximadamente igual en ambas direcciones. La latencia en una conexión VoIP molesta inmediatamente a los usuarios ya que una demora mayor a unas pocas decenas de milisegundos es inaceptable.

El diseño de esta red se basa en un enlace conformado por dos puntos finales y cinco repetidores. Los puntos finales se ubican en Quito y en Lago Agrio, y los repetidores se encuentran dispersos en el trayecto de estos puntos.

Los lugares en los que se ubicarán los repetidores tiene la capacidad de brindar cobertura a las zonas pobladas que se encuentran a su alrededor.

3.1.1. Esquema de la red:

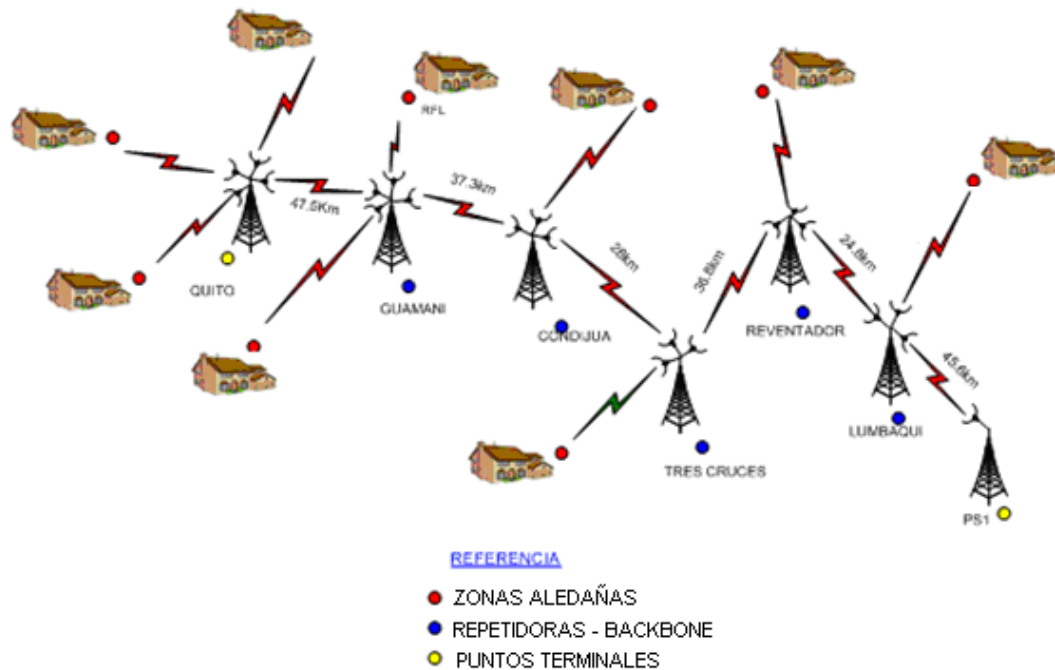


Figura 3.1: Esquema del radio enlace

Los factores más importantes que determinan las prestaciones de un sistema fijo de acceso inalámbrico, además de la elección de los equipos de radio y de sus parámetros de funcionamiento son la buena ubicación de las antenas y la elección de un canal libre de interferencias, es por esto que para el diseño de este radio enlace se utilizará la banda de 7 GHz ya que es una banda licenciada y por ende se evitará interferencias y los desvanecimientos de la señal, alcanzando una alta disponibilidad en el sistema.

3.2. DISEÑO DE RED

En el diseño de la red se ha considerado la topología del sector para poder escoger la mejor ruta inalámbrica a seguir a través de radioenlaces ubicados en determinados puntos de elevaciones geográficas, los puntos escogidos pertenecen a sitios en los cuales existen torres instaladas y con esto se consigue garantizar que exista energía eléctrica, infraestructura, facilidades de

acceso, línea de vista, seguridad de los equipos, lo cual nos permite disminuir costos tanto de instalación como de soporte y mantenimiento.

La red consta de 7 puntos los cuales se mencionan a continuación:

3.2.1. Estación Carretas (Quito)

Se encuentra ubicado en la provincia de Pichincha en el cantón Quito, ubicada a 2948 metros sobre el nivel del mar es considerado como un sitio estratégico para el desarrollo de las comunicaciones tanto en la provincia, como en sus alrededores, ya que gracias a su ubicación se puede diseñar enlaces que tengan como destino el norte y la región oriental del país, así como también los sectores de la ciudad de Quito, en donde el movimiento comercial y empresarial es más importante y representativo.



Figura 3.2: Estación Carretas - Quito

3.2.2. Estación Guamaní

Se encuentra ubicado en la provincia de Pichincha en el cantón Papallacta, se considera un sitio estratégico ya que se encuentra a una altura 4338,6 mts. sobre el nivel del mar y sus coordenadas son 00°19' 12.06" S, 78°11'30.48" W.

La situación geográfica del cerro Guamaní permitirá que las zonas aledañas como Papallacta, Pintag, Itulcachi, Malauco, Clemencia, Alangasí, Selva Alegre, La Merced, Paluco, Pifo, Chantag, puedan utilizar el backbone diseñado.

La infraestructura con la que cuenta el Cerro Guamaní prestará los servicios necesarios para el funcionamiento de los equipos.



Figura 3.3: Estación Guamaní

3.2.3. Estación Condiuja

Está ubicado en la provincia del Napo en la ciudad de Baeza en el cantón Quijos, se encuentra situado a una altura de 2398,9 metros sobre el nivel del mar y sus coordenadas son $00^{\circ} 29' 01.50''$ S $77^{\circ} 54' 03.00''$ W, lo que permitirá que los lugares aledaños como Baeza, Bermeo, Sardinas y San Francisco de Borja puedan utilizar el backbone diseñado.

En el cerro Condiuja se cuenta con los servicios necesarios para la adecuación de los equipos a instalarse.



Figura 3.4: Estación Condiuja

3.2.4. Estación Tres Cruces

La situación geográfica del cerro Tres Cruces brinda las facilidades para que los habitantes de las zonas aledañas (Díaz de Pineda, Santa Rosa, El Chaco, El Salado) puedan hacer uso de este backbone. Este lugar se encuentra ubicado en la provincia del Napo en el cantón El Chaco, tiene una altura 1928,7 metros sobre el nivel del mar y sus coordenadas son $00^{\circ} 16' 23.16''$ S, $77^{\circ} 45' 50.34''$ W.



Figura 3.5: Estación Tres Cruces

3.2.5. Estación Reventador

Se encuentra ubicado en la provincia de Sucumbios en el cantón Reventador, los 1572,2 metros sobre el nivel del mar y su posición geográfica $00^{\circ}02'30.00''$ S $77^{\circ}31'59.00''$ W, son apropiados para el diseño de este backbone ya que además de ser una repetidora de los puntos finales permite que los lugares aledaños (Reventador) puedan hacer uso de los servicios que este radio enlace proporcionará.



Figura 3.6: Estación Reventador

3.2.7. Estación Lumbaqui

Este cerro se encuentra localizado a $00^{\circ}1'48.84''$ N $77^{\circ}77'19.86''$ W en la provincia de Sucumbios en el cantón Lumbaqui a una altura 890,7 metros sobre el nivel del mar lo que permitirá que los lugares aledaños como Lumbaqui y Yasuní puedan utilizar el backbone diseñado.



Figura 3.7: Estación Lumbaqui

3.2.8. Estación Lago Agrio

La estación Lago Agrio se encuentra localizada a $00^{\circ}05' 2.0''$ N $76^{\circ}56' 22''$ W a una altura de 312,2 metros sobre el nivel del mar, este corresponde al último punto de nuestro radio enlace, a partir del cual se podrá distribuir la capacidad del canal.



Figura 3.8: Estación Lago Agrio

A continuación se presenta una tabla en la cual se indica los puntos elegidos para el diseño, tipo de estructura de la antena, ubicación geográfica y altura sobre nivel del mar.

SITIO	ESTRUCTURA DE LA ANTENA	UBICACIÓN GEOGRAFICA		ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR
		LATITUD	LONGITUD	
Quito	Punto terminal	00°7'12.99"S	78°28'26.14"W	29 47,9(msnm)
Guamani	Repetidor	00°19'12.06" S	78°11'30.48" W	43 38,6 (msnm)
Condijua	Repetidor	00°29'01.5" S	77°54'3" W	2398,9 (msnm)
Tres Cruces	Repetidor	00°16'23.16" S	77°45'50.34" W	1928,7 (msnm)
Reventador	Repetidor	00°02'30.00" S	77°31'59.00" W	1572,2 (msnm)
Lumbaqui	Repetidor	00°1'48.84" N	77°19'7.86" W	890, 7 (msnm)
Lago Agrio	Punto terminal	00°05' 2.0" N	76°56' 2 2" W	312,2 (msnm)

Tabla 3.1: Ubicación Geográfica de los puntos elegidos para el radio enlace

Distancias entre enlaces:

SITIO 1	SITIO 2	LONGITUD DEL ENLACE (Km)
Quito	Guamani	38.41
Guamani	Condijua	37.10
Condijua	Tres Cruces	27.91
Tres Cruces	Reventador	36.33
Reventador	Lumbaqui	24.8
Lumbaqui	Lago Agrio	42.58

Tabla 3.2: Distancia entre repetidores

Una vez escogidos los puntos a seguir por la red, se seleccionarán los equipos necesarios para la operación incluyendo la configuración y características que estos equipos deben tener para que exista comunicación, además es necesario verificar las especificaciones técnicas de los equipos de radio como la potencia del transmisor, ganancia de las antenas, sensibilidad del receptor, tasa de error, disponibilidad, etc.

Para el diseño de este backbone se utilizará equipos SAF ya que nos proporcionan un sistema de comunicaciones inalámbricas seguras y accesibles de punto a punto, a más de una alta capacidad (hasta 1200 Mbps) de transmisión, flexibilidad y las ventajas de las redes de comunicaciones inalámbricas.

3.3. COMPONENTES DEL SISTEMA



Figura 3.9: Partes del sistema microondas

3.3.1. Características de los radios a utilizar:

Los radios digitales CFQ permiten una alta capacidad de transmisión de datos, flexibilidad y sus características son muy adecuadas para las redes de comunicación inalámbrica, la serie de los radios digitales CFQ de punto a punto representan una nueva línea de productos de radios microondas, diseñadas para cubrir aplicaciones en plataformas PDH y SDH, para satisfacer necesidades actuales y futuras.

La plataforma de CFQ permite una gran variedad de configuraciones e interfaces de red que incluyen 16 x E1, 32 x E1, E3 1 ó 2 x 100BaseTX Ethernet, o combinaciones de estas interfaces y 1 x STM-1.

Los equipos CFQ (Equipos de radio de alta capacidad SDH) SAF se compone de una unidad interior (SD-IDU) y unidad exterior (ODU), la unidad interior está diseñada para ser independiente de la frecuencia, y la unidad exterior independientemente de la capacidad, la ODU puede operar a las bandas de frecuencia: 6, 7, 8, 10, 11, 13, 15, 18, 23, 26 y 38 gigahertz.

3.3.1.1. SD - IDU



Figura 3.10: SD - IDU

En el display se puede identificar 4 Led los cuales representan las alarmas que se puede presentar en el radio, a continuación se presenta una tabla con el significado de alarma de cada Led.

LED	COLOR	DESCRIPCION
Sync	Rojo	Perdida del sincronismo. El equipo no esta operando correctamente Pérdida de señal (LOS)
	OFF	Normal
Radio	Rojo	Falla de radio Nivel de Recieve signal menor al umbral. Por default este valor es -77 dBm Posible humedad en los radios Mal funcionamiento de la etapa de tx (TxOut=Error) RF Cable = Short - cable está en corto circuito Rf Cable = Off - cable defectuoso
	Rojo	Indicador de alarma Remota. El mapeo del lado remoto no ha sido dado SL (Sognal Loss) en el lado remoto
Label	Amarillo	VER alarm: se tiene un alto nivel de BER-Rate

Tabla 3.3: Tabla indicadora de las alarmas en la IDU

En un radio SAF se tiene 4 ranuras universales en la cuales se puede tener las siguiente interfaces



4port E1 module, balanced (4xRJ-45)



4port E1 module, unbalanced (1xDB-25)



Single E1 module, balanced (RJ-45) + unbalanced (BNC)



Single Ethernet module, 100Base-T Ethernet (RJ-45)



2port Ethernet module, 2x100Base-T Ethernet (RJ-45)



Single V.35 module

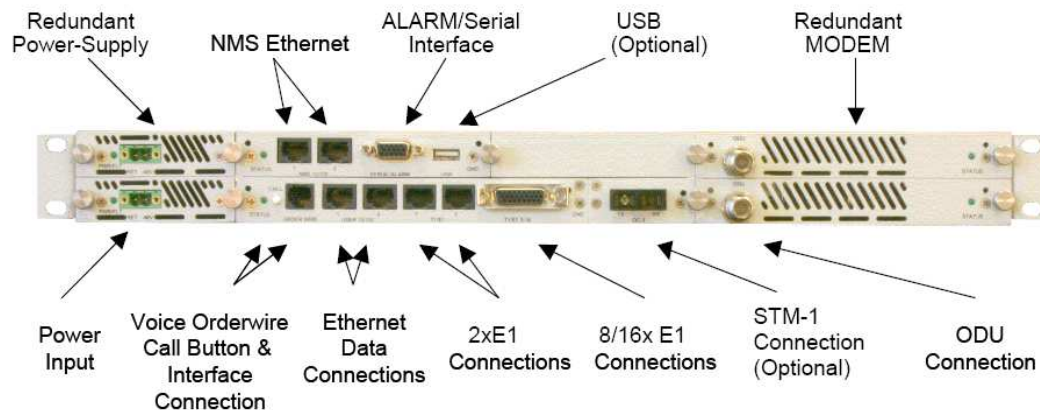


Figura 3.11: Radio IDU con distintos módulos

3.3.1.2. ODU



Figura 3.12: ODU - SAF

Factor de forma: la unidad exterior, 288 x 288 x 80mm, 4 kg (11,2 x 11,2 x 3,1 pulgadas, 8,8 libras)

Capacidad estándar: SDH: STM-1 PDH: hasta 155Mbps, 63E1/T1

La capacidad de banda ancha: SDH: 3 x STM-1 PDH: hasta 310Mbps

Modulaciones: QPSK / 16QAM / 32QAM / 128QAM

Puertos: conector N-Type para conectar a la unidad de IDU

Tráfico: Ethernet sólo / Ethernet y TDM

Bandas de frecuencias 6, 7, 8, 10, 11, 13, 15, 18, 23, 26, 38 GHz

Consumo de energía: 24 - 42W

Los radios SAF nos brindan una gran variedad de par de frecuencias en la banda de 7GHz, que pueden ser usados para la transmisión y recepción del enlace. En esta banda y usando estos radios tenemos una separación del dúplex de frecuencias de 154MHz, y el ancho de banda para cada frecuencia es de 28MHz, la información sobre el dúplex de frecuencias utilizables, se resume en la siguiente tabla:

	Channel no.	Type High		Type Low	
		Tx Freq. [MHz]	Rx Freq. [MHz]	Tx Freq. [MHz]	Rx Freq. [MHz]
Band A	1	7296	7142	7142	7296
	2	7324	7170	7170	7324
Band B	3	7352	7198	7198	7352
	4	7380	7226	7226	7380
Band C	4	7380	7226	7226	7380
	5	7408	7254	7254	7408

Tabla 3.4: Rango de frecuencias especificadas por la ODU

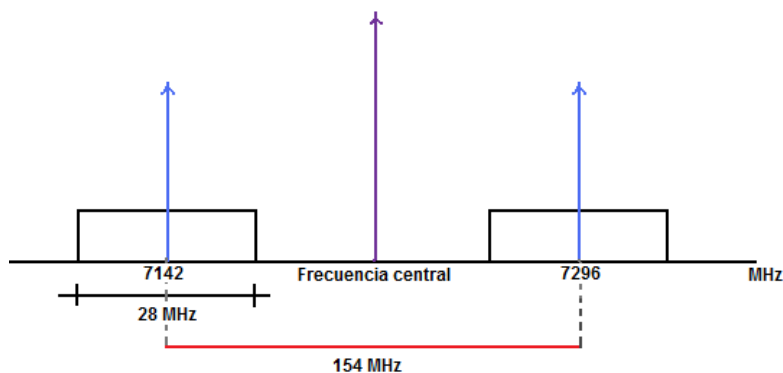


Figura 3.13: Gráfico de frecuencia de transmisión y recepción del equipo

Entre los beneficios que CFQ ofrece tenemos:

- Excelente fiabilidad
- Perfecta modularidad
- Amplia gama de datos e interfaces de voz
- Parámetros técnicos pendientes para las interfaces de tráfico de radio y datos
- Precios atractivos
- Diseño compacto y práctico
- Bajo consumo de energía

- El usuario del sistema de gestión amigable

3.3.1.3. Soluciones con radios SAF SDH

Para este tipo de soluciones tenemos ODUs disponibles en las siguientes bandas de frecuencias 6, 7, 8, 11, 13, 15, 18, 23 y 38 GHz.

Solución 1+0

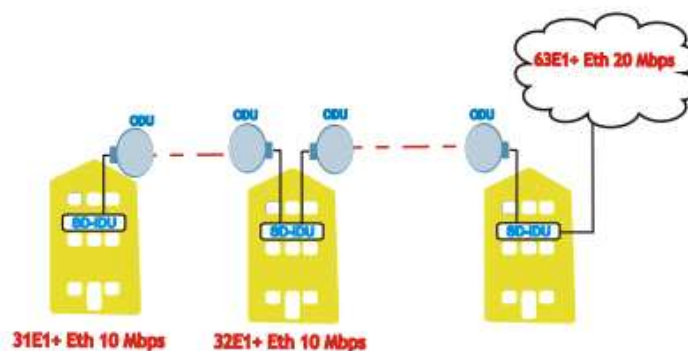


Figura 3.14: Solución 1+0

En la solución 1+0 los equipos no presentan redundancia, con este tipo de solución podemos transmitir 63 E1 a 20 Mbps con interfaz Ethernet. La versatilidad que nos brinda esta solución es que tenemos la capacidad de aumentar la capacidad mediante actualizaciones.

Se anexa el Datasheet de los radios SAF que se utilizará.

3.3.2. Características de las antenas a utilizar:

Para este diseño se utilizara antenas parabólicas COMHAT, las cuales están disponibles con un diámetro de 30, 60, 90, 120, 180, 240 y 300cm, y son utilizadas con todas las frecuencias comerciales.

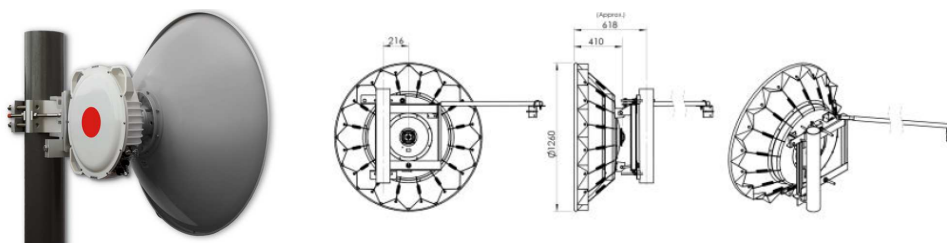


Figura 3.15: Gráfico de la antena Comhat

Las antenas y los montajes se hacen en un diseño fácil de usar y adaptar en condiciones severas. Comhat proporciona antenas para la instalación

independiente, así como aplicaciones personalizadas integradas para radioenlaces. Se anexa el datasheet de las antenas.

3.3.3. Características principales del software Radio Mobile

Radio Mobile es un software de libre distribución para el cálculo de radio enlaces de larga distancia en terreno irregular. Utiliza perfiles geográficos combinados con la información de los equipos (potencia, sensibilidad del receptor, características de las antenas, pérdidas, etc.) que quieren simularse, permite trabajar con frecuencias entre los 20MHz y 40GHz y longitudes de trayecto de entre 1 y 2000 Km.

Este software utiliza para la evaluación de los enlaces, el perfil geográfico de las zonas de trabajo, la obtención de los mapas puede realizarse directamente desde una opción del software que permite descargarlos de Internet. Hay tres tipos de mapas disponibles: los SRTM, los GTOPO30 y los DTED. En este diseño se utiliza mapas SRTM, en los gráficos del perfil se puede apreciar que existe ciertos puntos que bajan de altitud de manera precipitada esto se debe a que la base de datos que conforma el mapa no dispone de información de estos sitios.

Radio Mobile utiliza para el diseño de radio enlaces el Algoritmo de Longley-Rice por lo que a continuación se indica sus principales características.

3.3.3.1. Algoritmo de Longley Rice (ITM Irregular Terrain Model)

Este modelo se aplica a sistemas punto a punto y a esquemas de comunicación en el rango de frecuencia desde, desde los 40 MHz hasta los 100 GHz, sobre diferentes tipos de terreno.

Para determinar el nivel de potencia recibida sobre un terreno irregular, utilizando el algoritmo de Longley Rice se utiliza la información sobre la geometría del terreno entre el receptor y transmisor, y las características refractivas de la atmosfera, se aplica principalmente el modelo de reflexión terrestre de dos rayos, el mismo que considera tanto la transmisión directa como una componente de propagación reflejada en la tierra entre el transmisor y el receptor.

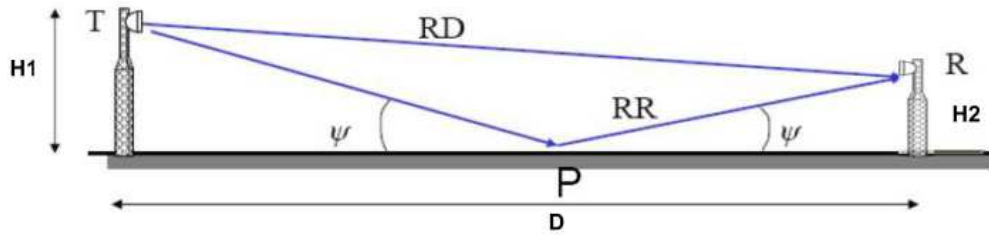


Figura 3.16: Modelo de dos rayos (rayo directo y rayo reflejado)

Donde:

H1 = altura de la estación transmisora [m]

H2 = altura de la estación recepción [m]

RD = rayo directo

RR = rayo reflejado

Ψ = ángulo de incidencia [°]

D = distancia del trayecto [m]

De la figura 3.7, se establece la diferencia de trayectos Δl , así:

$$\Delta l = TPR - TR$$

$$\Delta l = [D^2 + (H_1 + H_2)^2]^{1/2} - [D^2 + (H_1 - H_2)^2]^{1/2}$$

$$\Delta l \approx 2 \frac{H_1 * H_2}{D} \quad \text{Ec. 3.1}$$

El ángulo de incidencia está definido por:

$$\varphi = \text{tg}^{-1} \left(\frac{H_1 + H_2}{D} \right) \quad \text{Ec. 3.2}$$

Las pérdidas por difracción por obstáculos aislados son estimadas utilizando el modelo de "filo de cuchillo" (knife Edge) de Fresnel-Kirchoff, el cual también es utilizado para analizar los fenómenos de dispersión de la troposfera para de esta manera poder hacer predicciones a grandes distancias.

El modelo de Longley-Rice trabaja de dos modos:

Modo de descripción punto a punto, cuando se dispone de información detallada del perfil del terreno, lo que facilita la obtención de los parámetros de propagación

Predicción del área, cuando no se dispone del perfil del terreno, para lo cual el método dispone de técnicas para estimar los parámetros específicos.

En este modelo los parámetros del sistema están asociados al conjunto de equipos de radio involucrados y son independientes de las condiciones ambientales. Los siguientes parámetros del entorno describen estadísticamente las características del lugar en donde opera el sistema, estos parámetros son independientes del sistema de radio.

Variable del entorno irregular Δh : las irregularidades del terreno que se encuentra entre los terminales se trata como una función aleatoria de la distancia, para caracterizar esta función el modelo ITM utiliza un valor único de Δh para representar de forma simplificada la altura promedio de las irregularidades en el terreno.

Formas del terreno	Δh (m)
Plano o superficie del agua	0
Llanura	30
Colinas	90
Montañas	200
Montañas escabrosas	500
Para un nivel promedio $\Delta h=90$	

Tabla 3.5: Valores sugeridos para el parámetro del terreno irregular

Constante eléctrica del terreno: la permitividad relativa (constante dieléctrica) y la conductividad de la tierra.

Tipo del suelo	Permitividad Relativa	Conductividad (S/m)
Tierra promedio	15	0.005
Tierra pobre	4	0.001
Tierra buena	25	0.020
Agua dulce	81	0.010
Agua salada	81	5.000
Por lo general se utiliza las constantes de tierra promedio		

Tabla 3.6: Valores sugeridos para las constantes eléctricas del terreno

Refractividad de la superficie N_s : Las constantes atmosféricas y en particular la refractividad atmosférica, deben ser tratadas como funciones aleatorias de la posición y tiempo. En la mayoría de los casos esta función aleatoria puede ser caracterizada por un valor único N_s que representa el valor normal de la refractividad cercana al nivel de la tierra o superficie. Usualmente se mide en N unidades (partes por millón).

Clima	N_s (N-unidades)
Ecuatorial	360
Continente subtropical	320
Maritimo subtropical	370
Desierto	280
Continental temperado	301
Maritimo temperado sobre la tierra	320
Maritimo temperado sobre el mar	350
En condiciones promedio se utiliza 301 N_s (continental temperado)	

Tabla 3.7: Valores sugeridos para N_s en función del clima

Los resultados obtenidos en radio mobile son:

Azimut con que está orientada la antena, pérdidas en la trayectoria desde el transmisor hacia el receptor, ángulo de elevación con el que la señal sale de la antena de transmisión, Rx Relative que permite conocer el valor de margen respecto de la sensibilidad del receptor, Campo Eléctrico, Potencia isotrópica efectivamente radiada y potencia radiada efectiva.

Estos valores se los obtiene de acuerdo al ejemplo de cálculo.

3.4. EJEMPLO DE CÁLCULO DEL RADIO ENLACE

A continuación se describe paso a paso un ejemplo del cálculo del desempeño del radioenlace, tomando como referencia el modelo de Longley-Rice el cual es utilizado en Radio Mobile:

Paso 1. Se determina la posición geográfica de las estaciones para de esta manera determinar el perfil topográfico:

Quito	Guamaní
Latitud: 00°7'12.99"S	Latitud: 00°19'12.06" S
Longitud: 78°28'26.14"W	Longitud: 78°11'30.48" W
Elevación: 2947,9 (msnm)	Elevación: 4338,6 (msnm)

Tabla 3.8: Datos de la posición geográfica de los puntos Quito - Guamaní

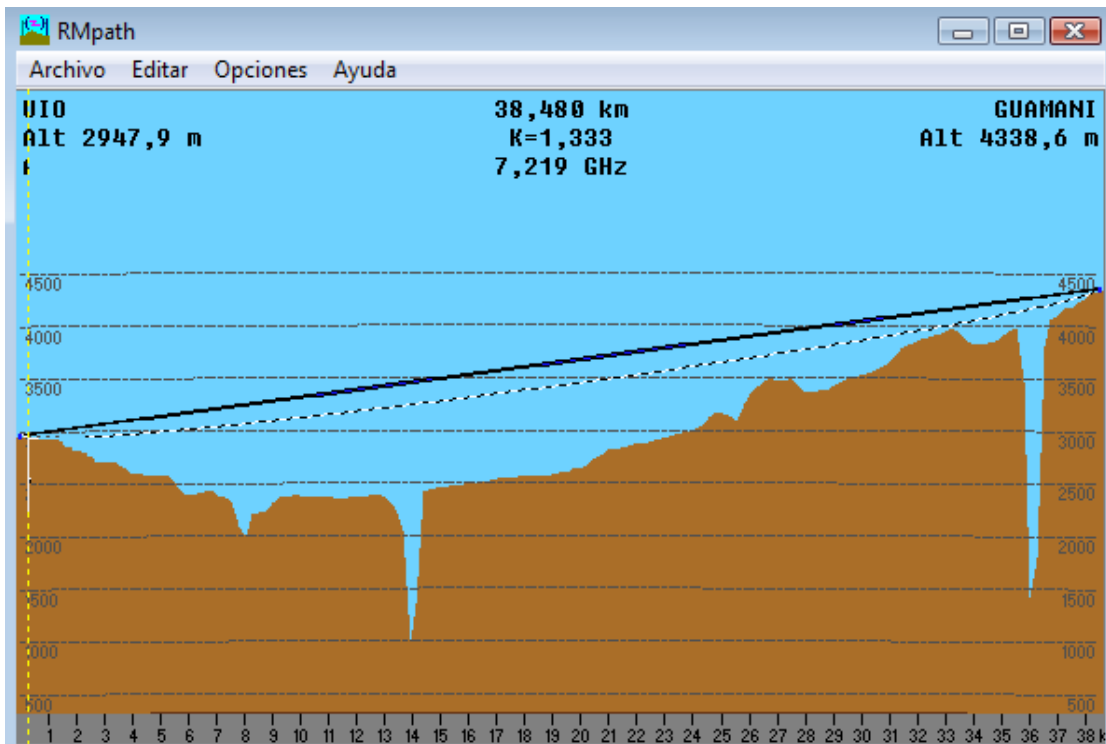


Figura 3.17: Perfil Topográfico Quito - Guamaní

Paso 2. Cálculo de la distancia entre la estación de transmisión (Quito) y la de recepción (Guamaní).

$$D_{[Kms]} = \sqrt{(\Delta longitud * 111)^2 + (\Delta latitud * 111)^2 + (\Delta h)^2}$$

Donde:

D: Distancia entre la antena ubicada en Quito y Guamaní

Δ longitud: Diferencia entre las longitudes de las dos coordenadas [grados]

Δ latitud: Diferencia entre las latitudes de las dos coordenadas [grados]

Δ h: Diferencia entre elevaciones de los puntos localizados en el transmisor y el receptor [Kms]

111: Factor para transformar a Kms (1° equivale aproximadamente a 111 Kms)

$$\Delta longitud = longitud_{(Guamani)} - longitud_{(Quito)}$$

$$\Delta longitud = 78^{\circ}11'30,48'' - 78^{\circ}28'26,14''$$

$$\Delta longitud = 78,1918 - 78,4739$$

$$\Delta longitud = -0,2821$$

$$\Delta latitud = latitud_{(Guamani)} - latitud_{(Quito)}$$

$$\Delta\text{latitud} = 00^{\circ}19'12,06'' - 00^{\circ}7'12,99''$$

$$\Delta\text{latitud} = 0,3200 - 0,1203$$

$$\Delta\text{latitud} = 0,1997$$

$$\Delta h = \text{altura}_{\text{Quito}} - \text{altura}_{\text{Guamani}}$$

$$\Delta h = 4,3386 \text{ Km} - 2,9479 \text{ Km}$$

$$\Delta h = 1,3907 \text{ Km}$$

$$D_{[\text{Kms}]} = \sqrt{((-0,2821 * 111)^2 + (0,1997 * 111)^2 + (1,3907)^2)}$$

$$D_{[\text{Kms}]} = 38,40 \text{ Km}$$

Paso 3: Se escoge un par de frecuencias para la canalización del radioenlace Quito - Guamaní, así:

Fn(min) [Mhz]	Fn(max) [Mhz]
7142	7296

La frecuencia central f del radiocanal es:

$$f_{\text{central}} = \frac{f_{n(\text{min})} + f_{n(\text{max})}}{2}$$

$$f_{\text{central}} = \frac{7296 + 7142}{2}$$

$$f_{\text{central}} = 7219$$

Paso 4: Una vez determinada la distancia del radioenlace, tomamos en cuenta la altura del obstáculo más alto del trayecto, que pueda causar obstrucción, para determinar la altura de despeje que nos permita tener libre al menos el 60% de la primera zona de Fresnel.

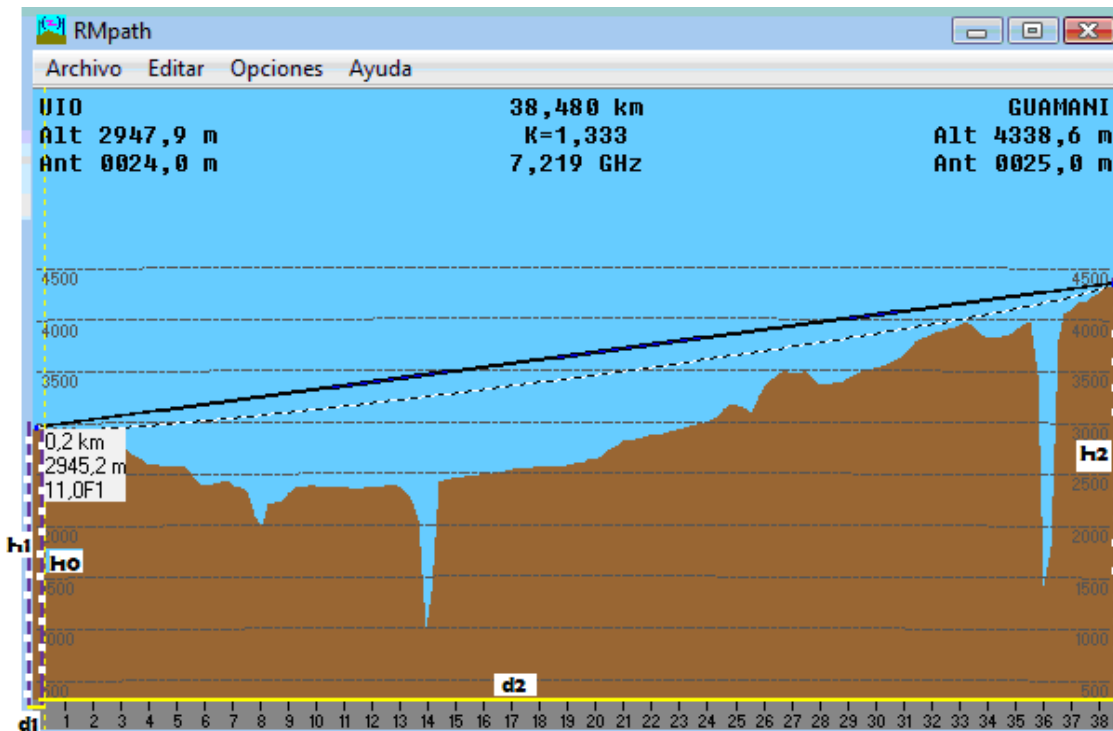


Figura 3.18: Perfil para liberar al menos el 60% de la primera zona de Fresnel

$$H_{des} = h_1 + \frac{d_1 * (h_2 - h_1)}{d} - h_c - \frac{d_1 * d_2}{2 * k * a}$$

Donde:

d1= distancia desde el punto de transmisión al obstáculo [m]

d2= distancia desde el punto de recepción al obstáculo [m]

d= distancia total del enlace [m]

h1=altura sobre el nivel del mar del punto de transmisión [m]

h2=altura sobre el nivel del mar del punto de recepción [m]

Hdes = amplitud de despeje [m]

a = 6370 Km Radio de la Tierra

k = 4/3 coeficiente de corrección del radio de la tierra para atmósfera estándar

$$h_1 = 2947,9 + 24$$

$$h_1 = 2971,9 \text{ m}$$

$$h_2 = 4338,6 + 25$$

$$h_2 = 4363,6 \text{ m}$$

$$H_{des} = (2971,9) + \frac{200 * (4363,6 - 2971,9)}{38400} - 2942,2 - \frac{200 * 38200}{2 * \frac{4}{3} * 6370000}$$

$$H_{des} = 36,49856 \text{ m}$$

Para calcular el radio de la primera zona de Fresnel, se aplica la ecuación, así:

$$R_{F(m)} = 547,72 \sqrt{\frac{d_1(Km) * d_2(Km)}{f(MHz) * D(Km)}}$$

$$R_{F(m)} = 547,72 \sqrt{\frac{0,2 * 38,2}{7219 * 38,4}}$$

$$R_{F(m)} = 2,8754 \text{ m}$$

$$\frac{H_{des(m)}}{R_{F(m)}} = \frac{36,49856}{2,8754}$$

$$\frac{H_{des(m)}}{R_{F(m)}} = 12,6933$$

La primera zona de Fresnel se encuentra totalmente libre

Paso 5: Se determina el margen de despeje y se analiza si existe obstrucción, para calcular pérdidas, en este caso no existe obstrucción.

Paso 6: Se determina las pérdidas de propagación, se toman en cuenta las pérdidas en espacio libre, en líneas de transmisión y conectores.

$$L_{p(dB)} = 32,4 + 20 \log f_{(MHz)} + 20 \log D_{(Km)}$$

$$L_{p(dB)} = 32,4 + 20 \log(7219) + 20 \log(38,40)$$

$$L_{p(dB)} = 141,2561 \text{ dB}$$

Las pérdidas en líneas de transmisión, son aquellas pérdidas de los cables que conectan la ODU con la IDU, para ello se utilizará cables Heliac de tipo LDF4-50 de ½ pulgada con dieléctrico de espuma. En el caso de Quito, se ubicará la ODU a 24 mts sobre el nivel del suelo y la distancia al cuarto de equipos en donde se ubicará la IDU se encuentra a 5 mts, por lo que la distancia de conexión entre la ODU a la IDU es de 29 mts. En el caso de Guamaní, se ubicara la ODU a 25 mts sobre el nivel del suelo y la distancia al cuarto de equipos en donde se ubicará la IDU se encuentra a 5 mts, por lo que la distancia de conexión entre la ODU a la IDU es de 30 mts.

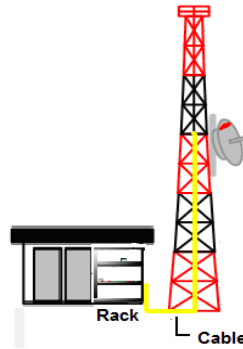


Figura 3.19: Trayectoria de cable coaxial que produce pérdidas

Para la conexión de la IDU hacia la ODU se utilizó un conector hembra el cual suministra -48 VDC y frecuencia intermedia de transmisión de 350 MHz hacia la ODU y 140 MHz desde la ODU. Se trabaja en banda base ya que el transmisor se encuentra en la ODU. El valor de las pérdidas en líneas de transmisión se calcula tomando en cuenta la frecuencia intermedia, para este caso la frecuencia intermedia según las especificaciones de los equipos SAF es 140 MHz que corresponde a 2,67 dB por cada 100 metros.

$$L_{T-QUITO} = 29m * \frac{2,67}{100} \text{ dB}/m$$

$$L_{T-QUITO} = 0,774 \text{ dB}$$

$$L_{T-GUAMANI} = 30m * \frac{2,67}{100} \text{ dB}/m$$

$$L_{T-GUAMANI} = 0,801 \text{ dB}$$

Las pérdidas de los conectores se asumen valores de:

$$L_{C-QUITO(dB)} = 0,25$$

$$L_{C-GUAMANI(dB)} = 0,25$$

Paso 7: Se calcula la potencia de recepción a partir de la ecuación de balance, potencia de transmisión 24 dBm y la ganancia de las antenas SAF 36,5 dBm.

$$P_{R(dBm)} = T_{X(dBm)} - L_{T-QUITO(dB)} + A_{T(dB)} - L_{P(dB)} + A_{R(dB)} - L_{R-GUAMANI(dB)}$$

$$P_{R(dBm)} = 24 - (0,774 + 0,25) + 36,5 - 141,25 + 36,5 - (0,801 + 0,25)$$

$$P_{R(dBm)} = -46,325 \text{ dBm}$$

Paso 8: Se determina el margen de Umbral Mu.

Según las especificaciones la sensibilidad del receptor es de -71 dBm, valor que se lo compara con el margen de desvanecimiento FM, para establecer si cumple con el objetivo de confiabilidad.

$$Mu_{(dB)} = P_{R(dBm)} - Ur_{(dBm)}$$

$$Mu_{(dB)} = -46,325 - (-71)$$

$$Mu_{(dB)} = 24,675$$

$$F_{M(dB)} = 30 \log D + 10 \log(6ABf) - 10 \log(1 - R) - 70$$

R = confiabilidad cuyo valor estándar es de 99,99%

$$(1 - R) = 1 - 0,9999 = 0,0001$$

Se asume:

A = 0,25 sobre un terreno muy áspero y montañoso

B = 0.25 para áreas continentales promedio

$$F_{M(dB)} = 30 \log(38,40) + 10 \log(6 * 0,25 * 0,25 * 7,296) - 10 \log(0,0001) - 70$$

$$F_{M(dB)} = 21,90 \text{ dB}$$

El Margen de Umbral es mayor que el Margen de desvanecimiento lo que garantiza la disponibilidad en un enlace

Paso 9. Se determina la indisponibilidad y la confiabilidad del radioenlace y se realiza una comparación con el objetivo de calidad propuesta por la UIT.

Indisponibilidad:

$$P = 6 * 10^{-7} * C * f * D^2 * 10^{-\frac{F_M}{10}}$$

$$P = 6 * 10^{-7} * (0,25 * 0,25) * 7,296 * (38,40)^2 * 10^{-\frac{-(21,90)}{10}}$$

$$P = 0.0001$$

Confiabilidad:

$$R = (1 - P) * 100$$

$$R = (1 - 0,0001) * 100$$

$$R = 99,98\%$$

La confiabilidad propuesta por la UIT es:

$$R_T = 99,9664\% \quad \text{para } L < 280 \text{ Km}$$

$$R \geq R_T \quad \text{Por lo tanto se cumple con el objetivo de la UIT}$$

Paso 10: Se determina la PIRE, el nivel recibido por el receptor y la intensidad de campo eléctrico.

PIRE (Potencia Isotrópica radiada)

$$PIRE = T_{X(\text{dBm})} + A_{T(\text{dBi})} - L_T (\text{Quito})$$

$$PIRE = 24 + 36,5 - 1,024$$

$$PIRE = 59,476 \text{ dBm}$$

Intensidad de campo eléctrico.

$$E_{\text{dB}(\frac{\mu\text{V}}{\text{m}})} = EIRP_{(\text{dBW})} - 20 * \log d_{(\text{Km})} + 74,8$$

$$E_{\text{dB}(\frac{\mu\text{V}}{\text{m}})} = 10 \log PIRE_w - 20 \log D_{\text{Km}} + 74,8$$

$$E_{\text{dB}(\frac{\mu\text{V}}{\text{m}})} = 10 \log 794,32 - 20 \log 38,40 + 74,8$$

$$E_{\text{dB}(\frac{\mu\text{V}}{\text{m}})} = 72,11$$

Paso 11: Se debe alinear las antenas de transmisión y recepción, para ellos se determina el ángulo de elevación y azimut.

El ángulo de elevación es el ángulo vertical que se forma entre la dirección de movimiento de una onda electromagnética irradiada por una antena y el plano horizontal, mientras menor sea el ángulo de elevación, la distancia que debe recorrer una onda propagada a través de la atmósfera terrestre es mayor

$$h1 = 24 + 2947,9 = 2971,9 \text{ [m]}$$

$$h2 = 25 + 4338,6 = 4363,6 \text{ [m]}$$

$$\Delta H = h1 - h2$$

$$\Delta H = 2971,9 - 4363,6 = 1391,7 \text{ [m]}$$

$$\sin \alpha = \frac{\Delta H}{D}$$

$$\text{sen } \alpha = \frac{\Delta H}{D}$$

$$\alpha = \text{sen}^{-1} \left(\frac{\Delta H}{D} \right)$$

$$\alpha = \text{sen}^{-1} \left(\frac{1391,7}{38400} \right)$$

$$\alpha = 2,07^\circ$$

El ángulo de apuntamiento se determina relacionando la variación de latitud con la variación de longitud.

$$\theta = \arctan \left(\frac{\Delta \text{latitud}}{\Delta \text{longitud}} \right)$$

$$\theta = \arctan \left(-\frac{0,1997}{0,2821} \right)$$

$$\theta = -35,29^\circ$$

El ángulo Azimut es el ángulo horizontal que se forma entre la dirección de movimiento de una onda electromagnética irradiada por una antena y el plano vertical, se lo mide en grados a partir del norte en el sentido de las manecillas del reloj.

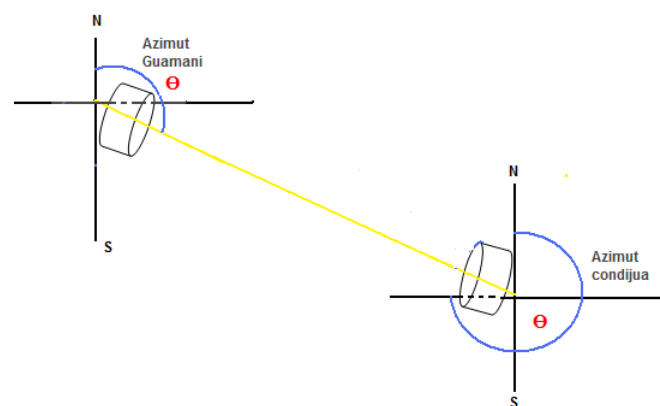


Figura 3.20: Gráfico del ángulo Azimut

$$A_{Z(\text{QUITO})} = 90^\circ + |\theta|$$

$$A_{Z(\text{QUITO})} = 90^\circ + |35,29|$$

$$A_{Z(QUITO)} = 125,9^\circ$$

$$A_{Z(GUAMANI)} = 270^\circ + [\theta]$$

$$A_{Z(GUAMANI)} = 270^\circ + [35,29]$$

$$A_{Z(GUAMANI)} = 305,29^\circ$$

A continuación se presenta el gráfico del enlace en Radio Mobile y resultados obtenidos. La escala de la figura se ajusta a las dimensiones del perfil.



Figura 3.21: Datos obtenidos en el software Radio Mobile del enlace Quito - Guamaní

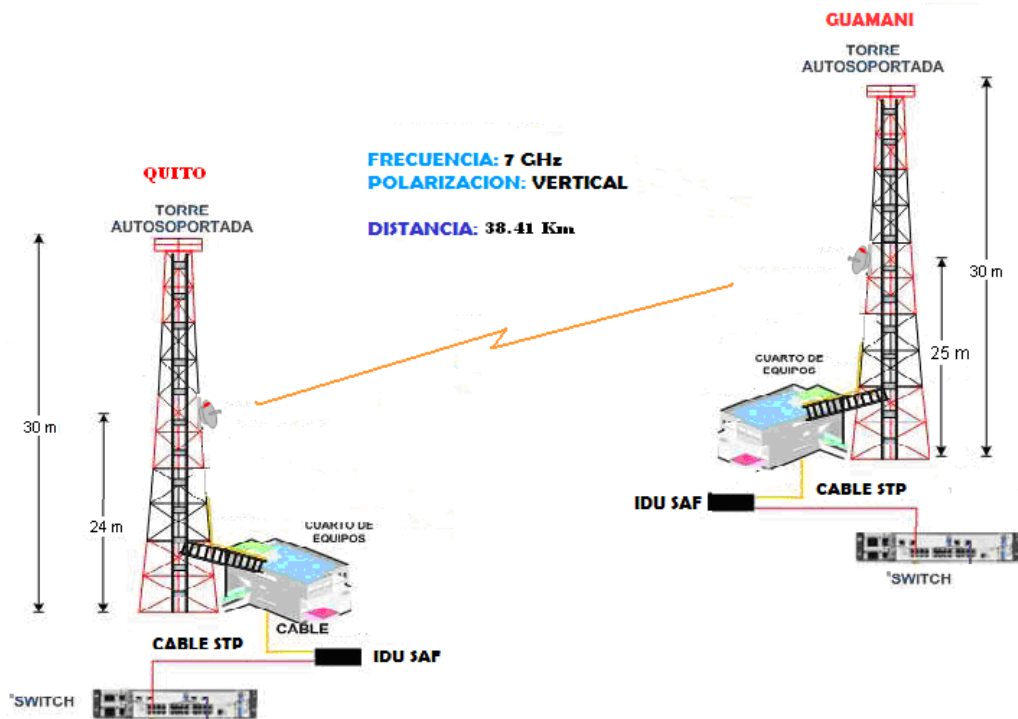


Figura 3.22: Diagrama del enlace Guamani - Condijua

3.5. ENLACE GUAMANÍ – CONDIJUA

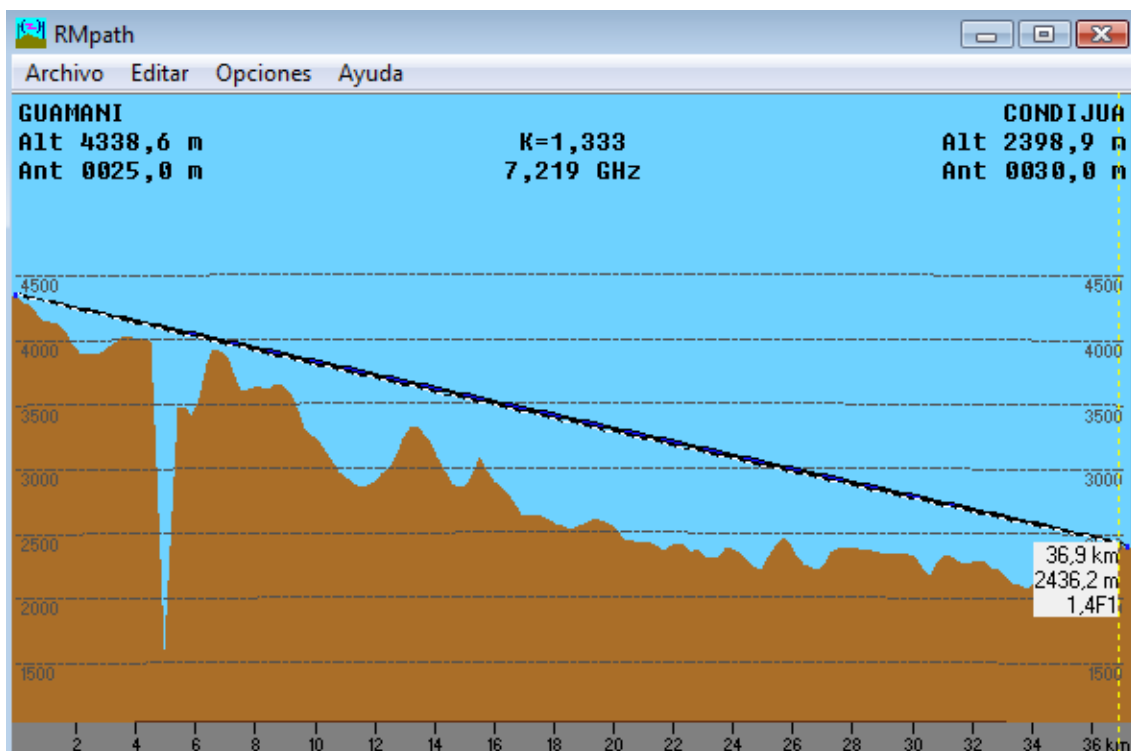


Figura 3.23: Trayecto Guamani – Condijua

A continuación se presenta las tablas con las principales características del radio enlace.

Condiciones físicas y eléctricas	GUAMANI	CONDIJUA
Voltaje fase-neutro (V)	112.4	113.3
Voltaje fase- tierra (V)	114.1	114.4
Voltaje neutro-tierra (V)	1.35	1.2
UPS	OK	OK
Rack	OK	OK
Temperatura Interior	Ambiente	Ambiente

DATOS DEL ENLACE	GUAMANI	CONDIJUA
Data Rate	155 Mbps	155 Mbps
Polaridad	Vertical	Vertical
Azimut	119.4°	299.4°
Longitud del enlace	37.1 Km	
Frecuencia de Operación	7142 MHz	7296 MHz
Altura sobre el suelo	25 metros	30 metros
Potencia de Transmisión	24 dBm	24 dBm
Nivel de recepción	-51 dBm	
Diámetro de antena	1,2 m	1,2 m
Tipo de Estructura utilizada (mástil, torre, etc.)	Autosoportada	Autosoportada
Altura de la estructura	30 metros	36 metros

Tabla 3.9: Datos principales del enlace Guamaní – Condiuja

A continuación se presenta el gráfico del enlace en Radio Mobile y resultados obtenidos . La escala de la figura se ajusta a las dimensiones del perfil.

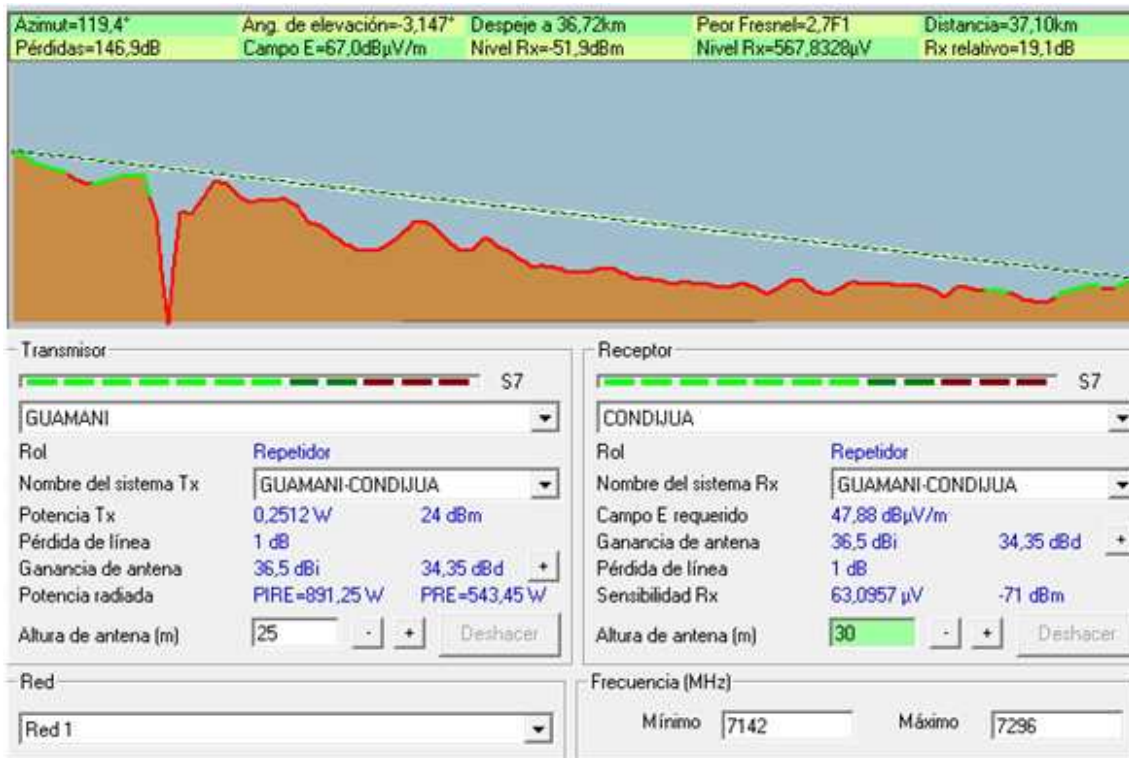


Figura 3.24: Datos obtenidos en el software Radio Mobile del enlace Guamaní - Condiuja

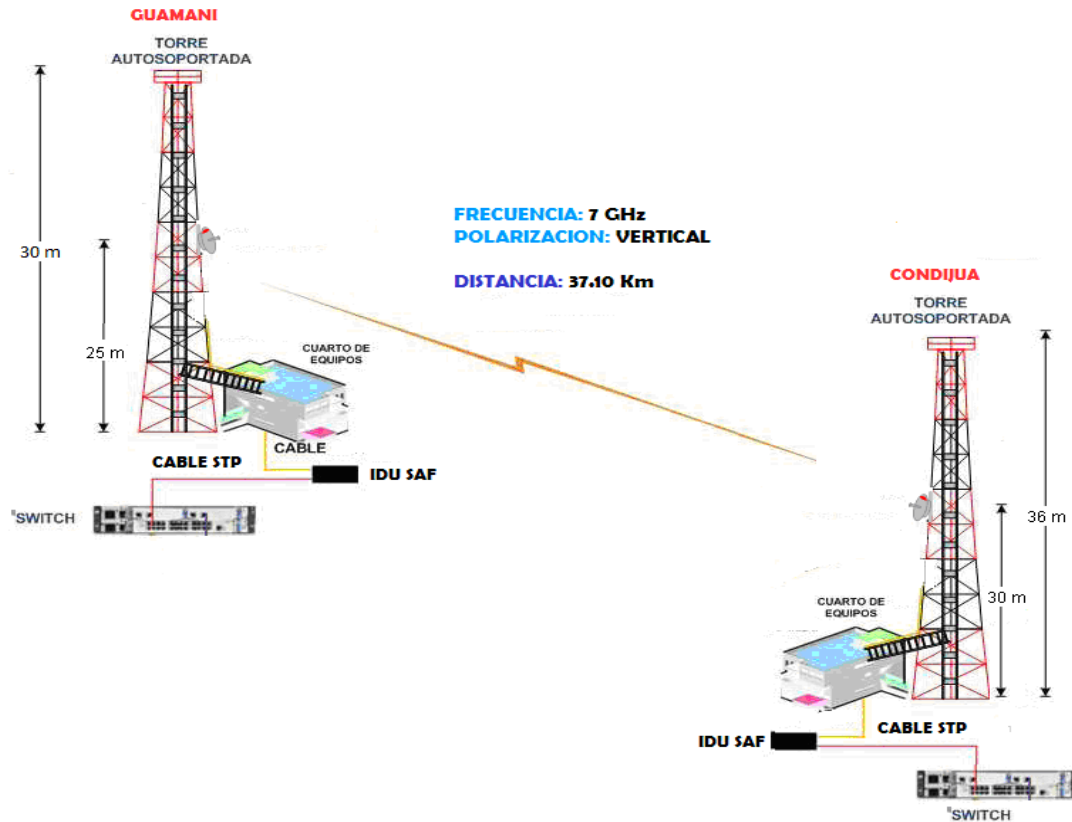


Figura 3.25: Diagrama del enlace Guamaní - Condiuja

3.6. ENLACE CONDIJUA – TRES CRUCES

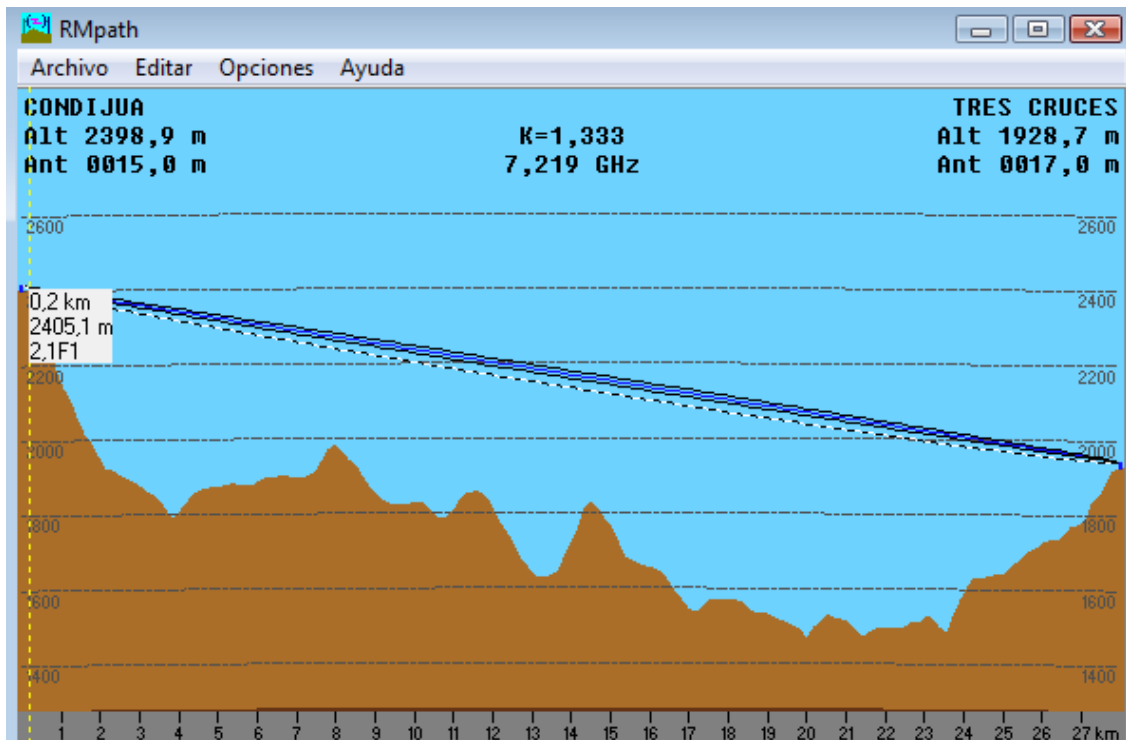


Figura 3.26: Trayecto Condiuja – Tres Cruces

A continuación se presenta las tablas con las principales características del radio enlace.

Condiciones Físicas y Eléctricas:	CONDIJUA	TRES CRUCES
Voltaje fase-neutro	113.3	112.6
Voltaje fase-tierra	114.4	114.1
Voltaje-neutro-tierra	1.2	1.2
UPS?	OK	OK
Rack	OK	OK
Temperatura Interior:	AMBIENTE	AMBIENTE

DATOS DEL ENLACE	CONDIJUA	TRES CRUCES
Data Rate	155 Mbps	155 Mbps
Polaridad	Vertical	Vertical
Azimut	33°	213°
Longitud del enlace	27,91 Km	
Frecuencia de Operación	7142 MHz	7296 MHz
Altura sobre el suelo	15 metros	17metros
Potencia de Transmisión	24 dBm	24 dBm
Nivel de recepción	-49,8 dBm	
Diametro de antena	1,2 m	1,2 m
Tipo de Estructura utilizada (mástil, torre, etc.)	Autosoportada	Autosoportada
Altura de la estructura	36 metros	60 metros

Tabla 3.10: Datos principales del enlace Condijsua – Tres Cruces

A continuación se presenta el gráfico del enlace en Radio Mobile y resultados obtenidos. La escala de la figura se ajusta a las dimensiones del perfil.

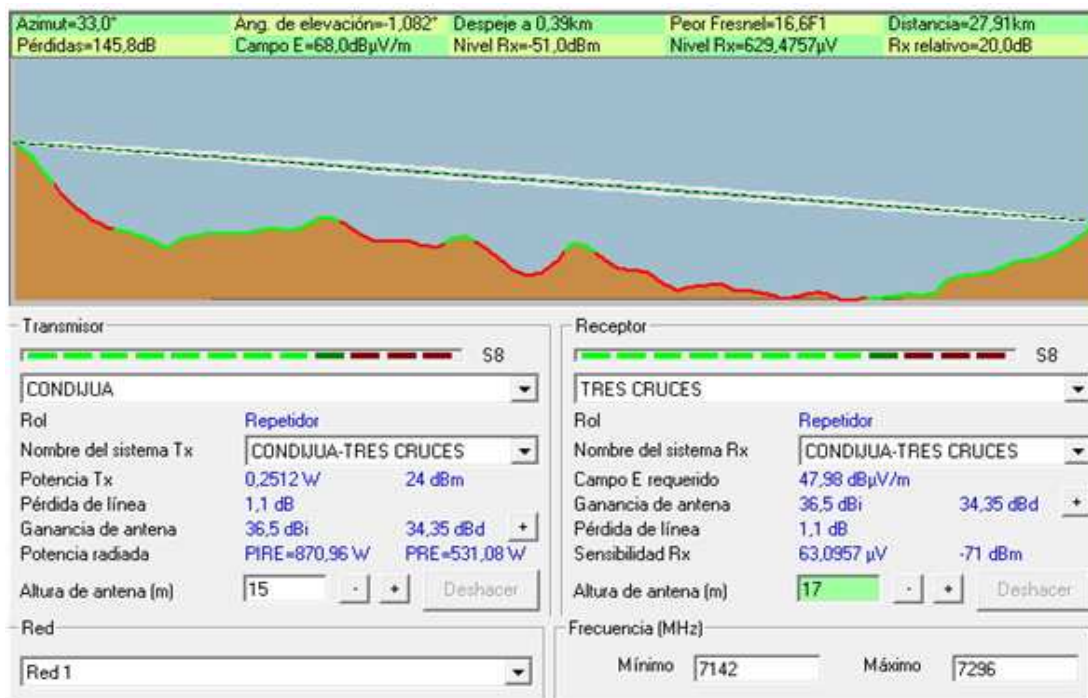


Figura 3.27: Datos obtenidos en el software Radio Mobile del enlace Condijsua – Tres Cruces

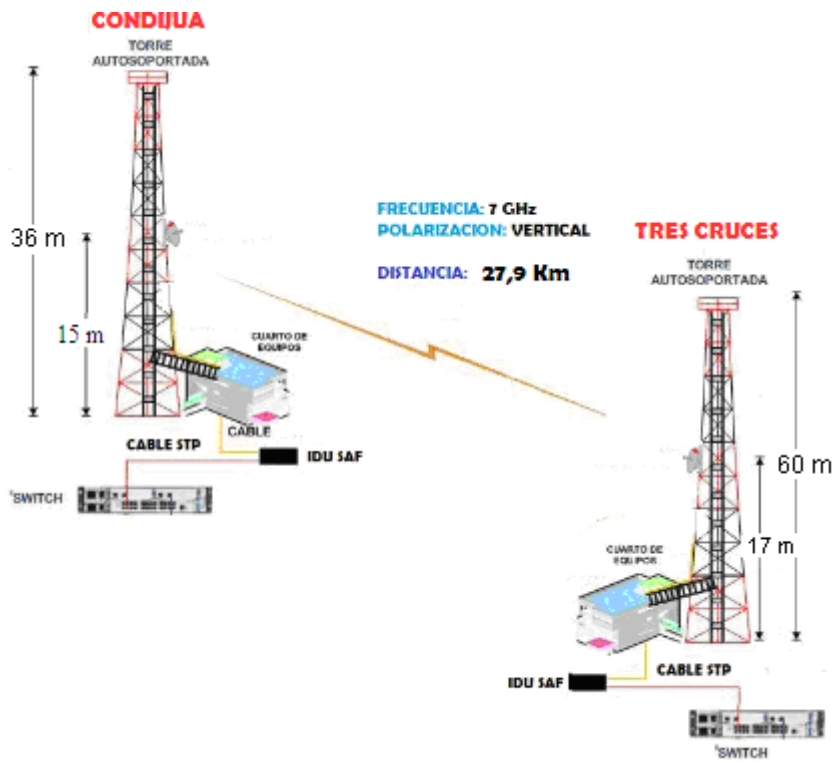


Figura 3.28: Diagrama del enlace Condijua – Tres Cruces

3.7. ENLACE TRES CRUCES – REVENTADOR

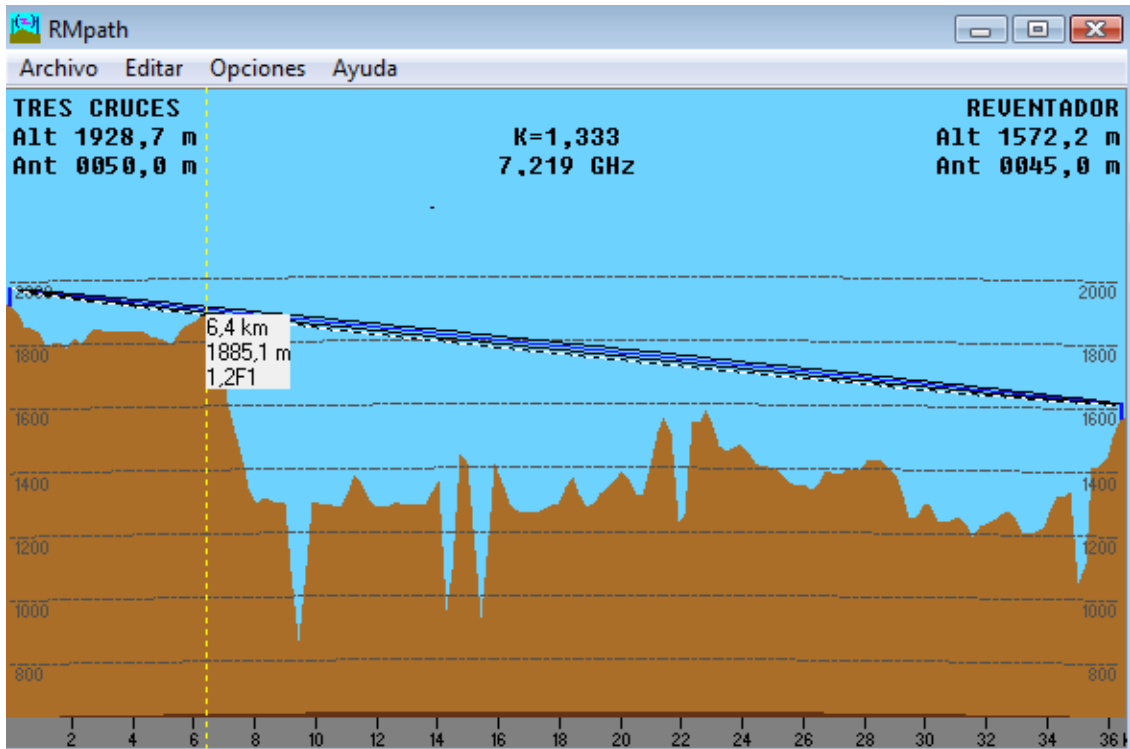


Figura 3.29: Trayecto Tres Cruces - Reventador

A continuación se presenta las tablas con las principales características del radio enlace.

Condiciones Físicas y Eléctricas:	TRES CRUCES	REVENTADOR
Voltaje fase-neutro	112.6	112.2
Voltaje fase-tierra	114.1	114.1
Voltaje-neutro-tierra	1.2	1.85
UPS?	OK	OK
Rack?	OK	OK
Temperatura Interior:	AMBIENTE	AMBIENTE

DATOS DEL ENLACE	TRES CRUCES	REVENTADOR
Data Rate	155 Mbps	155 Mbps
Polaridad	Vertical	Vertical
Azimut	44,9°	224.9°
Longitud del enlace	36,33 Km	
Frecuencia de Operación	7142 MHz	7296 MHz
Altura sobre el suelo	50 metros	45 metros
Potencia de Transmisión	24 dBm	24 dBm
Nivel de recepción	-51,3 dBm	
Diámetro de antena	1,2 m	1,2 m
Tipo de Estructura utilizada (mástil, torre, etc.)	Autosoportada	Autosoportada
Altura de la estructura	60 metros	48metros

Tabla 3.11: Datos principales del enlace Tres Cruces - Reventador

A continuación se presenta el gráfico del enlace en Radio Mobile y resultados obtenidos. La escala de la figura se ajusta a las dimensiones del perfil.



Figura 3.30: Datos obtenidos en el software Radio Mobile del enlace Tres Cruces - Reventador

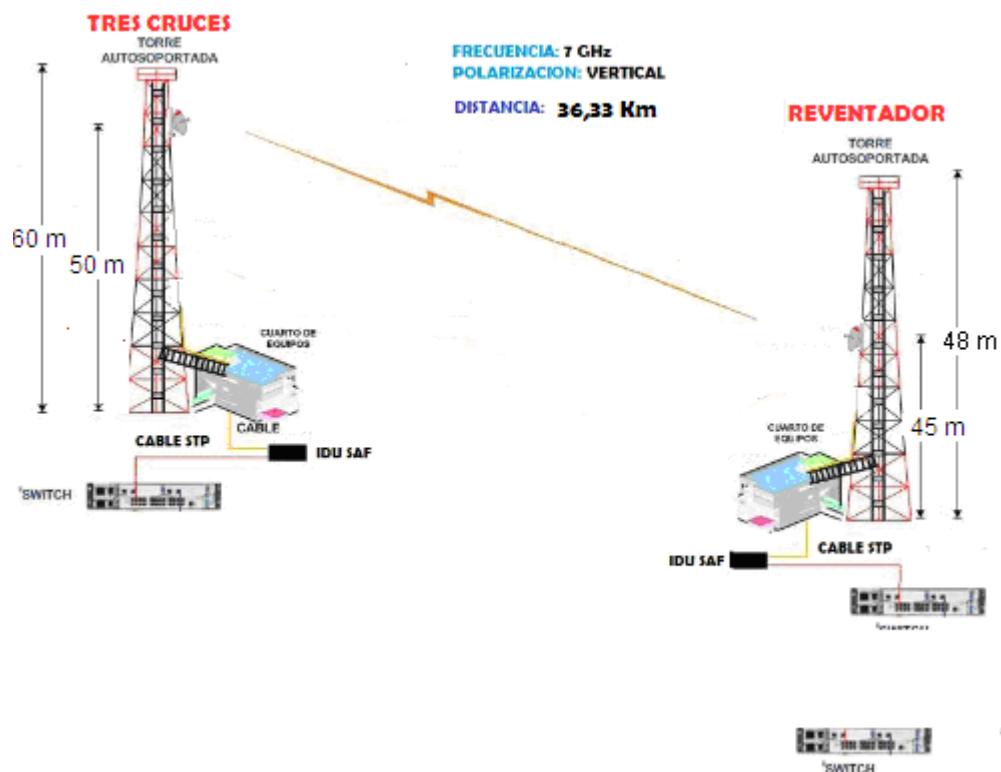


Figura 3.31: Diagrama del enlace Tres Cruces - Reventador

3.8. ENLACE REVENTADOR – LUMBAQUI

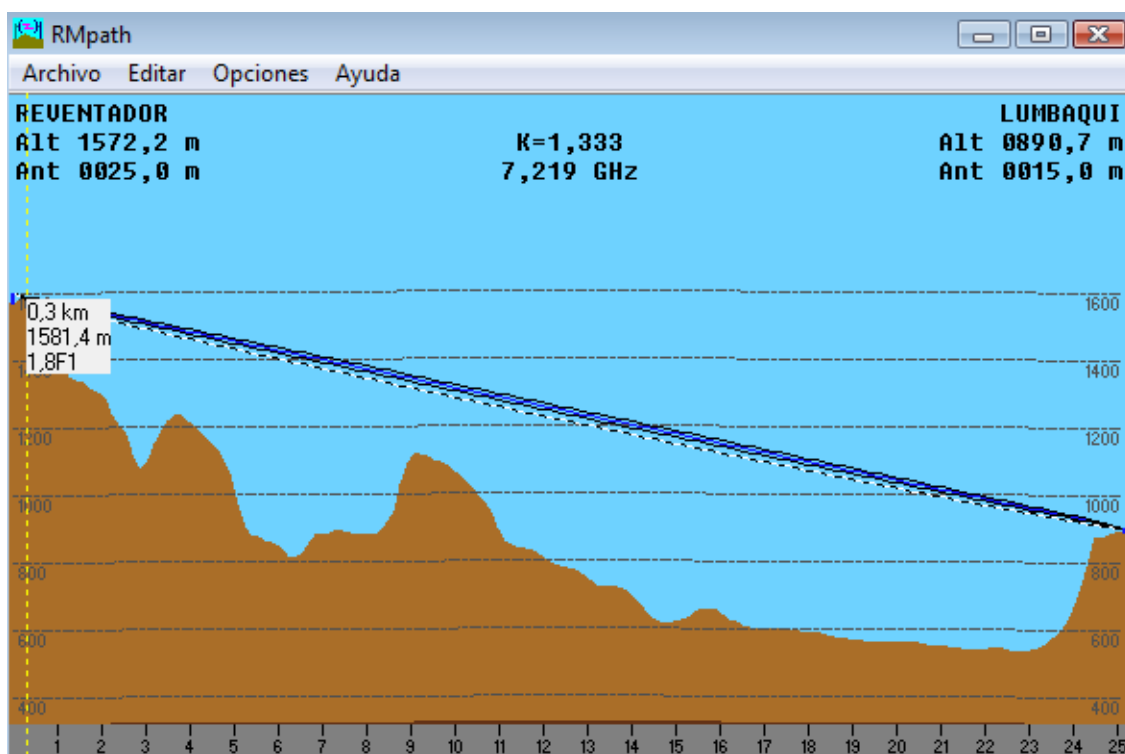


Figura 3.32: Trayecto Reventador – Lumbaqui

A continuación se presenta las tablas con las principales características del radio enlace.

Condiciones Físicas y Eléctricas:	LUMBAQUI NORTE	REVENTADOR
Voltaje fase-neutro	113.2	112.2
Voltaje fase-tierra	114.9	114.1
Voltaje-neutro-tierra	1.5	1.85
UPS?	OK	OK
Rack?	OK	OK
Temperatura Interior:	AMBIENTE	AMBIENTE

DATOS DEL ENLACE	REVENTADOR	LUMBAQUI
Data Rate	155 Mbps	155 Mbps
Polaridad	Vertical	Vertical
Azimut	71,4°	251.4°
Longitud del enlace	25,11 Km	
Frecuencia de Operación	7142 MHz	7296 MHz
Altura sobre el suelo	25 metros	15 metros
Potencia de Transmisión	24 dBm	24 dBm
Nivel de recepción	-49,9 dBm	
Diámetro de antena	1,2 m	1,2 m
Tipo de Estructura utilizada (mástil, torre, etc.)	Autosoportada	Autosoportada
Altura de la estructura	48metros	30 metros

Tabla 3.12: Datos principales del enlace Reventador - Lumbaqui

A continuación se presenta el gráfico del enlace en Radio Mobile y resultados obtenidos. La escala de la figura se ajusta a las dimensiones del perfil.

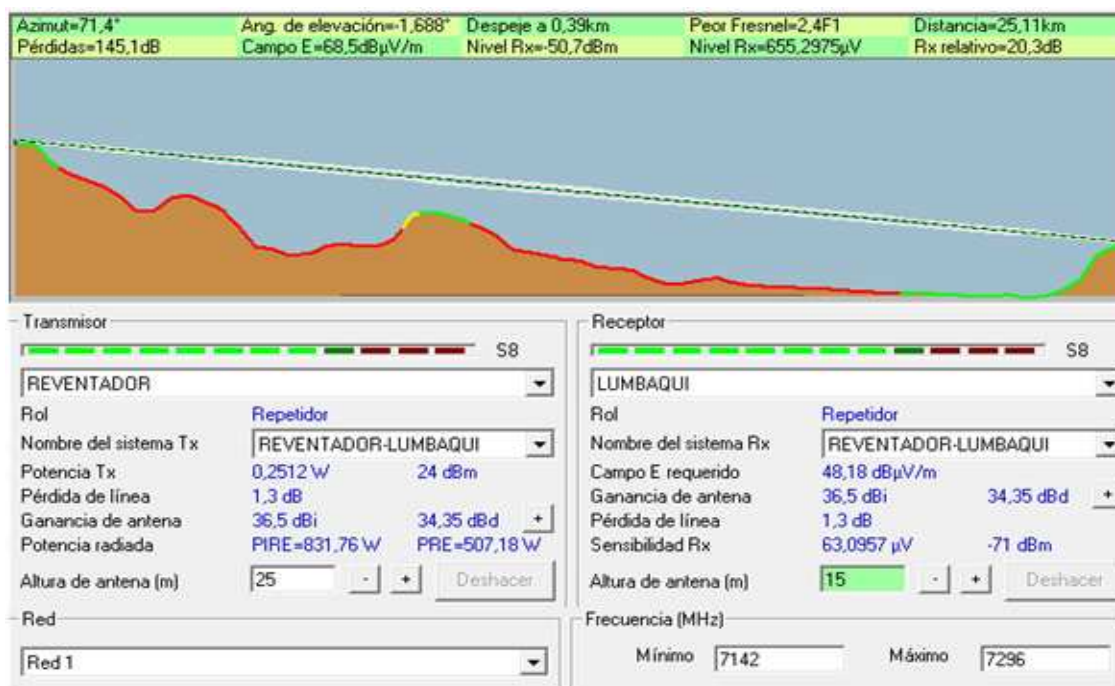


Figura 3.33: Datos obtenidos en el software Radio Mobile del enlace Reventador - Lumbaqui

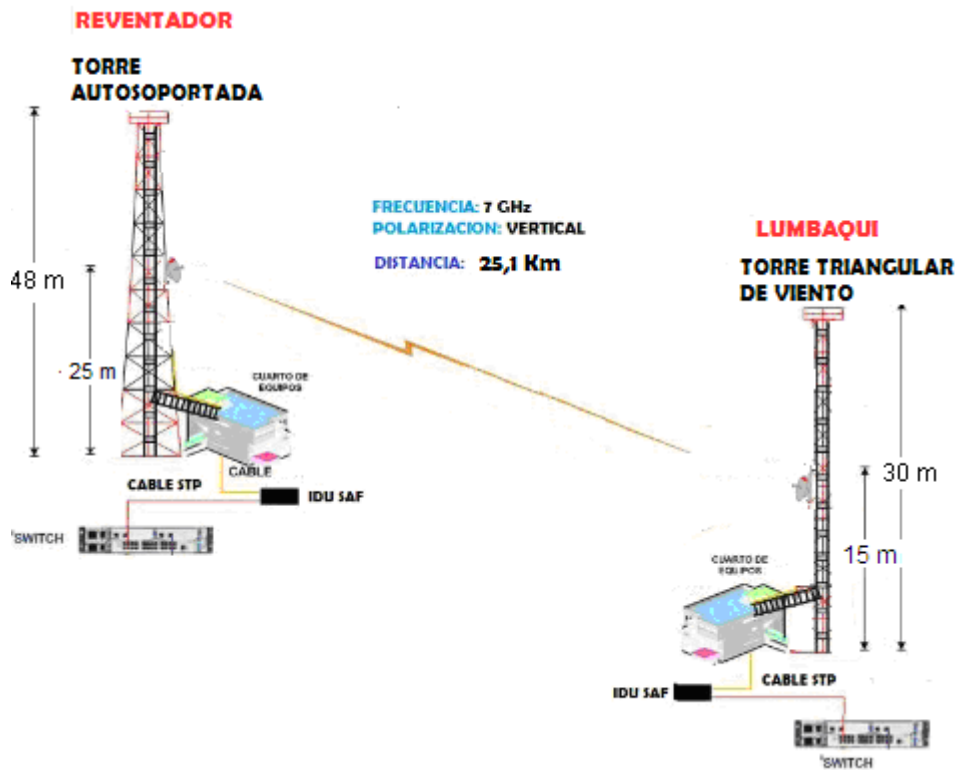


Figura 3.34: Diagrama del enlace Reventador - Lumbaqui

3.9. ENLACE LUMBAQUI – LAGO AGRIO

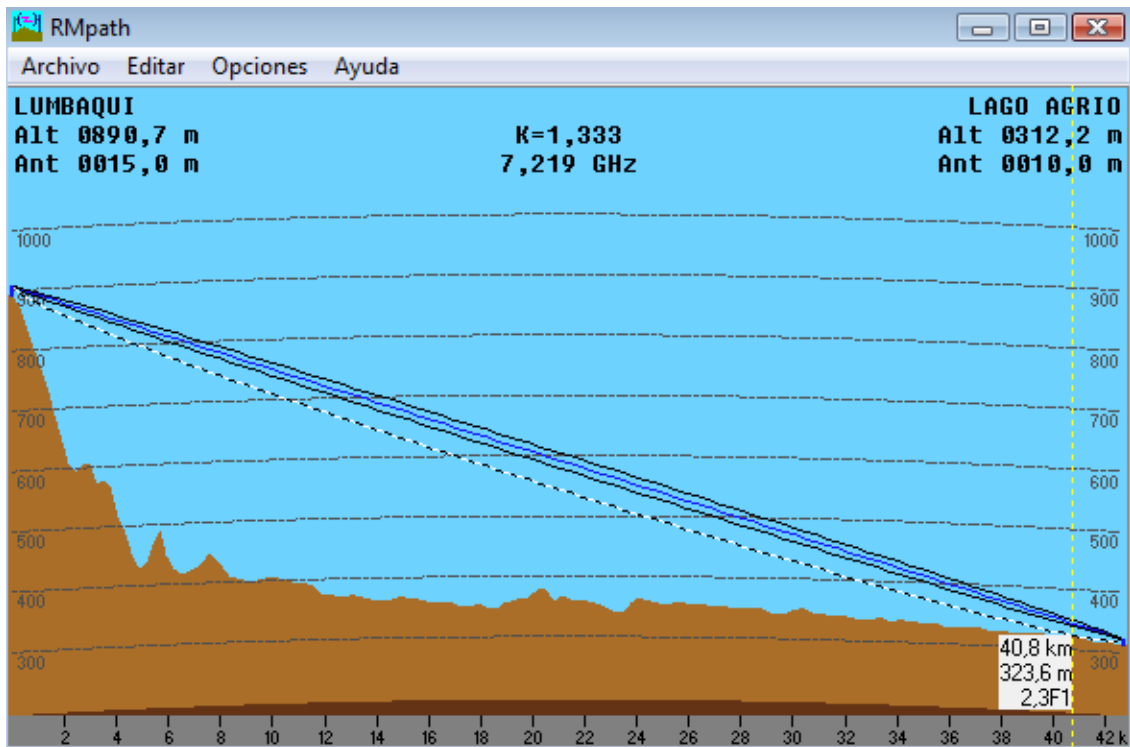


Figura 3.35: Trayecto Lumbaqui – Lago Agrio

A continuación se presenta las tablas con las principales características del radio enlace.

Condiciones Físicas y Eléctricas:	LUMBAQUI	LAGO AGRIO
Voltaje fase-neutro	113.2	112.2
Voltaje fase-tierra	114.9	114.1
Voltaje-neutro-tierra	1.5	1.85
UPS?	OK	OK
Rack	OK	OK
Temperatura Interior:	AMBIENTE	AMBIENTE

DATOS DEL ENLACE	LUMBAQUI	LAGO AGRIO
Data Rate	155 Mbps	155 Mbps
Polaridad	Vertical	Vertical
Azimut	81,9°	261.9°
Longitud del enlace	42,58 Km	
Frecuencia de Operación	7142 MHz	7296 MHz
Altura sobre el suelo	15 metros	10 metros
Potencia de Transmisión	24 dBm	24 dBm
Nivel de recepción	-49,9 dBm	
Diámetro de antena	1,2 m	1,2 m
Tipo de Estructura utilizada (mástil, torre, etc.)	Autosoportada	Autosoportada
Altura de la estructura	30 metros	24 metros

Tabla 3.13: Datos principales del enlace Lumbaqui – Lago Agrio

A continuación se presenta el gráfico del enlace en Radio Mobile y resultados obtenidos. La escala de la figura se ajusta a las dimensiones del perfil.

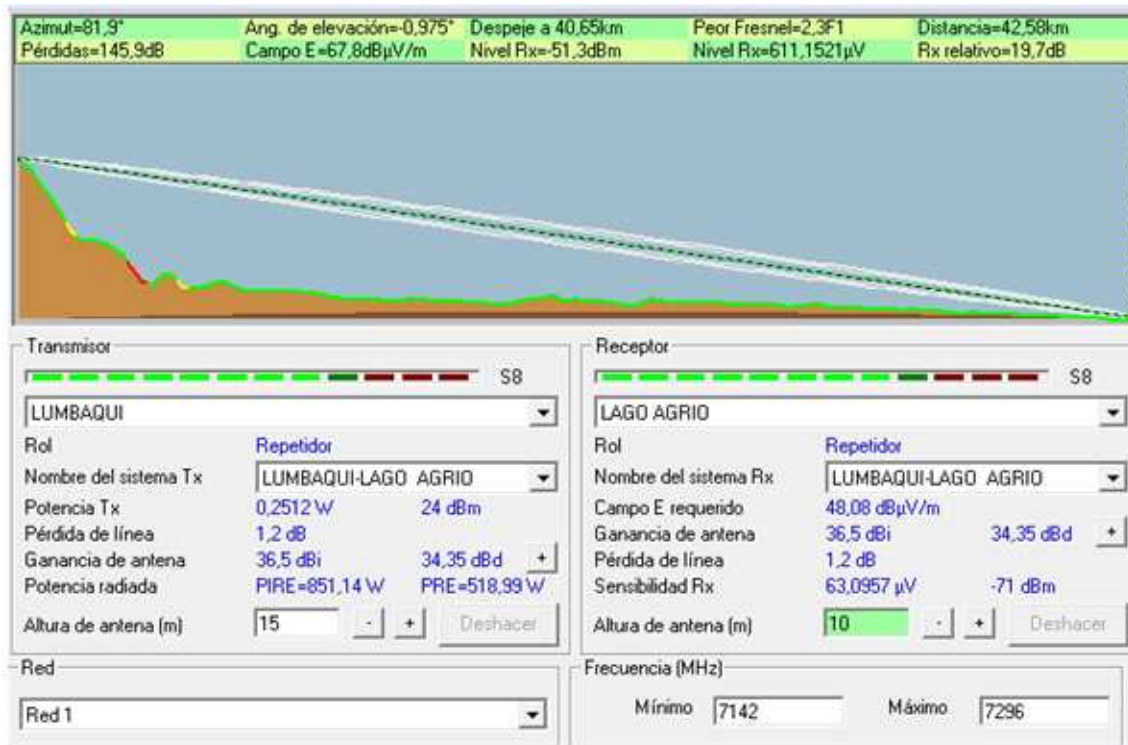


Figura 3.36: Datos obtenidos en el software Radio Mobile del enlace Lumbaqui – Lago Agrio

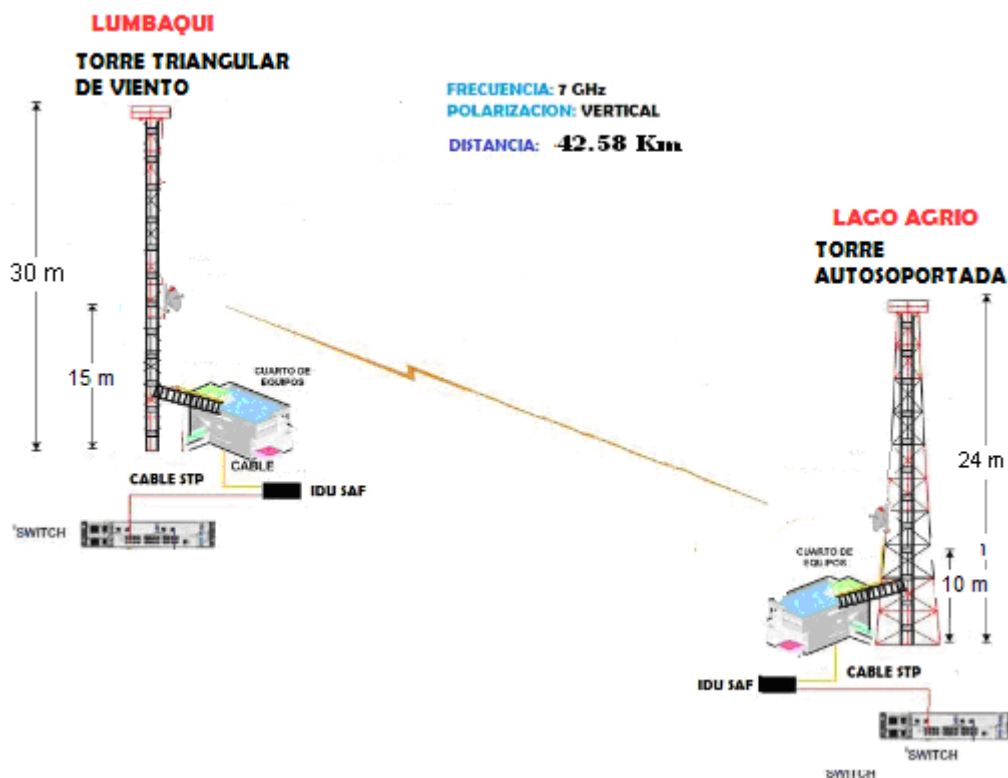


Figura 3.37: Diagrama del enlace Lumbaqui – Lago Agrio

Capítulo 4

4.1. PRESUPUESTO DEL PROYECTO

4.2. COSTOS DE EQUIPOS

Dentro de estos costos se considera el valor referencial de los equipos y accesorios necesarios que se deben instalar en cada una de las estaciones.

Los radios a utilizarse son de marca SAF con antenas COMHAT cuyo distribuidor es SAF Tehnika, los valores considerados son tomados de uno de los proveedores que distribuye este tipo de equipos en nuestro país.

4.2.1. Radios CFQ – 7 Q07RFM01



Figura 4.1: Radios SAF

Modelo	CFQ – 7	
Nombre del producto	Q07RFM01	
Modulación	QPSK, 16/32/128 – QAM	
Capacidad	Hasta 155 Mbps (STM-1)	
Espaciado de canal	28 MHz	
Frecuencia intermedia (Mhz)	Transmisor/Receptor: 350/140	
Factor BER residual	<10e-12	
Max. Potencia de transmisión (dBm)	24	
Incrementos de potencia de transmisión (dB)	0.1	
Rango dinámico de salida de potencia (dBm)	(+) 10 a (+) 24	
Sensibilidad de receptor (umbral RSL)	BER 10 ⁻⁶	-67
	BER 10 ⁻³	-71
Entrada máx. Potencia en el puerto de la antena	10 dBm	
Polarización	Vertical u horizontal, campo seleccionable	
Opciones de montaje de la antena	Directo o mediante guía-onda flexible	

Tabla 4.1: Características principales de los radios SAF

A continuación se presenta una tabla con las características principales de los equipos SAF para 7 Ghz.

MODEL TYPE	PART #	PRODUCT NAME	PRODUCT DESCRIPTION	Precio de Venta
CFQ-SD-IDU	Q0GESO01	SDIDU-SAF1+0-48 19"M/D 16E1 STM1 Opt	Enhanced SDH Software Defined IDU. Supports up to 63E1 to STM-1 and ring network topology. Interface modules: Expanded IO module w.16E1+2xEth, STM-1 Optical Mini IO module , Controller module , Modem/IF module , Power supply module .	\$5.735
CFQ-07	Q07RFM01HB	CFQ ODU - 7 GHz	7 GHz SDH ODU, 155 Mbps, +24 dBm Tx power, 154 MHz duplex offset, subband B, Tx high, ERC/REC/(02)06 (7125-7425 MHz)	\$3.538

En el caso de la IDU, para su funcionamiento, debe estar provista al menos de los siguientes módulos:

MODEL TYPE	PART #	PRODUCT NAME	PRODUCT DESCRIPTION	Precio de Venta
CFQ-MSD	Q0GMPS01	Power supply module (CCM4800)	Power supply module (CCM4800)	\$419
CFQ-MSD	Q0GMMD01	Modem/IF module (CCM4600)	Modem/IF module (CCM4600)	\$1.666
CFQ-MSD	Q0GMCM01	Controller module (CCM4500)	Controller module (CCM4500)	\$759
CFQ-MSD	Q0GMG201	Expanded GigE IO module 2E1+Eth (CCM-4130)	Expanded GigE IO module 2E1+Eth	\$2.732

En la tabla indicada anteriormente mostramos la configuración básica de la IDU a utilizarse, sin embargo para fines de mayor capacidad y redundancia se puede adicionar otras tarjetas para su utilización, entre estas podemos describir:

Para configuraciones básicas:

1 x Power supply module

1 x IF Modem

1 x Controller module

1 x Enhanced GigE IO module with 2E1+Ethernet

Tarjetas o módulos adicionales que se pueden incluir en el radio:

additional supply module (1+1 configuration)

additional IF Modem (1+1 configuration)

1 x Mini STM-1 module (electrical, optical)

16xE1 expansion IO module

21xE1 expansion IO module

2xSTM-1 expansion IO module (electrical, optical, SFP)



Figura 4.2: Radios SAF SDH

4.2.2. Antena 7GHz 1.2m HIGH PERFORMANCE Type: HAA0712_00

Modelo	ANTENNA 7GHz 1.2m HIGH PERFORMANCE Type: HAA0712_00
Rango de frecuencia	7.10 – 7.75 GHz
Ganancia de la antena	(Low-band) 36.0 dBi (Mid-band) 36.5 dBi (High-band) 37.0 dBi
Polarización	Vertical u horizontal, campo seleccionable

Tabla 4.2: Características principales de la antena 7 GHz

MODEL TYPE	PART #	PRODUCT NAME	PRODUCT DESCRIPTION	Precio de Venta
CFM-07-ANT	C07A1202	7 GHz 120cm antenna, Comhat HAA0712	7GHz 120cm 36.5 dBi high performance parabolic antenna (Comhat HAA0712) with mast mount	\$ 5.054

4.2.3. Fuente AC – DC

La toma de energía de la radio base nos entrega 110 V, dado que nuestros equipos funcionan a 48 V se requiere una fuente regulada para estos valores.

4.2.4. UPS

Fuente de alimentación ininterrumpida, UPS o batería / copia de seguridad del volante, es un aparato eléctrico que proporciona energía de emergencia a una carga cuando la fuente de alimentación de entrada deja de funcionar. El tiempo de ejecución en la batería de la mayoría de las fuentes de alimentación ininterrumpida es relativamente corta-5-15 minutos de ser las típicas de las unidades más pequeñas, pero suficientes para que haya tiempo para llevar una fuente de energía auxiliar en la línea, o para apagar correctamente el equipo protegido.

4.2.5. Puesta a tierra

Es la una unión de todos elementos metálicos que, mediante cables de sección suficiente entre las partes de una instalación y un conjunto de electrodos, permite la desviación de corrientes de falta o de las descargas de tipo atmosférico, y consigue que no se pueda dar una diferencia de potencial peligrosa en los edificios, instalaciones y superficie próxima al terreno.

EQUIPO	CANTIDAD	Precio de venta
Fuente de poder AC - DC 110V/48V	1	\$ 102,00
UPS	1	\$ 174,00
Sistema de puesta a tierra (electrodo, rejilla, agregado electrolítico y compactador)	1	\$ 412,00

4.2.6. Conectores

Los tipos de conectores se eligen dependiendo del tipo que utilizará cada equipo, para nuestro caso necesitamos de los siguientes tipos de conectores:

4.2.6.1. Conector L4PDM



Figura 4.3: Conector L4PDM

Los conectores tipo L4PDM son conectores roscados para cable Heliax, cuya impedancia es de 50Ω .

En este diseño el conector se lo utilizará en los radios para la conexión de la IDU a la ODU.

4.2.6.2. Conector RJ 45



Figura 4.4: Conector RJ 45

El conector RJ-45 (Registered Jack) es comúnmente usado para conectar redes de cableado estructurado, (categorías 4, 5, 5e, 6 y 6a). Posee ocho "pines" o conexiones eléctricas, que normalmente se usan como extremos de cables de par trenzado.

Para que todos los cables funcionen en cualquier red, se sigue un estándar a la hora de hacer las conexiones, se ha normado de la siguiente manera los colores para la utilización de estos conectores



Figura 4.5: Normas EIA/TIA-568A - EIA/TIA-568B

Blanco Verde
Verde
Blanco Naranja
Azul
Blanco Azul
Naranja
Blanco Marrón
Marrón

Blanco Naranja
Naranja
Blanco Verde
Azul
Blanco Azul
Verde
Blanco Marrón
Marrón

El conector RJ-45 es la interfaz que se entrega desde la IDU de los equipo de radio, para ser conectados al equipo final.

4.2.6.3. Heliac de tipo LDF4-75 de ½ pulgada con dieléctrico de espuma

Este tipo de cables se caracteriza por su fuerza, durabilidad, flexibilidad, y protección, sus accesorios están diseñados para proporcionar una óptima comunicación en radio enlaces.

Los cables Heliac tienen un centro conductor sólido o tubular con un conductor externo sólido y corrugado que lo hace flexible, para este diseño se utiliza un dieléctrico de espuma.

A continuación se presenta las principales características de estos cables.


Características			
	Eléctrica	Mecánica	
		Impedancia, ohmios	50 ± 1
La frecuencia máxima, GHz	8.8	Interior del conductor	-Aluminio revestido de cobre
Velocidad, el porcentaje	88	Diámetro sobre la chaqueta, en (mm)	0.63 (16)
Pico de potencia, kW	40	Diámetro externo del conductor de cobre más, en (mm)	.55 (14)
		Diámetro interior del conductor, en (mm)	0.189 (4.6)
		Radio mínimo de curvatura, en (mm)	5 (125)
		Peso del cable, lb / pie (kg / m)	.15 (0.22)

Figura 4.6: Cable HELLIAX

La atenuación y potencia media			
Frecuencia MHz	Atenuación dB/100 pies	Atenuación dB/100 m	Promedio Potencia, kW
30	0.357	1.17	6.46
50	0.463	1.52	4.98
150	0.815	2.67	2.83
200	0.946	3.10	2.44
894	2.09	6.05	1.10
1500	2.77	9.09	.833
2300	3.52	11.5	0.657

Tabla 4.3: Tabla indicadora de la atenuación del cable RG-8 dependiendo de la FI

Este cable se lo va a utilizar desde la IDU hasta la ODU, la antena tiene un acoplador directo a la ODU

4.2.6.4. Cable STP

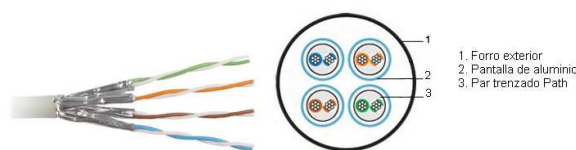


Figura 4.7: Cable STP

El cable de par trenzado blindado (STP) combina las técnicas de blindaje, cancelación y trenzado de cables. El STP reduce el ruido electrónico desde el exterior del cable, como, la interferencia electromagnética (EMI) y la interferencia de radiofrecuencia (RFI).

Los materiales metálicos de blindaje utilizados en STP deben estar conectados a tierra en ambos extremos. Si no están adecuadamente conectados a tierra o si hubiera discontinuidades en toda la extensión del material del blindaje, el STP se puede volver susceptible a graves problemas de ruido, ya que permiten que el blindaje actúe como una antena que recoge las señales no deseadas.

En este diseño se utilizará el cable STP para la transmisión de la IDU hasta un equipo final, sea un switch o un Router.

TIPO DE CONECTOR / CABLE	CANTIDAD	Precio de venta
Tipo L4PDM	1	\$ 33,00
Tipo RJ-45	1	\$ 0,25
Cable Heliac de tipo LDF4-75 de ½ pulgada	1 metro	\$ 2.75
Cable FTP	1 metro	\$ 0,52

4.3. COSTOS DE CONCESIÓN DE FRECUENCIAS

El presente proyecto operara en la banda de 7 GHz, para la cual se calculara las tarifas por el uso de frecuencias de acuerdo a lo establecido en el Reglamento de Derechos por Concesión y Tarifas por uso de Frecuencias del Espectro Radioeléctrico

Tomando como referencia los enlaces radio eléctrico descrito por la Senatel se tiene los siguientes antecedentes.

4.3.1. Definiciones

Enlaces Radioeléctricos (Punto – Punto, Punto – Multipunto)

Servicio Fijo: Servicio de radiocomunicación entre puntos fijos determinados.

Servicio Fijo Enlaces Punto-Punto: Servicio Fijo en el que las estaciones establecen comunicación entre puntos fijos determinados.

Servicio Fijo Enlaces Punto-Multipunto (No Multiacceso): Servicio Fijo en el cual se establece comunicación entre una estación central fija y puntos fijos determinados.

4.3.2. Requisitos concesión

PERSONA JURIDICA

Para obtener la concesión de frecuencias para operar un sistema de radiocomunicación, el solicitante deberá presentar en la SENATEL los siguientes requisitos:

Información Legal

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.

- Copia de la Cédula de Ciudadanía del Representante Legal.
- Para ciudadanos ecuatorianos, copia del Certificado de votación del último proceso electoral del Representante Legal.
- Registro Único de Contribuyentes (R.U.C.).
- Nombramiento del Representante Legal, debidamente inscrito en el Registro Mercantil.
- Copia certificada de la escritura constitutiva de la compañía y reformas en caso de haberlas.
- Certificado actualizado de cumplimiento de obligaciones otorgado por la Superintendencia de Compañías o Superintendencia de Bancos, según el caso, a excepción de las instituciones estatales.
- 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).
- En el caso de Compañías o Cooperativas de transporte, deben presentar el Permiso de Operación emitido por la autoridad de transporte competente (Resol. 632-22-CONATEL-2004).

- Otros documentos que la SENATEL solicite.

Información Financiera

- Certificado actualizado de no adeudar a la SENATEL.
- Certificado de no adeudar a la SUPTTEL.

Información Técnica

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.

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.

4.3.3. Requisitos renovación

PERSONA JURIDICA

Renovación del Contrato de Concesión.- Es un acto administrativo mediante el cual la SENATEL, por delegación del CONATEL, suscribe un contrato de renovación de concesión de uso de frecuencias para que una persona natural o jurídica continúe operando un sistema de radiocomunicación. Los requisitos, debidamente actualizados, para solicitar la renovación de los contratos de concesión de uso de frecuencias son los mismos requisitos que para la concesión y serán presentados junto con la solicitud.

Por delegación del CONATEL, la renovación de los contratos de sistemas privados y de explotación, los suscribe directamente el Secretario Nacional de Telecomunicaciones.

El contrato de concesión podrá ser renovado previa solicitud del concesionario y el cumplimiento de los siguientes requisitos, siempre que no contravenga a los intereses del Estado.

4.3.4. Temporales autorización

PERSONAS NATURALES O JURIDICAS

La SENATEL podrá autorizar el uso temporal de frecuencias a las personas naturales o jurídicas que lo soliciten para uso eventual o de emergencia, por una duración de hasta noventa (90) días, renovables por una sola vez y por un periodo igual. El valor por esta autorización temporal será pagado de acuerdo al Reglamento de Derechos por Concesión y Tarifas por Uso de Frecuencias del Espectro Radioeléctrico y no requiere la suscripción del contrato de concesión.

4.3.5. Temporales renovación

PERSONAS NATURALES O JURIDICAS

Requisitos:

Solicitud dirigida al señor Secretario Nacional de Telecomunicaciones, suscrita por el solicitante, especificando el tiempo que requerirá la renovación de las frecuencias; nombre y dirección del solicitante (para personas jurídicas, de la compañía y de su representante legal);

FORMULARIOS

La Secretaría Nacional de Telecomunicaciones ha establecido los siguientes formularios para el trámite correspondiente

- Formulario RC-1A: Formulario para Información Legal
- Formulario RC-2A: Formulario para Información de la Estructura del Sistema de Radiocomunicaciones.
- Formulario RC-3A: Formulario para Información de Antenas.
- Formulario RC-3B: Formulario para Patrones de Radiación de Antenas.
- Formulario RC-4A: Formulario para Información de Equipamiento.
- Formulario RC-6A: Formulario para el servicio fijo terrestre
- Formulario RC-15A: Formulario para Estudio Técnico de Emisiones de RNI.

Coordenadas de Referencia de los Sitios de Repetición

4.3.6. Tarifas

De acuerdo al Reglamento de Derechos por Concesión y Tarifas por Uso de Frecuencias del Espectro Radioeléctrico.

$$T(\text{US \$}) = K_a * \alpha_3 * \beta_3 * A * (D)^2$$

Ec. 4.1

Donde:

T (US\$) = Tarifa mensual en dólares de los Estados Unidos de América, por frecuencia asignada.

K_a = Factor de ajuste por inflación. 1

α_3 = Coeficiente de valoración del espectro del Servicio Fijo para enlaces punto- punto (De acuerdo a la Tabla siguiente tabla).

Rango de frecuencias; f (frecuencia de operación)	Coeficiente de valoración del espectro α_3
0 GHz <f<= 1 GHz	0.0815313
1 GHz <f<= 5 GHz	0.0323876
5 GHz <f<= 10 GHz	0.0237509
10 GHz <f<= 15 GHz	0.0215917
15 GHz <f<= 20 GHz	0.0194325
20 GHz <f<= 25 GHz	0.0183529
f > 25 GHz	0.0172734

Tabla 4.4: Coeficiente de valoración del espectro aplicable para fines de cálculo de las tarifas del Servicio Fijo, enlaces punto- punto.

β_3 = Coeficiente de corrección para el Sistema Fijo, enlace punto – punto. 1

A = Anchura de banda de la frecuencia asignada, en MHz.

D = Distancia en kilómetros entre las estaciones fijas.

La Ecuación se aplica a cada frecuencia del enlace y por enlace. Si una estación fija opera con más de una frecuencia en la misma dirección, la tarifa resultante será la suma de las tarifas individuales calculadas por cada frecuencia de transmisión y recepción.

4.3.7. Derechos De Concesión:

De acuerdo al Reglamento De Derechos Por Concesión y Tarifas Por Uso De Frecuencias Del Espectro Radioeléctrico Se paga una sola vez por el tiempo de vigencia del título habilitante (5 años).

$$Dc = T(\text{US \$}) * Tc * Fcf$$

Ec. 4.2

Donde:

DC = Valor Derecho de concesión.

T(US\$) = dólares de los Estados Unidos de América correspondiente al Servicio y al Sistema en consideración

Tc = Tiempo de concesión. Valor en meses de la concesión a otorgarse al respectivo servicio y sistema.

Fcf = Factor de concesión de frecuencias (De acuerdo a la siguiente Tabla).

Servicio	Factor de Concesión de Frecuencias
Fijo y Móvil – (Bajo 30 MHz)	0.021024
Fijo y Móvil – (Sobre 30 MHz VHF 30-300 MHz)	0.022120
Fijo y Móvil – (Sobre 30 MHz UHF 300-512 MHz)	0.028500
Fijo y Móvil – (Sistema Buscapersonas Unidireccional VHF 137 – 300 MHz)	0.0070616
Fijo y Móvil – (Sistema Buscapersonas Unidireccional UHF 300 – 512 MHz)	0.00711968
Fijo y Móvil – (Sistema Buscapersonas Unidireccional UHF 614 – 960 MHz)	0.00710696
Fijo y Móvil – (Sistema Buscapersonas Bidireccional UHF 614 – 960 MHz)	0.00710696
Fijo y Móvil – (Sistema Troncalizado UHF 400 MHz)	0.49407115
Fijo y Móvil – (Sistema Troncalizado UHF 400 MHz)	0.50403226
Fijo (Enlaces punto-punto 0<f<=1 GHz)	0.054194
Fijo (Enlaces punto-punto 1<f<=5 GHz)	0.0330652
Fijo (Enlaces punto-punto 5<f<=10 GHz)	0.0312929
Fijo (Enlaces punto-punto 10<f<=15 GHz)	0.0295017
Fijo (Enlaces punto-punto 15<f<=20 GHz)	0.0294794
Fijo (Enlaces punto-punto 20<f<=25 GHz)	0.0290454
Fijo (Enlaces punto-punto f>25 GHz)	0.0290191
Fijo y Móvil por Satélite	0.0555096
Fijo (Enlaces punto-multipunto) (Multiacceso)	0.0477714

Tabla 4.5: Factor de Concesión de Frecuencias para los diferentes Servicios en las diferentes Bandas

4.3.8. Reglamentación

Reglamento de Radiocomunicaciones

Reglamento de Derechos por Concesión y Tarifas por Uso de Frecuencias del Espectro Radioeléctrico

Plan Nacional de Frecuencias

ENLACE	TARIFA POR USO DE FRECUENCIA $T(\text{US \$}) = K_a * \alpha_3 * \beta_3 * A * (D)^2$	DERECHOS DE CONCESION $D_c = T(\text{US \$}) * T_c * F_c$
Quito - Guamani	\$ 981.13	\$ 1842.14
Guamani - Condijua	\$ 915.34	\$ 1718.61
Condijua - Tres Cruces	\$ 518.03	\$ 972.63
Tres Cruces - Reventador	\$ 877.74	\$ 1648.02
Reventador - Lumbaqui	\$ 419.30	\$ 787.26
Lumbaqui - Lago Agrio	\$ 1205.72	\$ 2263.82

4.4. COSTOS DE INFRAESTRUCTURA

En todas las estaciones seleccionadas en el diseño de este radio enlace existe una infraestructura previamente instalada en la cual se puede adecuar los equipos transmisores, además se cuenta con torres auto soportadas y de viento para la instalación de la nueva antena y de los equipos necesarios. Todos los sitios cuentan con paneles solares y fuentes DC de 12 [V] con sistema de respaldo provisto de baterías de 75 [Ah], todo esto es capaz de alimentar a los nuevos equipos sugeridos para el diseño. Una de las principales características de los sitios elegidos es que cuentan con caminos de acceso.

ESTACION	ALTURA DE LA TORRE	PRECIO DE ARRIENDO
QUITO	30 metros	\$ 120
GUAMANI	30 metros	\$ 120
CONDIJUA	36 metros	\$ 150
TRES CRUCES	60 metros	\$ 210
REVENTADOR	48 metros	\$ 180
LUMBAQUI	30 metros	\$ 120
LAGO AGRIO	24 metros	\$ 100

4.5. COSTOS DE INSTALACIÓN

En estos costos se tomará en cuenta todo lo costos necesarios para la instalación de los equipos para el funcionamiento del radio enlace entre los cuales se destaca mano de obra, transporte, equipo de seguridad, polos, se estima instalar cada enlace en 3 días.

ENLACE	Costo de instalación por enlace
Quito - Guamani	\$ 850,00
Guamani - Condiuja	\$ 850,00
Condiuja - Tres Cruces	\$ 850,00
Tres Cruces - Reventador	\$ 850,00
Reventador - Lumbaqui	\$ 850,00
Lumbaqui - Lago Agrio	\$ 850,00

4.6. COSTOS DE OPERACIÓN

Los costos de operación incluyen el mantenimiento y soporte periódicos de la red. En lo que respecta a costos de repuestos de los equipos de radio, se ha considerado que la vida útil de los equipos es de 5 años dentro de los cuales se

puede aplicar la garantía, por lo que se destinará el 3% del valor total, el cual será invertido anualmente en repuestos y mantenimiento como se muestra en la tabla

DESCRIPCION	COSTO TOTAL DEL EQUIPIO		COSTO DE OPERACIÓN
Equipos de microonda	\$20.773,16	\$13772 * 3%	\$623,19

4.7. COSTOS PARA CADA RADIO ENLACE

4.7.1. Costo estimado para el enlace Quito – Guamaní

DESCIPCION		VALOR UNITARIO	CANTIDAD	VALOR TOTAL
Equipos	CFQ-SD-IDU(módulos)	\$ 11.311,00	1	\$ 11.311,00
	CFQ ODU - 7 GHz	\$ 3.538,00	1	\$ 3.538,00
	Antena 7GHz 1.2m	\$ 5.054,00	1	\$ 5.054,00
	Sistema a Tierra	\$ 412,00	1	\$ 412,00
	UPS	\$ 174,00	1	\$ 174,00
	FUENTE AC/DC 110/48 V	\$ 102,00	2	\$ 204,00
Conectores	Tipo L4PDM	\$ 33,00	2	\$ 66,00
	RJ 45	\$ 0,25	2	\$ 0,50
Cable	Cable Heliax de tipo LDF4-75 de ½ pulgada	\$ 2,75	65 metros	\$ 178,75
	FTP	\$ 0,52	10 metros	\$ 5,20
Tarifa por uso de frecuencia		\$ 981.13		\$ 981.13,00
Derechos de concesión		\$ 1842.14		\$ 1842.14,00
Infraestructura		\$ 120,00	2	\$ 240,00
Instalación		\$ 850,00		\$ 850,00
Operación		\$623,19		\$623,19
VALOR TOTAL DEL ENLACE QUITO – GUAMANI				\$ 25.359,91

4.7.2. Costo estimado para el enlace Guamani - Condiuja

DESCIPCION	VALOR		CANTIDAD	VALOR TOTAL
	UNITARIO			
Equipos	CFQ-SD-IDU	\$ 11.311,00	1	\$ 11.311,00
	CFQ ODU - 7 GHz	\$ 3.538,00	1	\$ 3.538,00
	Antena 7GHz 1.2m	\$ 5.054,00	1	\$ 5.054,00
	Sistema a Tierra	\$ 412,00	1	\$ 412,00
	UPS	\$ 174,00	1	\$ 174,00
	FUENTE AC/DC 110/48 V	\$ 102,00	2	\$ 204,00
Conectores	Tipo L4PDM	\$ 33,00	2	\$ 66,00
	Rj 45	\$ 0,25	2	\$ 0,50
Cable	Cable Heliax de tipo LDF4-75 de ½ pulgada	\$ 2,75	65 metros	\$ 178,75
	FTP	\$ 0,52	10 metros	\$ 5,20
Tarifa por uso de frecuencia		\$ 915,34		\$ 915,34
Derechos de concesión		\$ 1718,61		\$ 1718,61
Infraestructura		\$ 120,00	1	\$ 120,00
		\$ 150,00	1	\$ 150,00
Instalación		\$850,00		\$850,00
Operación		\$623,19		\$623,19
VALOR TOTAL DEL ENLACE GUAMANI - CONDIJUA				\$ 25.290,59

4.7.3. Costo estimado para el enlace Condiuja – Tres Cruces

DESCIPCION		VALOR UNITARIO	CANTIDAD	VALOR TOTAL
Equipos	CFQ-SD-IDU	\$ 11.311,00	1	\$ 11.311,00
	CFQ ODU - 7 GHz	\$ 3.538,00	1	\$ 3.538,00
	Antena 7GHz 1.2m	\$ 5.054,00	1	\$ 5.054,00
	Sistema a Tierra	\$ 412,00	1	\$ 412,00
	UPS	\$ 174,00	1	\$ 174,00
	FUENTE AC/DC 110/48 V	\$ 102,00	2	\$ 204,00
Conectores	Tipo L4PDM	\$ 33,00	2	\$ 66,00
	Rj 45	\$ 0,25	2	\$ 0,50
Cable	Cable Heliax de tipo LDF4-75 de ½ pulgada	\$ 2,75	42 metros	\$ 115,50
	FTP	\$ 0,52	10 metros	\$ 5,20
Tarifa por uso de frecuencia		\$ 518,03		\$ 518,03
Derechos de concesión		\$ 972,63		\$ 972,63
Infraestructura		\$ 150,00	1	\$ 150,00
		\$ 210,00	1	\$ 210,00
Instalación		\$850,00		\$850,00
Operación		\$623,19		\$623,19
VALOR TOTAL DEL ENLACE CONDIJUA – TRES CRUCES				\$ 24.204,05

4.7.4. Costo estimado para el enlace Tres Cruces – Reventador

DESCIPCION		VALOR UNITARIO	CANTIDAD	VALOR TOTAL
Equipos	CFQ-SD-IDU	\$ 11.311,00	1	\$ 11.311,00
	CFQ ODU - 7 GHz	\$ 3.538,00	1	\$ 3.538,00
	Antena 7GHz 1.2m	\$ 5.054,00	1	\$ 5.054,00
	Sistema a Tierra	\$ 412,00	1	\$ 412,00
	UPS	\$ 174,00	1	\$ 174,00
	FUENTE AC/DC 110/48 V	\$ 102,00	2	\$ 204,00
Conectores	Tipo L4PDM	\$ 33,00	2	\$ 66,00
	Rj 45	\$ 0,25	2	\$ 0,50
Cable	Cable Heliax de tipo LDF4-75 de ½ pulgada	\$ 2,75	100 metros	\$ 275,00
	FTP	\$ 0,52	10 metros	\$ 5,20
Tarifa por uso de frecuencia		\$ 877,74		\$ 877,74
Derechos de concesión		\$ 1648,02		\$ 1648,02
Infraestructura		\$ 210,00	1	\$ 210,00
		\$ 180,00	1	\$ 180,00
Instalación		\$850,00		\$850,00
Operación		\$623,19		\$623,19
VALOR TOTAL DEL ENLACE TRES CRUCES - REVENTADOR				\$ 25.428,65

4.7.5. Costo estimado para el enlace Reventador – Lumbaqui

DESCIPCION		VALOR UNITARIO	CANTIDAD	VALOR TOTAL
Equipos	CFQ-SD-IDU	\$ 11.311,00	1	\$ 11.311,00
	CFQ ODU - 7 GHz	\$ 3.538,00	1	\$ 3.538,00
	Antena 7GHz 1.2m	\$ 5.054,00	1	\$ 5.054,00
	Sistema a Tierra	\$ 412,00	1	\$ 412,00
	UPS	\$ 174,00	1	\$ 174,00
	FUENTE AC/DC 110/48 V	\$ 102,00	2	\$ 204,00
Conectores	Tipo L4PDM	\$ 33,00	2	\$ 66,00
	Rj 45	\$ 0,25	2	\$ 0,50
Cable	Cable Heliax de tipo LDF4-75 de ½ pulgada	\$ 2,75	50 metros	\$ 125,00
	FTP	\$ 0,52	10 metros	\$ 5,20
Tarifa por uso de frecuencia		\$ 419,30		\$ 419,30
Derechos de concesión		\$ 787,26		\$ 787,26
Infraestructura		\$ 180,00	1	\$ 180,00
		\$ 120,00	1	\$ 120,00
Instalación		\$850,00		\$850,00
Operación		\$623,19		\$623,19
VALOR TOTAL DEL ENLACE REVENTADOR - LUMBAQUI				\$ 23.869,45

4.7.6. Costo estimado para el enlace Lumbaqui – Lago Agrio

DESCIPCION		VALOR UNITARIO	CANTIDAD	VALOR TOTAL
Equipos	CFQ-SD-IDU	\$ 11.311,00	1	\$ 11.311,00
	CFQ ODU - 7 GHz	\$ 3.538,00	1	\$ 3.538,00
	Antena 7GHz 1.2m	\$ 5.054,00	1	\$ 5.054,00
	Sistema a Tierra	\$ 412,00	1	\$ 412,00
	UPS	\$ 174,00	1	\$ 174,00
	FUENTE AC/DC 110/48 V	\$ 102,00	2	\$ 204,00
Conectores	Tipo L4PDM	\$ 33,00	2	\$ 66,00
	Rj 45	\$ 0,25	2	\$ 0,50
Cable	Cable Heliax de tipo LDF4-75 de ½ pulgada	\$ 2,75	35 metros	\$ 96,25
	FTP	\$ 0,52	10 metros	\$ 5,20
Tarifa por uso de frecuencia		\$ 1205,72		\$ 1205,72
Derechos de concesión		\$ 2263,82		\$ 2263,82
Infraestructura		\$ 120,00	1	\$ 120,00
		\$ 100,00	1	\$ 100,00
Instalación		\$850,00		\$850,00
Operación		\$623,19		\$623,19
VALOR TOTAL DEL ENLACE LUMBAQUI – LAGO AGRIO				\$ 26.023,68

A continuación de resume en una tabla el valor total del radio enlace

DESCRIPCION	COSTO
QUITO – GUAMANI	\$ 25.359,91
GUAMANI - CONDIJUA	\$ 25.290,59
CONDIJUA - TRES CRUCES	\$ 24.204,05
TRES CRUCES - REVENTADOR	\$ 25.428,65
REVENTADOR - LUMBAQUI	\$ 23.869,45
LUMBAQUI - LAGO AGRIO	\$ 26.023,68
COSTO TOTAL DEL RADIO ENLACE	\$ 150.176,33

Capítulo 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Es importante la utilización de software para el diseño de los radioenlaces, ya que estos simulan las condiciones que pueden afectar la disponibilidad de un radioenlace, lo que permite obtener perfiles y cálculos con muy poco margen de error lo que permite el correcto funcionamiento de los enlaces.
- Debido a los niveles de recepción obtenidos en los enlaces del presente proyecto, verificamos que los enlaces funcionarían sin ningún problema, ya que si tomamos en cuenta los niveles de sensibilidad de recepción de los equipos los cuales están en los -71dbm y comparándolos con los valores que rodean los -50dbm de nuestros cálculos, vemos que se tiene un margen lo suficientemente amplio para que la disponibilidad de los enlaces satisfaga a sus usuarios.
- Al diseñar un radio enlace uno de los aspectos más importantes es la sensibilidad de los equipo, ya que debemos recordar que la sensibilidad del equipo se lo toma en su umbral de recepción, es decir el margen tras el cual el enlace se perdería, en nuestro caso -71dbm, así también debemos tomar en cuenta el valor de recepción más alto que soporta el equipo, en nuestro caso -20dbm, ya que si este es superado, se entregaría mucha potencia al equipo lo cual provocaría que este se sature y sufra daños.
- Al utilizar radios de alta capacidad SDH, se puede garantizar que este canal de transmisión, soportaría un sinnúmero de aplicación que requiere un gran ancho de banda para su utilización.
- Al momento de hacer el presupuesto del proyecto, se consideró todos los valores que implicarían tanto el diseño como la instalación del enlace, tratando de escoger lugares donde se cuenta con torres para la instalación de los equipos escogidos, en los cuales se garantice un sistema de energía adecuado para los equipos.

- Al diseñar el presente proyecto se debió tomar muy cuenta que el trayecto hacia la región amazónica es muy montañosa, por lo que al seleccionar los lugares donde se instalarían los equipos se debía corroborar que se tenga línea de vista y que la se tenga despejada la primera zona de Fresnel, para de esta manera garantizar la transmisión.
- En nuestro proyecto, utilizamos antenas de 1.2 metros de diámetro, las cuales para las distancias que deben cubrir y la banda de frecuencia de trabajo escogida, garantizan la directividad necesaria, para tener un enlace que soporte la capacidad que nos brindan los equipos de radio.
- Debido a todas las obstrucciones y factores climáticos que presenta el trayecto de este radio enlace, se debe escoger con mucha precaución y cuidado los equipos a utilizarse, ya que la funcionalidad de estos, garantizará el correcto desempeño del enlace, es por eso que en los cálculos realizados se dejan los niveles de recepción sobre un margen tolerable del umbral de recepción, para garantizar el correcto desempeño de los enlaces, por lo que se podría decir que los enlaces toleraran los cambios climáticos que se pueden presentar.
- Al usar la banda de frecuencias de los 7GHz, se garantiza un canal limpio para la transmisión, es decir no se tendrá interferencias en el canal de comunicaciones, ya que esta banda es licenciada y ningún enlace podrá transmitir a la misma frecuencia.
- Se debe considerar que al usar radios de alta capacidad, si se desea transmitir una mayor capacidad sobre estos, a la IDU se le debe ir agregando tarjetas, las cuales vienen fabricadas ya sea para entregar E1s, STM1 eléctricos u ópticos o a su defecto en el caso de requerir redundancia o diferentes tipos de topología de redes, también existen tarjetas para estos fines.
- En este diseño no se utiliza mapas GTOPO30 ya que no tiene la suficiente resolución para ser utilizados en el cálculo de diseños superiores a los 30 MHz, los mapas DTED solo están disponible de forma gratuita en Estados

Unidos y en el resto del mundo tiene un valor para su adquisición, es por esto que para este diseño se ha utilizado mapas SRTM los cuales nos permiten dimensionar enlaces superiores a los 30 Mhz y se los puede obtener de manera gratuita.

5.2. RECOMENDACIONES

- Los equipos usados son de capa 2 los cuales no permiten un monitoreo remoto de su funcionamiento, únicamente se puede monitorear mediante las alarmas que nos muestra el propio equipo mediante un conjunto de leds para su acometido, por lo que se recomienda implementar un sistema de monitoreo, el cual se utilicen equipos de capa 3 para lograr con el objetivo.
- Para interconectar las IDUs con las ODUs, el fabricante únicamente proporciona los conectores tipo N hembra, por lo que se debe tener bastante cuidado al manipular el cable Helliax para la utilización de los conectores, ya que la mala conexión de estos cables, podría provocar mayores pérdidas del enlace afectando el rendimiento del enlace.
- Al momento de realizar la instalación de los equipos de radio y las antenas, se recomienda realizarlo bajo estrictas reglas de seguridad, para evitar tener cualquier tipo de percance al momento de realizar la instalación de los equipos.
- La instalación y configuración de los equipos se las debe realizar de acuerdo a las recomendaciones realizadas por el fabricante de los equipos

Referencias Bibliográficas

- www.municipiologoagrio.gov.ec
- www.inec.gov.ec/c/document_library/get_file?folderId
- www.bivapad.gov.ec/.../ANALISIS_DE_LA_PROVISI%3D3N_DE_LOS_SERVICIOS_DE_SALUD_EN_LA_ZIF.pdf
- www.cnt.com.ec/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=25&Itemid=69
- www.inec.gov.ec/web/guest/ecu_est/est_soc/cen_pob_viv
- www.redatam.inec.gov.ec/cgi-bin/RpWebEngine.exe/PortalAction?&MODE=MAIN&BASE=CPV2005&MAIN=WebServerMain.inl
- www.conelec.gov.ec/contenidos2.php?id=895&tipo=2&idiom=1
- http://www.conatel.gov.ec/site_conatel/index.php/senatel-conatel/25-informacion-corporativa/199-conatel
- www.porta.net/110,3576.php
- www.alegro.com.ec/personas/CoberturaVentasyDistribuci%C3%B3n/tabid/214/Default.aspx
- www.movistar.com.ec/
- Transmisiones por radio, José María Hernando Rabanos, Quinta Edición 2006, Editorial Universitaria Ramón Areces.
- Sistemas de Comunicaciones Electrónicas, Wayne Tomasi, Segunda Edición, Prentice Hall Hispanoamérica S.A.
- <http://search.conduit.com/?SearchSource=10&ctid=CT1392740>
- <http://propiedadondaselectromagneticas-mario.blogspot.com/2009/04/propiedades-opticas-de-las-ondas.html>
- <http://newton.cnice.mec.es/4eso/optica/opt31.htm>
- <http://www.angelfire.com/empire/seigfrid/Interferencia.html>

- http://www.conatel.gov.ec/site_conatel/index.php?option
- <http://www.geocities.com/abianchi04/textoradioenlaces/cap1.pdf>
- <http://www.scielo.cl/pdf/rfacing/v12n1/art08.pdf>
- http://www.rares.com.ar/albums/1_Manual_de_Telecomunicaciones_2000/608%20Antenas%20de%20microondas.pdf
- http://www.sincompromisos.com/Documentos/PDH-SDH/PDH_JERARQUIAS.pdf
- http://webpages.ull.es/users/amanza/TDI/S16d_Teoria.pdf
- http://www.ocitel.net/index.php?option=com_content&view=article&id=52:conceptos-de-voip&catid=39:infotelecom&Itemid=65
- <https://www.saftehnika.com/products/cfq-product-line-sdh->
- http://montevideolibre.org/manuales:libros:mmtk:capitulo_4.1