



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

**“Trabajo de grado previo a la obtención del Título de
INGENIERO EN ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES”**

TRABAJO DE GRADUACION

Título del proyecto

**ESTUDIO DE MEJORAMIENTO EN LOS SISTEMAS DE
COMUNICACIÓN SOBRE EL CONTROL DE FUGAS Y
PERFORACIONES EN POLIDUCTOS (SISTEMA. SATELITAL, GPS O
FIBRA ÓPTICA).**

Autor:

FABIAN MARCELO SEGOVIA TORRES

Director(es):

Ing. Marco Nolivos
Ing. Guido Palacios

Riobamba – Ecuador

– 2012 –

Los miembros del Tribunal de Graduación del proyecto de investigación de:

**ESTUDIO DE MEJORAMIENTO EN LOS SISTEMAS DE
COMUNICACIÓN SOBRE EL CONTROL DE FUGAS Y
PERFORACIONES EN POLIDUCTOS (SISTEMA. SATELITAL, GPS O
FIBRA ÓPTICA)**

Presentado por:

FABIAN MARCELO SEGOVIA TORRES

Y dirigida por:

Ing. Marco Nolivos, Ing. Guido Palacios

Una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final del proyecto de investigación con fines de graduación escrito en la cual se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas, remite la presente para uso y custodia en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la UNACH.

Para constancia de lo expuesto firman:

Ing. Jessenia Cevallos
Presidente del Tribunal

Firma

Ing. Daniel Haro
Miembro del Tribunal

Firma

Ing. Marco Nolivos
Miembro del Tribunal

Firma

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

“La responsabilidad del contenido de este Proyecto de Graduación, le corresponde exclusivamente a: Fabián Marcelo Segovia Torres, e Ing. Marco Nolivos; y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Nacional de Chimborazo.

AGRADECIMIENTO

El agradecimiento se lo debo a la Universidad Nacional de Chimborazo y a la Escuela de Ing. en Electrónica y Telecomunicaciones, por haberme abierto las puertas de tan noble institución y a la carrera que es una de las mas reconocidas a nivel del país, además agradezco a la EPPETROCUADOR por darme la oportunidad de formarme como profesional en el campo laboral y darme las facilidades necesarias para el desarrollo de mi tesis de grado.

Un agradecimiento especial para el Ing. Guido Palacios que me supo brindar su ayuda incondicional en todo momento así como también para el Ing. Marco Nolivos que siempre me supo guiar con sus enseñanzas a través de todos estos años para que pueda ser un buen profesional.

Agradezco de manera infinita a mi madre y a mi padre por ser siempre los que me inculcaron las buenas costumbres y me guiaron durante todos estos años y ante todo a Dios que es quien permitió que ahora haya concluido una etapa más en la vida.

DEDICATORIA

Éste el trabajo de varios años de experiencias compartidas con amigos y profesores para que ahora tome forma, y me es grato dedicarlo a mis padres que fueron los que me guiaron para que cumpla con esta meta tan anhelada tanto para mi y un sueño para ellos, a mi hermano siempre a estado cuando mas le he necesitado, a mi Tío Bolívar que a sido como un padre para mi y me a sabido guiar con sus consejos y me a formado como un hombre de bien. Me permito dedicarlo también a una persona en especial que me brindo mucho en este tiempo y me ayudo a ver la vida de otra manera a Vanessa, que con su paciencia y cariño que me brindó para que esto no sea un sueño sino una realidad. Espero que mi padre desde el cielo se encuentre orgulloso de este logro que si no hubiera sido por el no lo hubiera conseguido.

ÍNDICE GENERAL

PORTADA	i
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN	iii
AGRADECIMIENTO	iv
DEDICATORIA	v

ÍNDICE GENERAL	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
ÍNDICE DE TABLAS	xvi
ÍNDICE DE ANEXOS	xvii
RESUMEN	xvii
SUMMARY	xix
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.	2
1. FUNDAMENTACION TEÓRICA	
1.1 Antecedentes _____	
3	
1.2 Problematización _____	4
1.2.1 Identificación del Problema _____	4
1.3 Análisis Crítico _____	5
1.4 Prognosis _____	5
1.5 Delimitaciones _____	6
1.6 Formulación del Problema _____	6
1.7 Objetivos _____	6
1.7.1 Objetivo General _____	6
1.7.2 Objetivos Específicos _____	6
1.8 Justificación _____	7
CAPÍTULO II.	8
2. TEORÍA DE ENLACES DE MICROONDAS, ENLACES SATELITALES Y ENLACES DE FIBRA ÓPTICA.	
2.1 Enfoque Teórico _____	9
2.2 Enlace de Microondas _____	10
2.2.1 Parámetros _____	10
2.2.2 Pérdida del Espacio Libre (L) _____	10

2.2.3	Ganancia	11	(G)
2.2.4	Potencia de Transmisión (Pr)	-	Pt)
2.2.5	Factor K Radio Equivalente de la Tierra	12	
2.2.5.1	El Despeje	16	
2.2.5.2	Reflexiones del Terreno	17	
2.2.5.3	Cálculo de la Ubicación del Punto de Reflexión	18	
2.2.6	Tipo de Modulación	18	
2.2.6.1	FSK (Frequency Shift Keying)	19	
2.2.6.2	PSK (Phase Shift Keying)	19	
2.2.6.3	BPSK (Binary Phase Shift Keying)	19	
2.2.6.4	QPSK (Quaternary Phase Shift Keying)	20	
2.2.7	Arquitectura de un Sistema de Microonda Digital	20	
2.2.7.1	Modulador	21	
2.2.7.2	Transmisor	21	
2.2.7.3	Receptor	21	
2.2.8	Consideraciones del Sistema de Microondas	22	
2.2.8.1	Margen de Falla	22	
2.2.8.2	Margen de Desvanecimientos	22	
2.2.8.3	Umbral del Receptor	24	
2.2.8.4	Confiabilidad del Sistema	24	
2.2.8.5	Ancho de Banda	25	
2.3	Enlaces Satelitales.	25	
2.3.1	Características de las Redes Satelitales.	26	
2.3.2	Elementos de las Redes Satelitales.	27	
2.3.2.1	Transponder	27	
2.3.2.2	Estaciones Terrenas	27	
2.3.3	Modelos de Enlace del Sistema Satelital.	28	
2.3.3.1	Modelo de Subida (Uplink)	28	
2.3.3.2	Modelo de Bajada (Downlink)	29	
2.3.3.3	Ángulo de Elevación y Ángulo de Azimut de una Antena.	30	
2.3.4	Ancho de Banda de una Señal Digital, para un Enlace Ascendente.	31	
2.3.4.1	Ganancia de la Antena	32	
2.3.4.2	Acceso Múltiple por División de Frecuencias.	32	
2.3.4.2.1	Ventajas	34	
2.3.4.2.2	Desventajas	34	
2.3.4.3	Acceso Múltiple por División de Tiempo.	34	
2.3.4.3.1	Ventajas	36	
2.3.4.3.2	Desventajas	36	

2.3.4.4	Acceso Múltiple por División de Código.	36
2.3.4.4.1	Ventajas	37
2.3.4.4.2	Desventajas	37
2.3.4.5	Comparación de Eficiencia	37
2.3.5	Tipos de Satélites	38
2.3.5.1	Satélites Orbitales	38
2.3.5.2	Satélites Geostacionarios	39
2.3.6	Clasificaciones Orbitales, Espaciamento y Asignación de Frecuencias.	40
2.3.7	Parámetros del Sistema Satelital	42
2.3.8	Pérdidas en los Enlaces Satelitales	43
2.3.6.1	Pérdidas por Reducción	44
2.3.6.2	Pérdidas por Reducción Isotrópica Radiada Efectiva	45
2.3.6.3	Pérdidas por Propagación	45
2.3.6.4	Densidad de Potencia	46
2.3.6.5	Potencia en el Receptor	46
2.3.6.6	Relación de Energía de Bit a Densidad de Ruido	47
2.3.9	Tipos de Antenas	48
2.3.9.1	Antena de Foco Desplazado u Offset	48
2.3.9.2	Antena Parabólica de Foco Primario o Centrado	49
2.3.9.3	Antena Parabólica Cassegrain	49
2.3.9.4	Antena Parabólica Gregory	50
2.4	Enlace de Fibra Óptica	51
2.4.1	Definición de Fibra Óptica.	51
2.4.2	Composición de la Fibra Óptica	52
2.4.2.1	Núcleo	52
2.4.2.2	Revestimiento	52
2.4.2.3	Recubrimiento o Buffer	53
2.4.3	Parámetros de la fibra Óptica	53
2.4.3.1	Parámetros Estructurales	53
2.4.4	Tipos de Fibra Óptica	54
2.4.4.1	Descripción de Funcionamiento de la Fibra Monomodo.	54
2.4.4.2	Descripción de Funcionamiento de la Fibra Multimodo.	56
2.4.4.3	Fibra Multimodo con Gradiente Gradual.	56
2.4.4.4	Fibra Multimodo con Índice Escalonado	56
2.4.4.5	Fibra Óptica un Medio Excelente para las Comunicaciones.	57
2.4.4.6	Tipos de Conectores que usa la Fibra Óptica	57
2.4.5	Tipos de Cables	58
2.4.5.1	Patchcord simple CPS	59
2.4.6	Características de la Fibra Óptica	60
2.4.6.1	Coberturas más Resistentes	60
2.4.6.2	Características Técnicas	60

2.4.6.3	Características Mecánicas	_____	61
2.4.7	Ventajas y Desventajas de la Fibra Óptica	_____	62
CAPÍTULO III.			64
3.	ANÁLISIS DEL ENLACE ACTUAL, ESTUDIO DE OTROS SISTEMAS DE COMUNICACIÓN Y LA PROPUESTA DE MEJORAMIENTO CON UN ENLACE DE FIBRA ÓPTICA..		
Estudio de los Enlaces			65
3.1	Análisis del Sistema de Comunicación Existente.		66
3.1.1	Descripción Funcional General.		66
3.1.2	Ubicación Geográfica de los Puntos de los Nueve Radio Enlaces.		69
3.1.3	Especificaciones de Equipos e Instrumentos.		70
3.1.3.4	Torres de Comunicación.		75
3.1.4	Equipos para la Estación Principal		76
3.1.5	Equipos Instalados en General en las Canastillas para el Control y Monitoreo		78
3.1.6	Sistema de Respaldo de Energía	_____	81
3.1.7	Fuente de Poder	110VCA – 24VCD.	85
3.1.8	Análisis y Verificación del Funcionamiento de los Transmisores y Receptores en las Canastillas.		87
3.1.9	Análisis del Funcionamiento de los Radio Enlaces Instalados.		90
3.1.10	Arquitectura General de Comunicaciones		119
3.1.2.1	Arquitectura de las Estaciones Hacia el Pichincha.		121
3.1.2.2	Arquitectura de las Estaciones Hacia PILISURCO		123
3.1.11	Análisis del Enlace que Actualmente Dispone el Poliducto QUITO – AMBATO con las Coordenadas de la Empresa que Instalo con el Software RADIO MOBILE.		125
3.1.11.1	Enlace General de la Distribución de los Radio Enlaces.		125
3.1.11.2	Enlace CANTER – PICHINCHA		127
3.1.11.3	Enlace CAN3 – CAN2		132
3.1.11.4	Enlace CAN3 – PICHINCHA		137
3.1.11.5	Enlace CAN6 – PICHINCHA		142

3.1.11.6	Enlace CAN8 – PILISURCO _____	
	147	
3.1.11.7	Enlace CANLAT – PILISURCO _____	
	152	
3.1.11.8	Enlace CAN-RIO SALACHE – PILISURCO _____	
	157	
3.1.11.9	Enlace CAN17 – PILISURCO _____	
	162	
3.1.11.10	Enlace CAN17 – CAN18 _____	167
3.1.12	Especificaciones Generales del Sistema de Control Instalado _____	173
3.1.12.1	General _____	173
3.1.12.2	Controlador Bristol MicroWave Canastillas. _____	173
3.1.12.3	Controlador Bristol Microwave BEATERIO. _____	174
3.1.12.4	Linking Device – FIM-3420 _____	174
3.1.13	Transmisores de Presión _____	174
3.1.14	Transmisores de Temperatura _____	175
3.1.15	Actuadores _____	
	175	
3.1.16	Switch de Comunicaciones Industriales _____	176
3.1.17	Software Sistema de Detección de Fugas _____	176
3.1.18	Software Scada _____	
	176	
3.2	Análisis de la Microonda. _____	177
3.2.1	Análisis de la Distribución del Poliducto QUITO – AMBATO _____	
	177	
3.2.2	Localización del Área Geográfica de la Distribución del Poliducto QUITO – AMBATO. _____	

	179	
3.2.3	Análisis del Enlace Adecuado en el Poliducto QUITO – AMBATO con el Software RADIO MOBILE. _____	
	181	
3.2.3.1	Enlace CANTER – PICHINCHA _____	183
3.2.3.2	Enlace CAN3 – CAN2 _____	186
3.2.3.3	Enlace CAN3 – PICHINCHA _____	189
3.2.3.4	Enlace CAN6 – PICHINCHA _____	192
3.2.3.5	Enlace CAN8 – PILISURCO _____	195
3.2.3.6	Enlace CAN-LAT – PILISURCO _____	198
3.2.3.7	Enlace PK79 – PILISURCO _____	201
3.2.3.8	Enlace CAN17 – PILISURCO _____	204
3.2.3.9	Enlace CAN17 – CAN18 _____	207
3.3	Análisis de la Fibra Óptica. _____	210
3.3.1	Cable de Estructura Holgada. _____	
	210	
3.3.2	Cable de Estructura Ajustada _____	
	211	
3.3.3	Cable en Figura de 8 _____	
	213	

3.3.4	Cable Blindado _____	
	213	
3.3.5	Otros Cables _____	
	215	
3.3.6	Adquisición de la Fibra Óptica _____	
	217	
3.3.7	Precauciones de Seguridad _____	
	221	
3.3.7.1	Corte y Pelado del Cable _____	221
3.3.7.2	Trozos de Fibra Óptica _____	221
3.3.7.3	Luz de Láser _____	221
3.3.7.4	Tensión de Cable _____	222
3.3.7.5	Solventes y Soluciones de Limpieza _____	222
3.3.7.6	Empalmadora de Fusión _____	222
3.3.8	Instalación de Cable en Exteriores _____	
	223	
3.3.8.1	Instalación de Cable Enterrado _____	223
3.3.8.2	Conductos para el Cable _____	224
3.3.8.3	Lubricante del Conducto _____	225
3.3.8.4	Cinta de Tracción _____	226
3.3.8.5	Instalación del Cable en Conductos _____	227
3.3.8.6	Procedimiento para el Tendido del Cable Subterráneo _____	229
3.3.9	Instalación Aérea _____	
	235	
3.3.9.1	Procedimiento para la Instalación Aérea _____	237
3.3.10	La Fibra Óptica Según el Requerimiento para el Poliducto Quito – Ambato de Manera Aérea _____	239
3.3.11	La Fibra Óptica Según el Requerimiento para el Poliducto Quito – Ambato de Manera Enterrada _____	241
3.3.12	La Fibra Óptica Según para el Poliducto Quito – Ambato Utilizando Canalización. _____	
	242	
3.3.13	Equipos y Materiales para la Instalación de Fibra Óptica _____	244
3.3.14	Terminación de un Cable de Fibra Óptica _____	245
3.3.15	Cordones de Conexión y Conectores _____	246
3.3.16	Cálculos para el Cable de Fibra Óptica _____	250
3.4	Análisis Satelital. _____	253
3.4.1	Sistema de Transmisión a Utilizarse. _____	
	254	
3.4.2	Tipo de Antena a utilizarse. _____	
	256	
3.4.3	Cálculos para el Apuntamiento de las Antenas Mediante el Azimut y Ángulo de Elevación. _____	
	257	
3.4.4	Montaje para la Antena Satelital _____	
	259	
3.4.4.1	Instrumento Utilizados para la Orientación de la Antena _____	260
3.4.5	Enlaces Necesarios para Cubrir Todos los Puntos. _____	
	262	
3.4.5.1	Orientación de la Antena _____	265

3.5	Mejoras para los Radio Enlaces y la Propuesta para Realizar un Enlace de Fibra Óptica	266
3.5.1	Características de Diseño de la Fibra Óptica.	267
3.5.2	Normas	267
	a	3.5.3
	Aplicar	267
	Especificaciones Técnicas de la Fibra Óptica	267
3.5.4	Característica de la Fibra Monomodo.	270
3.5.5	Protocolo de Pruebas para la Fibra.	271
3.5.6	Cambio de los Equipos Actuales por unos Radios Spread Spectrum de 5.8Ghz	274
3.5.7	RADIOS SPREAD SPECTRUM14Mbps 5.8 GHz.	276
3.5.8	Descripción de las Antenas Parabólicas para los Enlaces.	279
CAPÍTULO IV.		283
4.	ESTUDIO ECONÓMICO GENERAL	
4.1	Análisis del Costo de la Fibra Óptica	289
4.1.1	Costo de la Fibra Óptica Canalizada.	290
4.1.2	Costo de la Fibra Óptica Aérea.	292
4.1.3	Costo de la Fibra Óptica Enterrada.	294
4.2	Análisis de Costo del Enlace Satelital.	295
4.2.1	Costo de Instalación	296
4.2.2	Costo del Seguimiento Espacial a Utilizar	296
4.2.3	Tasas y Tarifas que hay que Pagar al Conatel	297
4.2.3.1	Tasas	297
4.2.3.2	Tarifas	298
4.2.4	Costo General para el Enlace Satelital	298
4.2.5	Comparación de los Costos entre las Tecnologías del Estudio	289
4.2.5.1	Ventajas	289
CAPÍTULO VI.		300
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
5.1	Conclusiones	301
5.2	Recomendaciones:	303

BIBLIOGRAFÍA 305

ANEXOS 308

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura No.	Título	Pág.
1	Curvatura De La Tierra.	13
2	Diagrama De La Zona De Fresnel.	14
3	Tor.	15
4	Sección Transversal Del Frente De Ondas.	16
5	Reflexión Del Terreno.	17
6	Determinación Del Punto De Reflexión Total	18
7	Modulador De Bpsk	20
8	Desvanecimiento	23
9	Modelo De Subida.	29
10	Modelo De Bajada	29
11	Ángulo De Elevación De La Antena	30
12	Ángulo De Azimut De La Antena	31
13	Modelo De Enlace	33
14	Modelo De Subida.	35
15	Modelo De Bajada.	35
16	Comparación Entre Fdma, Tdma Y Cdma.	38
17	Satélite Orbital.	39
18	Fuerzas Sobre El Satélite.	40
19	Clasificación Orbital.	40
20	Característica de la Potencia de Salida en Función de la Potencia de Entrada para un Amplificador de Potencia (Hpa).	44
21	Factores Que Generan El Pire	45
22	Antena Offset.	48
23	Antena Parabólica	49
24	Antena Cassegrain.	50
25	Antena Gregory.	50
26	Sección Transversal De Una Fibra	52
27	Fibra Monomodo.	55

28	Diagrama De Funcionamiento Del Sistema	68
30	Pigtail N-Male/N-Male With Lmr400 Low-Loss.	74
31	Rp-Tnc/N-Male With Rg-58.	74
32	Gas Discharge Tube Supressor. With N-Female To N-Female.	74
33	Esquema De Conexiones.	75
34	Poste Hexagonal De 12 Metros.	76
35	Plc Bristol Controlwave Micro.	77
36	Canastilla.	79
37	Válvula De Control.	80
38	Sensor De Presión En Psi.	80
39	Respaldo De Energía Ups.	81
40	Sistema De Baterías.	82
41	Paneles Solares.	83
42	División De Los Paneles Solares.	83
43	Paneles Solares.	84
44	Fuente De Poder 110vca-24vcd.	86
45	Radios De Comunicación.	88
46	Sistema De Tierra Instalado En Las Canastillas.	90
47	Válvula4 Can-2.	92
48	Antenas Can-2.	93
49	Válvula 5 Can-3.	94
50	Antenas Can-3.	95
51	Válvula 8 Can-6.	96
52	Antenas Can-6.	97
53	Válvula2 Can-Term.	98
54	Antena Can-Term.	99
55	Cerro Pichincha.	100
56	Antenas Cerro Pichincha.	101
57	Recepción De Datos En El Cerro Pichincha.	102
58	Conexión Lan De Los Enlaces Recepción.	102

59	Equipos Instalados En El Cerro Pichincha	103
60	Válvula14 Can-Lat.	104
61	Antena Can-Lat.	104
62	Válvula15 Can-Rio Salache.	105
63	Antena Can-Rio Salache.	106
64	Válvula10 Can-8.	107
65	Antena Can-8.	108
66	Válvula 23 Can-18.	109
67	Antena Can-18.	110
68	Válvula 22 Can-17.	111
69	Antena Can-17.	112
70	Cerro Pilisurco.	113
71	Antena De Enlace Con La Torre De Cnt.	114
72	Equipos En El Cerro Pilisurco.	115
73	Trango Broadband.	116
74	Tarjetas De E1.	117
75	Equipos De Monitoreo Del Cerro Pilisurco.	118
76	Direcciones Ip De Los Enlaces.	120
77	Esquema General De Los Enlaces En El Cerro Pichincha.	121
78	Esquema General De Los Enlaces En El Cerro Pilisurco.	123
79	Mapa Urbano.	125
80	Mapa De Las Montañas.	126
81	Enlace Can-Term – Pichincha.	127
82	Distribución Del Enlace Can-Term – Pichincha.	128
83	Perfil Topográfico Del Enlace Can-Term – Pichincha.	129
84	Enlace Can-3 – Can-2	132
85	Distribución Del Enlace Can-3 – Can-2	133

86	Perfil Topográfico Del Enlace Can-3 – Can-2	134
87	Enlace Can-3 – Pichincha.	137
88	Distribución Del Enlace Can-3 – Pichincha	138
89	Perfil Topográfico Del Enlace Can-3 – Pichincha	139
90	Enlace Can-6 – Pichincha.	142
91	Distribución Del Enlace Can-6 – Pichincha	143
92	Perfil Topográfico Del Enlace Can-6 – Pichincha	144
93	Enlace Can-8 – Pilisurco.	147
94	Distribución Del Enlace Can-8 – Pilisurco.	148
95	Perfil Topográfico Del Enlace Can-8 – Pilisurco.	149
96	Enlace Can-Lat – Pilisurco.	152
97	Distribución Del Enlace Can-Lat – Pilisurco	153
98	Perfil Topográfico Del Enlace Can-Lat – Pilisurco.	154
99	Enlace Can-Rio Salache – Pilisurco	157
100	Distribución Del Enlace Can-Rio Salache – Pilisurco	158
101	Perfil Topográfico Del Enlace Can-Rio Salache – Pilisurco	159
102	Enlace Can-17 Pilisurco	162
103	Distribución Del Enlace Can-17 Pilisurco	163
104	Perfil Topográfico Del Enlace Can-17 Pilisurco	164
105	Enlace Can-17 – Can-18.	167
106	Distribución Del Enlace Can-17 – Can-18.	168
107	Perfil Topográfico Del Enlace Can-17 – Can-18.	169
108	Distribución De Los Radio Enlaces.	178
109	Distribución Geográfica Del Polducto.	179
110	Mapa Urbano.	181
111	Mapa de Montañas.	182
112	Enlace Can-Term	183
113	Distribución Del Enlace Can-Term.	184

114	Perfil Topográfico Del Enlace Can-Term.	185
115	Enlace Can-3 – Can-2.	186
116	Distribución Del Enlace Can-3 – Can-2	187
117	Perfil Topográfico Del Enlace Can-3 – Can-2	188
118	Enlace Can-3 – Pichincha	189
119	Distribución Del Enlace Can-3 – Pichincha	190
120	Perfil Topográfico Del Enlace Can-3 – Pichincha	191
121	Enlace Can-6 – Pichincha	192
122	Distribución Del Enlace Can-6 – Pichincha-	193
123	Perfil Topográfico Del Enlace Can-6 – Pichincha.	194
124	Enlace Can-8 Y Pilisurco.	195
126	Perfil Topográfico Del Enlace Can-8 Y Pilisurco.	197
127	Enlace Can-Lat – Pilisurco.	198
128	Distribución Del Enlace Can-Lat – Pilisurco.	199
129	Perfil Topográfico Del Enlace Can-Lat – Pilisurco	200
130	Enlace Pk79 – Pilisurco.	201
131	Distribución Del Enlace Pk79 – Pilisurco.	202
132	Perfil Topográfico Del Enlace Pk79 – Pilisurco.	203
133	Enlace Can-17- Pilisurco.	204
134	Distribución Del Enlace Can-17- Pilisurco	205
135	Perfil Topográfico Del Enlace Can-17- Pilisurco.	206
136	Enlace Can 17 – Can 18.	207
137	Distribución Del Enlace Can 17 – Can 18	208
138	Perfil Topográfico Del Enlace Can 17 – Can 18.	209
139	Cable De Tubo Holgado.	210
140	Cable De Estructura Ajustado.	212
141	Cable De Fibra Óptica Enterrado	223
142	Conductos Y Subconductos.	224

143	Sistema De Conductos Subterráneos Urbanos.	228
144	Configuración Y Asignaciones En Una Pared Típica De Conductos.	229
145	Sistema De Tracción De Cable En Conductos Subterráneos.	230
146	Lazo De Expansión.	237
147	Bandeja De Empalme.	246
148	Caja Terminal.	246
149	Cordón De Conexión De Fibra.	247
150	Conectores Típicos De Fibra.	248
151	Enlace Can6 – Cerro Pichincha.	281
152	Umbral De Recepción Can6 – Cerro Pichincha.	282

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla No.	Título	Pág.
1	Parámetros de la Fibra Óptica.	54
2	Característica de la Fibra	60
3	Ubicación geográfica de las canastillas.	69
4	Direcciones IP y equipos utilizados.	72
5	Datos técnicos del PPLC bristol microwave.	78
6	Sistema de Respaldo.	85
7	Fuente de poder 24VCD Popper + Fucha.	86
8	Altura y Ubicación de las Antenas.	91
9	Cálculos del Enlace CAN-TERM – PICHINCHA.	131
10	Cálculos del Enlace CAN-3 – CAN-2.	136
11	Cálculos del Enlace CAN-3 – PICHINCHA.	141
12	Cálculos del Enlace CAN-6 – PICHINCHA.	146
13	Cálculos del Enlace CAN-8 – PILISURCO.	151
14	Cálculos del Enlace CAN-LAT – PILISURCO.	156
15	Cálculos del Enlace CAN-RIO – SALACHE – PILISURCO.	161
16	Cálculos del Enlace CAN-17 PILISURCO.	166
17	Cálculos del Enlace CAN-17 – CAN-18	171
18	Ejemplo de una Hoja de Especificaciones Típica de un Cable de Fibra Óptica.	214
19	Tabla de Utilización de los Cables.	216
20	Ejemplo de pedido detallado.	219
21	Detalles de la Fibra Óptica.	220
22	Frecuencias de Funcionamiento Satelital.	263
23	Proveedores de Satelites.	265
24	Especificaciones de fibra óptica.	270
25	Costo de Radios para Enlace Punto a Punto.	285

26	Costo de Radios Spread Spectrum.	288
27	Precios de Fibra Canalizada.	291
28	Precios para Fibra Aérea.	293
29	Precios Fibra Enterrada.	294
30	Proveedores.	295
31	Equipos para el Enlace Satelital.	296
32	Tarifas de Alquiler no Interrumpible de Transpondedores en Capacidad Estándar	297
33	Costo del Enlace Satelital.	298
34	Comparación Entre Las Diferentes Tecnologías.	289

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1	309
Anexo 2	313
Anexo 2	314

RESUMEN

La tecnología a medida que avanza brinda muchos beneficios que son aprovechados por el ser humano y una de ellas es la fibra óptica que será la que se propone después del estudio que se realiza.

El Radio Enlaces que actualmente se tiene en el poliducto en cada una de las válvulas está provocando muchos problemas al momento del control y monitoreo de la presión que atraviesa en el poliducto QUITO – AMBATO. Es por esta razón que se ha determinado el cambio de los radios que se tiene instalado en algunas canastillas porque lo deseado por la EPPETROECUADOR es tener enlaces punto a punto y esto se lo logrará cambiando de radio y de antenas en varias canastillas de los 9 enlaces que se tiene.

Lo que se busca tener con el estudio que se presenta es un camino alternativo para el control y monitoreo en las 9 canastillas, y esto se conseguirá teniendo un anillo redundante, es por ello que se presenta el análisis de las diferentes tecnologías que se puede utilizar de manera alterna a los radio Enlaces.

El Poliducto tiene una longitud de 110Km de distancia desde la Estación de Bombeo ubicada en la ciudad de Quito en el Sector del Beaterio, desde este lugar se bombea el combustible a través de una tubería de acero de 6 pulgadas que atraviesa por varios lugares hasta llegar a la Ciudad de Ambato a la estación reductora.

Al instalar un anillo redundante utilizando fibra óptica se tendrá grandes beneficios como puede ser vigilancia por medio de cámaras, telefonía en cualquiera de los 9 puntos que tiene en los 110Km, además de una muy buena seguridad, confiabilidad que esta tecnología nos puede ofrecer por su gran ancho de banda.

SUMMARY

As technology advances many benefits that are enjoyed by man and one of them is optical fiber that will be proposed after the study is performed.

The radio links currently has in the pipeline in each of the valves is causing many problems when the control and monitoring of the pressure in the pipeline crosses QUITO - AMBATO. It is for this reason that has determined the change of the radii that is installed in some baskets because he desired by the EPPETROECUADOR is to point to point and this is achieved by changing the radio and antenna in several baskets of 9 links you have.

What is sought to have with the study presented here is an alternate path for the control and monitoring in the 9 baskets, and this will be achieved by having a redundant ring, which is why we present an analysis of the different technologies that can be used alternately to the radio links.

The Pipeline has a length of 110 km away from the pumping station located in the city of Quito in the sector of the Beguine, from this place the fuel is pumped through a steel pipe of 6 flea goes through several places to get to the city of Ambato to the reducing station.

When installing a redundant ring using optical fiber have great benefits such as surveillance by cameras, telephones in any of the 9 points you have in the 110 km, and a very good one security, reliability, this technology can offer for its high bandwidth.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad los sistemas de transmisión microonda han brindado facilidades a las empresas para las comunicaciones de datos, esos enlaces han sido útiles para la comunicación entre varios puntos que en muchas ocasiones la accesibilidad es difícil.

La EP PETROECUADOR consta de nueve radioenlaces en todo el poliducto Quito - Ambato. Está conformado por nueve canastillas a lo largo de los 110Km del poliducto distribuidos ordenadamente, comenzando desde el Beaterio con CAN-TERM, CAN-2, CAN-3, CAN-6, CAN-8, CAN-LAT, CAN-RIO SALACHE, CAN-17, CAN-18; adicionalmente posee una canastilla a la que no se le ha concedido un radio enlace, sino que ésta posee un enlace de fibra óptica que llega de esa manera hacia la reductora Ambato o CAN-20; los nueve enlaces anteriormente mencionados están unidos al cerro PILISURCO y al cerro PICHINCHA, son monitoreados a través del sistema llamado SCADA mediante monitoreo desde el BEATERIO y la REDUCTORA AMABATO por medio de pantallas LCD de 32”.



1.

CAPÍTULO I.

FUNDAMENTACION TEÓRICA

1.1 Antecedentes

Los sistemas de radio enlaces con los que cuenta la EPPETROECUADOR se los podría considerar como idóneos para adaptarse a los nuevos cambios de tecnología de comunicación o en caso de ser necesario y recomendable cambiar a otros sistemas (Fibra Óptica o Sistemas Satelitales).

En la actualidad, el mejoramiento o la implementación de cualquier sistema de comunicación que permita obtener reducción de costos, eficiencia y eficacia al controlar la operación que son vulnerables a los fraudes tecnológicos, ayuda al desarrollo de la institución, es por eso que se ha visto la necesidad de realizar un estudio para el mejoramiento en los sistemas de comunicación sobre el control de fugas en los poliductos, con la posibilidad de estar a la par de los cambios tecnológicos.

Lo que se busca con este proceso es ver la factibilidad de un posible mejoramiento al sistema actual que posee la empresa y a su vez implementar una mejor tecnología basándonos en el estudio a realizarse.

El cambio tecnológico viene a pasos agigantados y los procesos que se mantienen actualmente en la EP-PETROECUADOR cubre sus necesidades pero éstos podrían mejorarse, como por ejemplo en uno de los nueve radio enlaces, que se encuentra ubicado en el poliducto Quito Ambato, para el control y monitoreo de la presión que se tiene en las diferentes canastillas, siendo este donde surge el análisis a efectuarse.

1.2 Problematización

1.2.1 Identificación del Problema

Los sistemas de radio enlaces con las que cuenta la Empresa EP PETROECUADOR se las podría considerar como idóneas para adaptarse a los nuevos cambios de tecnología de comunicación o en caso de ser necesario y recomendable cambiar a otros sistemas (Fibra Óptica o GPS).

En la actualidad, el mejoramiento o la implementación de cualquier sistema de comunicación que permita obtener reducción de costos ayuda al desarrollo de la institución, es por eso que se ha visto la necesidad de realizar un estudio para el Mejoramiento en los sistemas de comunicación sobre el control de fugas en los poliductos, con la posibilidad de estar a la par de los cambios tecnológicos.

El estudio va estar enfocado a la empresa de EP PETROECUADOR el cual ya posee un sistema de radio enlace establecidos el cual nos permitirá mejorar o cambiar determinando los parámetros que se deberá tomar en cuenta para realizar la adaptación de estos nuevos sistemas.

Pero cabe plantearse algunas preguntas, a las cuales daremos respuesta durante la ejecución del presente trabajo: ¿Existen las condiciones técnicas necesarias para que se puedan implementar o mejorar este sistema?, ¿Cuáles son los aspectos que se deben considerar?, ¿Cuál es la inversión económica que traería consigo la implementación o mejoramiento de este sistema?

Lo que se busca con este proceso es ver la factibilidad de un posible mejoramiento al sistema actual que posee la empresa y de no ser factible tratar de migrar a una mejor tecnología basándonos en el estudio que se va a realizar.

1.3 Análisis Crítico

Ya que el cambio de la tecnología viene a pasos gigantes cabe decir que los procesos que se mantienen actualmente en EP- PETROECUADOR están acordes a las necesidades de dicha empresa y de aquí se parte para el análisis del sistema existente con el que cuentan que es un Radio Enlace que se encuentra ubicado en el tramo de Quito-Ambato, que sirve como el transporte de la datos y es el medio de comunicación para los problemas que pueda presentarse en este poliducto; aquí es donde surge el análisis a efectuarse ya que tenemos que adquirir y partir de un estudio anterior y ver cuáles son los conflictos y las razones por la cual se da este problema que

tienen actualmente, de no haber solución para esto y dependiendo las necesidades de la empresa se realizara el estudio de los diferentes sistemas que existen y dependiendo de la factibilidad de cada uno de los sistemas a estudiarse se tomara las respectivas medidas para el estudio adecuado de los mismos.

1.4 Prognosis

A partir del problema que se detecto en el Radio Enlace que es la perdida de la señal o caída de los enlaces en las distintas canastillas, se realizara las respectivas mediciones para determinar cual es el motivo para que se de esto, entonces se dará solución de manera efectiva al problema que tienen. Esto se lo puede hacer realizando el estudio de otros sistemas de comunicaciones o dando la solución respectiva al sistema actual que tiene la empresa.

1.5 Delimitaciones

Una limitación importante en este aspecto es la de conseguir información, sobre de cómo se encuentra la distribución de los poliductos y los sistemas de radio enlace, el acceso al lugar donde se encuentre ubicados los equipos del Enlace y a los planos de la distribución geográfica del Radio Enlace.

Por lo tanto podemos acotar que nuestra investigación se restringe al estudio únicamente.

1.6 Formulación del Problema

¿Cómo realizar el mejoramiento en los sistemas de comunicación sobre el control de fugas y perforaciones en poliductos (sistema satelital, gps o fibra óptica)?

1.7 Objetivos

1.7.1 Objetivo General

Realizar Estudio de mejoramiento en los sistemas de comunicación sobre el control de fugas y perforaciones en poliductos (Sistema satelital, GPS o fibra óptica)

1.7.2 Objetivos Específicos

- Realizar un diagnóstico del sistema de comunicación existente.
- Determinar si es factible realizar un mejoramiento al sistema existente.
- Realizar un estudio de los diferentes sistemas de comunicaciones existentes en el mercado.
- Determinar el enlace de comunicación alternativo para llegar al 100% de disponibilidad para la empresa.
- Realizar un estudio de costo beneficio.

1.8 Justificación

La rapidez con la que avanza la tecnología nos deja siempre a la expectativa de lo que sucederá en un futuro, naciendo la necesidad de adaptarse tratando de aprovechar los recursos existentes.

El propósito de este estudio pretende mejorar el sistema actual e implementar una nueva tecnología para el control y monitoreo de fugas en los poliductos, brindando varias alternativas con el sistema de comunicación, con la fiabilidad, rapidez y seguridad que en estos casos se requiere.

En virtud de esto, vemos el extenso campo de aplicación y las ventajas que puede ofrecer el estudio de nuevas tecnologías y que como profesional del campo se pretende desarrollar la capacidad de adaptación a nuevos sistemas de comunicación en boga de la tecnología de punta.

La rapidez con la que avanza la tecnología nos deja siempre a la expectativa de lo que sucederá en un futuro es por eso que se ve la necesidad de adaptarse tratando de aprovechar los recursos ya existentes.



CAPÍTULO II.

2. TEORÍA DE ENLACES DE MICROONDAS, ENLACES SATELITALES Y ENLACES DE FIBRA ÓPTICA.

2.1 Enfoque Teórico

En el mundo actual en el que se vive la tecnología avanza a pasos agigantados y se ve la necesidad de adaptarse a los cambios de tecnología y a tratar de ir a la par con los avances que se van dando, es por esa razón que se va a realizar el análisis de las diferentes tecnologías que se puede adoptar para el mejoramiento del sistema de comunicación en el poliducto QUITO-AMBATO, a razón del sistema que actualmente está dotada la empresa EP PETROECUADOR tiene falencias y además es un sistema que necesita mayor seguridad de la que posee.

El estudio a realizarse servirá como un mejoramiento en la seguridad y un mejor desempeño del sistema de monitoreo SCADA que se tiene en la Reductora Ambato y en el Beaterio en Quito, lo que se pretende realizar es un anillo redundante y el mejoramiento del radio enlace porque se encuentra con problemas en varias de las canastillas.

Para realizar el estudio se tendrá que visitar las nueve canastillas que se tiene a lo largo de todo el poliducto en los 110Km de distancia que sale desde el Beaterio hasta la Reductora Ambato para revisar que tipo de radio enlace es el que tiene instalado la empresa, así como también realizar un levantamiento de la tubería del poliducto para saber por dónde va atravesando dicho poliducto.

2.2 Enlace de Microondas

Hoy en día, los sistemas inalámbricos los tenemos visibles por todos lados y son de nuestro diario convivir, sea en telefonía móvil, televisión digital terrestre o radio enlaces punto a punto. Para el correcto funcionamiento de estos sistemas es necesario realizar un diseño adecuado del interfaz radioeléctrico. Dentro del diseño de radioenlaces se debe tener en cuenta que involucra toda una serie de protocolos como la elección de la banda de frecuencias, el tipo de antenas y los equipos de radiocomunicación, el

cálculo del balance de potencias, la estimación de los niveles de ruido e interferencia o el conocimiento de las distintas modalidades y fenómenos de propagación radioeléctrica, entre otras.

2.2.1 Parámetros

Existen varios parámetros muy importantes que se debe considerar para realizar un radio enlace como: Perdidas de Espacio Libre, Ganancia, Factor y Zonas de Fresnel.

2.2.2 Pérdida del Espacio Libre (L)

La pérdida de espacio libre de una onda electromagnética está dada por la separación de la forma de onda que irradia la fuente, tal como sucede con la ondulación del agua en un lago. Esta pérdida es independiente de los efectos de la superficie de la tierra o de la atmosfera y está dado por la ecuación para antenas Isotrópicas:

$$L(\text{dB})= 32.5 + 20\log F(\text{MHz}) + 20 \log D (\text{Km})$$

Dónde:

F= Frecuencia de Operación

D= Distancia

Además existen factores que pueden afectar ala pérdida del espacio libre:

- Multipath (Señales que se interfieren con la señal deseada por el reflejo del agua, montañas edificios o discontinuidades atmosféricas).
- Rebote Atmosférico (Se da por cambios anormales de temperatura o humedad del ambiente).
- Lluvia, nieve o granizo.

Para poder evitar estas pérdidas, los enlaces se deben realizar con un nivel más elevado que se requiere en las condiciones sin pérdidas de espacio libre. El exceso de señal sobre el mínimo requerido de satisfacción se denomina Margen de Falla.

2.2.3 Ganancia (G)

Es muy importante tener siempre en cuenta la ganancia con la cual constan las antenas que se piensa realizar los enlaces, esta ganancia se mide en dBi con la siguiente ecuación:

$$G \text{ (dBi)} = 20 \log D \text{ (pies)} + 20 \log F \text{ (FHz)} - 25.6$$

Dónde:

D= Distancia

F= Frecuencia de operación

2.2.4 Potencia de Transmisión (Pr - Pt)

Es la que se transmite entre dos antenas debidamente alineadas y la ecuación para determinar dicha potencia es:

$$Pr-Pt \text{ (dB)} = G1 - 32.5 - 20 \log F - 20 \log D + G2$$

Dónde:

G1= Ganancia de la Antena de transmisión.

G2= Ganancia de la antena de recepción.

F= Frecuencia de operación

D= Distancia entre las dos antenas

2.2.5 Factor K Radio Equivalente de la Tierra

La curvatura que tiene la tierra varía con las condiciones atmosféricas. El momento que se desee ver desde la orilla del mar a un punto específico no será igual que una persona que se encuentre ubicada en la montaña viendo el mismo punto porque esta persona tendrá mayor visibilidad y esto se debe a la curvatura que tiene la tierra.

El grado y la dirección de la curvatura se pueden definir convenientemente por un factor de radio equivalente de la tierra (k). Este factor, multiplicado por el radio real de la tierra (R_0), es llamado radio ficticio de la curvatura de la tierra.

La curvatura resultante es igual a la curvatura relativa de haz de microondas respecto a la curvatura de la tierra, o sea, equivalente a la curvatura real de la tierra menos la curvatura del haz.



Figura No.1: Curvatura de la Tierra.

Fuente: Museo Virtual.

La manera más efectiva para que viajen las microondas en línea recta sería que se incrementa el radio de la tierra, lo cual no va a ser posible pero de esta manera sería lo óptimo, pero por la simple geometría las ondas viajarán a mayor distancia. **Primera Zona de Fresnel (FZC)**

La zona de Fresnel es una zona de despeje adicional que se debe tener en consideración en un enlace microonda punto a punto, además de la

visibilidad directa entre las dos antenas. Este factor deriva de la teoría de ondas electromagnéticas, respecto de la expansión de las mismas al viajar en el espacio libre. Esta expansión resulta en reflexiones y cambios de fase al pasar sobre un obstáculo. El resultado es un aumento o disminución en el nivel de intensidad de la señal recibida.

La obstrucción máxima permisible para considerar que no hay obstrucción es el 40% de la primera zona de Fresnel. La obstrucción máxima recomendada es el 20%. Para establecer las zonas de Fresnel primero se debe determinar la línea de vista, que en términos simples es una línea recta entre la antena transmisora y la receptora, y la zona que rodea los enlaces se denomina zona de Fresnel.

La fórmula genérica de cálculo de las zonas de Fresnel se muestra en la Expresión J-1.¹

$$R_n = 548 \sqrt{\frac{n \cdot d_1 \cdot d_2}{f \cdot d}}$$

Expresión J-1: Fórmula para el cálculo del radio de la *n*-ésima zona de Fresnel.

Dónde:

R_n es el radio de la *n*-ésima zona de Fresnel [m].

d₁ es la distancia desde el transmisor al objeto en [Km].

d₂ es la distancia desde el objeto al receptor en [Km]. ***d***

es la distancia total del enlace en [Km]. ***f*** es la frecuencia en [MHz].

¹ <http://passthrough.fwnotify.net/download/340674/http://toip.uchile.cl/mediawiki/upload/6/65/AnexoJKL-Marcomun.pdf>

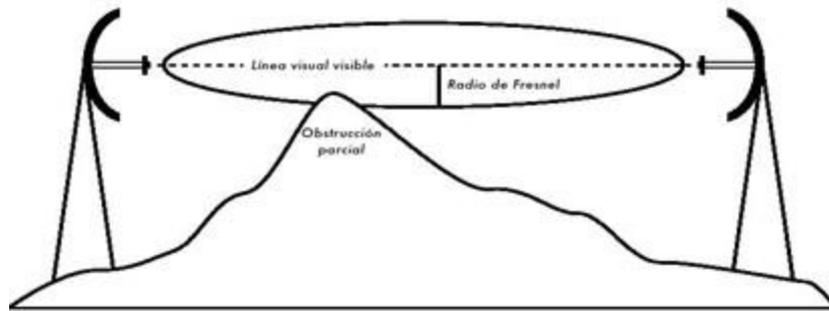


Figura No.2: Diagrama de la Zona de Fresnel.

Fuente: Museo Virtual.

Si hacemos un corte transversal a dicho elipsoide, podemos considerar el plano resultante como dividido por círculos concéntricos. Los puntos del plano que están a igual distancia del receptor (punto R) llegan con la misma fase y contribuyen al campo de la misma forma. Este plano se lo puede considerar como dividido en círculos concéntricos y el campo resultante en el receptor como la suma de las contribuciones a estos círculos con sus respectivas fases.

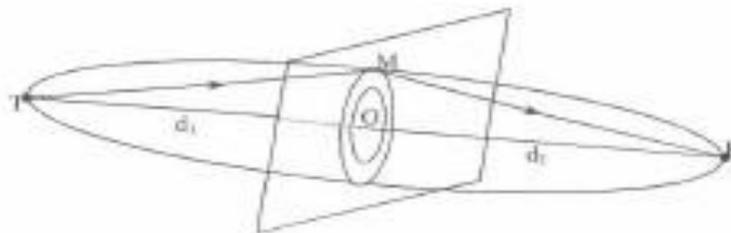


Figura No.3: TOR.

Fuente: Museo Virtual.

La referencia de fase es la trayectoria TOR, de modo que un rayo emitido en T que pasa por el punto M recorre una trayectoria TRM mayor que el del rayo directo en una cantidad ΔT , tal como se muestra:²

² Brunel D, Vaca M, Delgado J “Enlace vía microondas y fibra óptica de cinco canales de televisión hacia la estación máster de la Asociación ecuatoriana de canales de televisión en Guayaquil” 2003, ESPOL, p. 52

$$\Delta T = TMR - TOR$$

Las ondas que llegan hacia el receptor con diferente fase respecto a TOR, esto hace que aumente o disminuya la intensidad de la señal dependiendo de la intensidad de la señal, esto depende a la zona de Fresnel a la que pertenece.

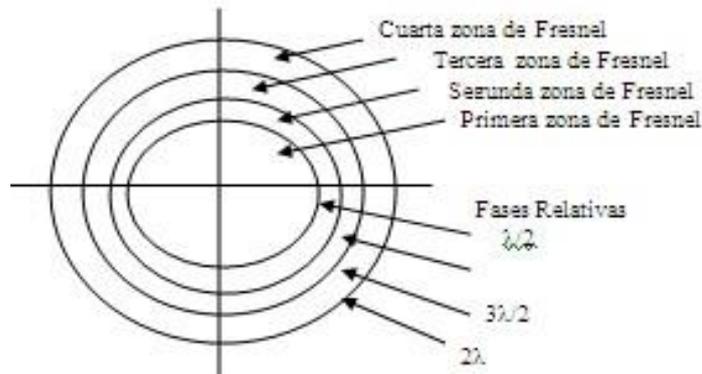


Figura No.4: Sección Transversal del Frente de Ondas.

Elaborado por: El autor.

El campo tiene el efecto que disminuye monótonamente en las diferentes zonas y el campo resultante es igual a la mitad de la primera zona de Fresnel. Es por esa razón que cuando se tiene algún obstáculo entre el transmisor y el receptor es recomendable graduar la altura de las antenas para permitir que pase la primera zona de Fresnel, esto permite tener una buena línea de vista, lo recomendable establece dejar libre el 55% del radio de la primera zona de Fresnel para que el nivel de la señal en el receptor sea igual al que se recibiría en el espacio libre. ³

2.2.5.1 El Despeje

³ Brunel D, Vaca M, Delgado J "Enlace vía microondas y fibra óptica de cinco canales de televisión hacia la estación máster de la Asociación ecuatoriana de canales de televisión en Guayaquil" 2003, ESPOL, p. 53

Se comprende como despeje a la distancia que existe entre la línea de vista y el perfil del terreno, quiere decir que no debe tener ningún obstáculo el momento de observar de un punto hacia el otro del enlace.

Para vanos sobre la tierra:

$$C(\text{metros}) = 19 \sqrt{\frac{\lambda d_1 d_2}{d}} + \frac{d_1 d_2}{39}$$

Para vanos en el agua:

$$C(\text{metros}) = 19 \sqrt{\frac{\lambda d_1 d_2}{d}} + \frac{d_1 d_2}{21}$$

Las variables d_1 , d_2 en kilómetros y λ en metros.

Dónde:

d Sumatoria de la distancia entre d_1 y d_2

d1 Primera distancia del lóbulo **d2**

Segunda distancia del lóbulo

2.2.5.2 Reflexiones del Terreno

Se debe tener en consideración el rayo directo y el rayo que se puede reflejar en la tierra por la curvatura que tiene, y se debe tener en cuenta la intensidad de campo en recepción en condiciones reales y la intensidad de campo en condiciones de espacio libre.



Figura No.5: Reflexión del Terreno.

Elaborado por: El autor.

2.2.5.3 Cálculo de la Ubicación del Punto de Reflexión

La reflexión es un efecto que se da por efecto de interferencia de algún elemento que se encuentre en el camino del enlace y el cálculo que se realiza servirá para determinar dicha reflexión que viene dado por la siguiente fórmula:

$$q = |h_1 - h_2| / (h_1 + h_2)$$

$$Q = 25.6k \times (h_1 + h_2) / d^2$$

H1 es la altura de la antena 1 respecto al punto de reflexión

H2 es la altura de la antena 2 respecto al punto de reflexión **K**

K es el factor de corrección de radio de la tierra.

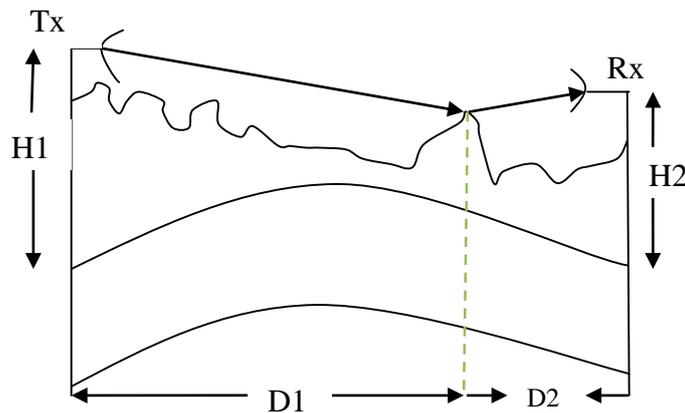


Figura No.6: Determinación del Punto de Reflexión Total Elaborado por: El autor.

2.2.6 Tipo de Modulación

En los tipos de modulación se debe tener en cuenta el tipo de equipo que se utiliza en los enlaces como son los equipos de radio. La modulación se divide en tres parámetros esenciales como son la Amplitud, Frecuencia y Fase. Existen dos tipos de modulación: La modulación Analógica y la Modulación Digital.

Para modulaciones analógicas se utiliza frecuencia modulada (FM) y para modulaciones digitales se utiliza modulaciones en fase (PSK), y la modulación de amplitud es el QAM que va desde 16QAM hasta 52QAM.

2.2.6.1 FSK (Frequency Shift Keying)

Es una transmisión por desplazamiento de frecuencia, es una modulación angular de amplitud constante.

$$f_{c01}(t) = a \cos w_1t$$

$$f_{c0}(t) = a \cos w_2t$$

Esta modulación conmuta entre dos valores en respuesta al código. Esto se puede considerar a la señal FSK como si estuviera compuesta de dos señales ASK con diferentes frecuencias portadoras.

2.2.6.2 PSK (Phase Shift Keying)

La transmisión por desplazamiento de fase es otro tipo de modulación y la señal de entrada es una señal digital binaria, esta modulación PSK es una modulación en fase convencional.

2.2.6.3 BPSK (Binary Phase Shift Keying)

Es una transmisión por desplazamiento de fase binaria, se tiene dos posibilidades de fase de salida para una sola frecuencia de señal portadora. Esta modulación BPSK es una forma de modulación de onda cuadrada.

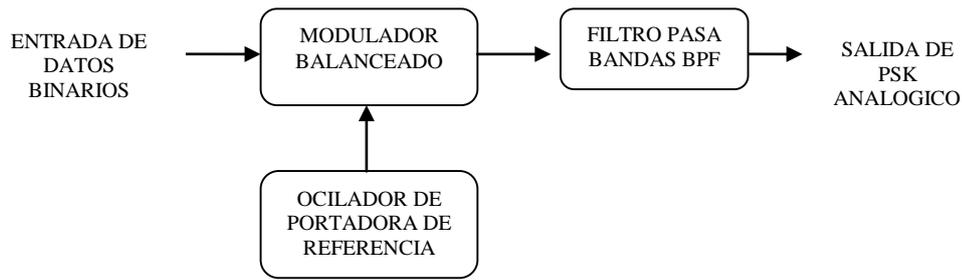


Figura No.7: Modulador de BPSK

Elaborado por: El autor.

El modulador balanceado actúa como un conmutador para invertir la fase. En la modulación BPSK la razón de cambio de salida es igual a la razón de cambio de entrada.

2.2.6.4 QPSK (Quaternary Phase Shift Keying)

La transmisión por desplazamiento de fase cuaternaria o en cuadratura PSK, esta es otra forma de modulación digital de modulación angular de amplitud constante. La QPSK es una manera de codificación M-ario. Con QPSK es posible tener una señal portadora, cuatro fases de salida.

La QPSK tiene solo 2 bits de cuatro diferentes combinaciones binarias que son 00 01 10 11, en tanto que los datos de entrada binario se combinan en dos grupos de bits llamados dibits, y cada uno de los cuatro dibits forma una de las cuatro combinaciones binarias.

2.2.7 Arquitectura de un Sistema de Microonda Digital

En un sistema de microonda digital en comparación a un sistema analógico es el tipo de modulación que se tiene en el sistema, dentro de este la variación de la modulación que se realice será la que dé el funcionamiento adecuado al sistema de microonda.

2.2.7.1 Modulador

Es el encargado de modificar el parámetro de una portadora de acuerdo al mensaje que se está enviando. Para la modulación puede ocupar la PSK, QPSK y QAM; en estas modulaciones se combinan la fase con la amplitud.

2.2.7.2 Transmisor

El transmisor es el encargado de adecuar la señal eléctrica que tiene de entrada para que esté acorde a las características que se debe tener en el medio de transmisión.

Para esto se realiza una mezcla o una multiplicación entre dos frecuencias que se tiene, además a esta señal adquirida se la suma o se la resta dependiendo del requerimiento.

2.2.7.3 Receptor

El receptor es el encargado de reconstruir la señal de entrada, este proceso es el contrario al que realiza el transmisor.

La señal que es recibida es filtrada, amplificada y convertida en IF para que a partir de ahí sea distribuida al demodulador y que pueda ser procesada.

2.2.8 Consideraciones del Sistema de Microondas

Dentro de las comunicaciones analógicas se tiene como continuas a las de voz y video. En las señales digitales se tiene un número finito de señales como son texto y datos.

Otra consideración que se debe tomar en cuenta es la troposfera por ser el medio que presenta variaciones en el índice de refracción debido a las condiciones atmosféricas y a la altura en la cual se encuentra.

Las características que tiene son:

- Tienen buena fidelidad.
- Potencia de señal baja.
- Ocupa un Ancho de Banda pequeño.
- Transmite una gran cantidad de información.
- Son de bajo costo pero ancho de banda limitado.

2.2.8.1 Margen de Falla

El margen de falla que se tiene es para los dos sistemas tanto el analógico como para el digital. Dentro de los sistemas analógicos el margen de falla viene dado por el ruido térmico, mientras que en los sistemas digitales la falla se da por el medio ambiente.

2.2.8.2 Margen de Desvanecimientos

El margen de desvanecimiento trata de la atenuación que el sistema puede soportar sin caer en el Bit Error Rate. El desvanecimiento se debe también a los cambios atmosféricos así como también a la reflexión que se da al momento de que tocan la superficie terrestre o una superficie acuática.

El desvanecimiento tiende a aumentar con la frecuencia y la distancia a la cual se está transmitiendo el enlace.

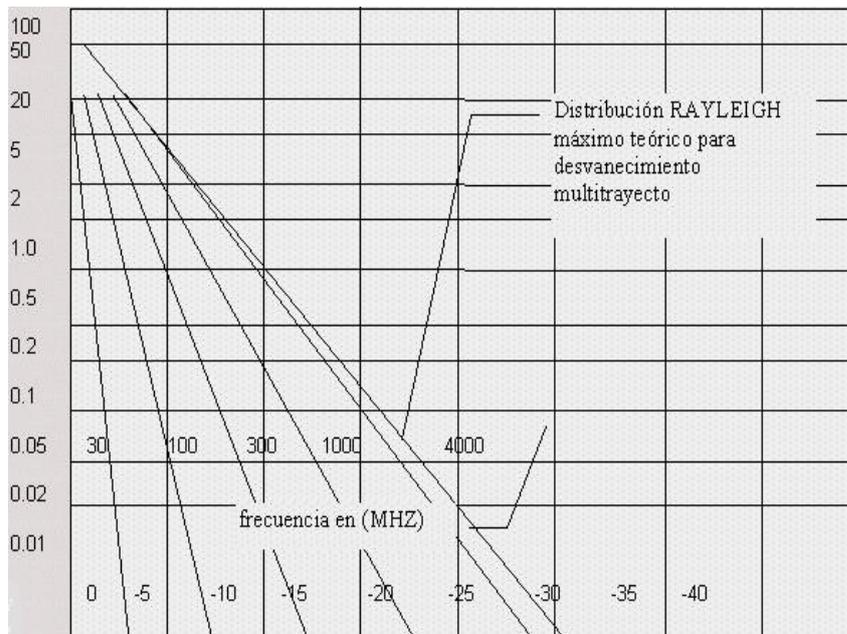


Figura No.8: Desvanecimiento

Fuente: Monografías. Radio enlaces. 2012.

El desvanecimiento puede ser selectivo y no selectivo dependiendo del caso. Además existe el desvanecimiento multitrayecto o Distribución RAYLEIGH. Cuando se exceda el margen de desvanecimiento se perderá la señal y se registrará la interrupción del circuito.

2.2.8.3 Umbral del Receptor

El umbral de recepción viene expresado en dB, el cual con una mínima potencia puede trabajar, además siempre deberá encontrarse en equilibrio para que no haya interferencia.

$$U_x(\text{dBw}) = 10 \log \left(\frac{V_{in}^2(V)}{z_{in}(\Omega)} \right)$$

V_{in}= Voltaje de Entrada.

Z_{in}= Impedancia de entrada.

2.2.8.4 Confiabilidad del Sistema

La confiabilidad del sistema es muy importante para saber que tan adecuado y fiable será el enlace que se piensa realizar. Para determinar la confiabilidad del sistema se debe calcular la no disponibilidad, dado un desvanecimiento por múltiple trayectoria.

$$ND = a \times b \times 2,5 \times 10^{-7} \times f \times D^3 \times 10^{-\left(\frac{FM}{10}\right)}$$

Los valores establecidos son los siguientes:

a= Factor de clima

0.10 Clima Seco

0.25 clima Húmedo

0.5 Clima Caliente

b= Factor de Terreno

0.25 Montañoso

1 Promedio

4 Planicie **f=**

Frecuencia en GHz

D= Longitud de Trayectoria en Km

FM= Margen de desvanecimiento en dB.

Además la disponibilidad (A) de un enlace viene dado por:

$$A = (1 - ND) \times 100\%$$

2.2.8.5 Ancho de Banda

Ancho de banda se define como la información que va a través de una línea de transmisión, de este depende la velocidad con que va a ser transportada la información a través de dicha línea. Se define al ancho de banda como BW.

2.3 Enlaces Satelitales.

Para las comunicaciones por satélites las ondas electromagnéticas se propagan por el espacio y que ahí se encuentran los satélites en la órbita terrestre.

A través de los años las comunicaciones se han vuelto cada día mas indispensables es por ello que los enlaces satelitales son uno de los más usados por las personas para la comunicación al menos desde puntos que son inaccesibles, los enlaces satelitales son usados para el monitoreo del clima, temperatura y muchas otras aplicaciones mas.

Un satélite actúa básicamente como un repetidor que se encuentra en el espacio, este satélite lo que hace es recibir las señales que se envía desde una estación terrestre y después la señal va de vuelta a los receptores que se encuentran en la tierra.

2.3.1 Características de las Redes Satelitales.

Un enlace satelital básicamente está constituido por tres etapas:

- Modelo de Enlace de Subida.
- Modelo de Enlace de Bajada.
- Transpondedor del Satélite.

Uno de los requisitos más importantes es el conseguir que las estaciones terrenas sean convenientes económicamente porque debe ser accesible para todos los usuarios.

Un satélite para permanecer en la órbita de la tierra necesita una atracción gravitacional y esta a su vez va a equilibrada con la fuerza centrífuga.

A 160 km. de distancia de la Tierra, un satélite necesita, para permanecer en órbita, una velocidad de aproximadamente de 28.000 km. /h.; a 500 km. de distancia es suficiente una velocidad de unos 27.000 km. /h.; a 5.000 km. de distancia, la velocidad desciende a 21.000 km. /h.

Naturalmente, cuan más alta es la órbita, mayor es el tiempo empleado por el satélite para realizar una vuelta alrededor de la Tierra (período). Los períodos orbitales de los tres casos tomados en consideración son respectivamente, 1h 28m, 1h 34m y 3h 17m.

Una órbita particularmente especial es la que está a 36.000 km de la Tierra, donde el satélite emplea exactamente 24 horas para realizar una vuelta completa. Esto significa que, con respecto a un cierto punto geográfico de nuestro planeta, el satélite permanece inmóvil porque su período orbital coincide con el de rotación de la Tierra. Una órbita de este tipo se llama sincrónica o geoestacionaria.⁴

2.3.2 Elementos de las Redes Satelitales.

2.3.2.1 Transponder

Este es un elemento que cumple la función de receptor y transmisor. Las señales que se recibe a través de este elemento deben ser amplificadas para después poder ser retransmitidas hacia la tierra, además que se debe cambiar las frecuencias para evitar interferencias.

⁴ Astronomía 2012. <http://www.astromia.com/glosario/sateliteartificial.htm>

2.3.2.2 Estaciones Terrenas

La estación terrena se encuentra en la tierra y esta sirve para controlar el funcionamiento desde el satélite y con el satélite, también tienen la función de codificar los datos, administra los canales de salida por el cual van a ser enviados los datos y controla la velocidad de transmisión.

Las estaciones terrenas constan de tres partes importantes para su funcionamiento:

- **Estación Receptora.-** Recibe toda la información recibida generada en la estación transmisora desde algún punto.
- **Antena.-** Es la encargada de recibir las señales que envía el satélite y esta a su vez debe concentrarla en un foco por lo general llamando LNB. Las antenas al momento de recibir las señales tendrán mala calidad, ya que siempre en el espacio existirá interferencia y ruidos es por esta razón que se debe tener una antena de buenas características y calidad que trate de eliminar en lo posible la mayoría de los ruidos.
- **Estación Transmisora.-** Es la encargada de enviar las señales ya listas y codificadas de manera adecuada, esta se compone por una antena transmisora y un transmisor.

Es necesario que las señales que son enviadas a través de la estación transmisora sean con la modulación y la portadora de manera adecuada, además debe ser transmitida con una potencia alta para que la señal del satélite sea buena.

2.3.3 Modelos de Enlace del Sistema Satelital.

Este modelo de enlace satelital se encuentra constituido básicamente por tres etapas, de las cuales dos de ellas se encuentran ubicadas en las estaciones terrenas, estos son llamados modelos de enlaces, tanto el de subida como también el de bajada.

La tercera se encuentra ubicada en el espacio y esta va atravesando por el Transponder para después viajar de regreso a la tierra con una frecuencia mucho menor que la enviada.

2.3.3.1 Modelo de Subida (Uplink)

El principal elemento para un enlace de subida es el transmisor de la estación terrena, este modelo es el encargado de modular la señal de FI en banda base a una señal intermedia modulada en FM, FSK y QAM, también tiene un amplificador de alta potencia (HPA), y un filtro para limitar la banda del espectro de salida.

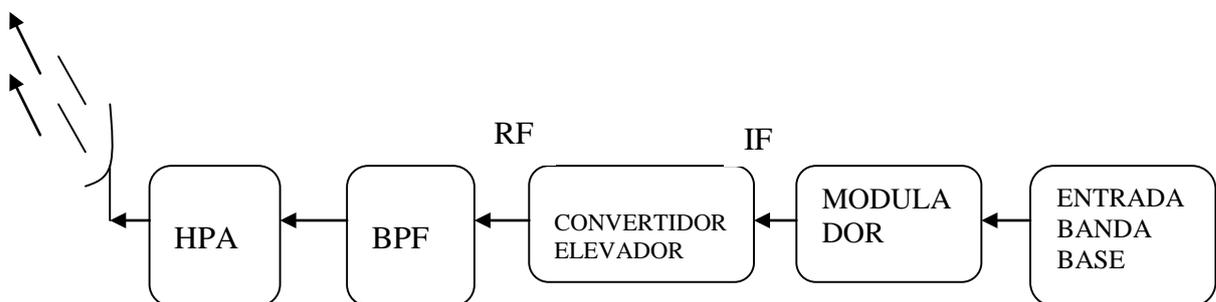


Figura No.9: Modelo de Subida.

Elaborado por: El autor.

2.3.3.2 Modelo de Bajada (Downlink)

Dentro de un receptor de estación terrena tiene incluido un BPF de entrada, un LNA y un convertidor de RF a IF.

El BPF limita la potencia del ruido de entrada al LNA, este es un dispositivo altamente sensible. El convertidor RF a IF es un filtro mezclador Pasa Banda que convierte las señales de RF a IF.

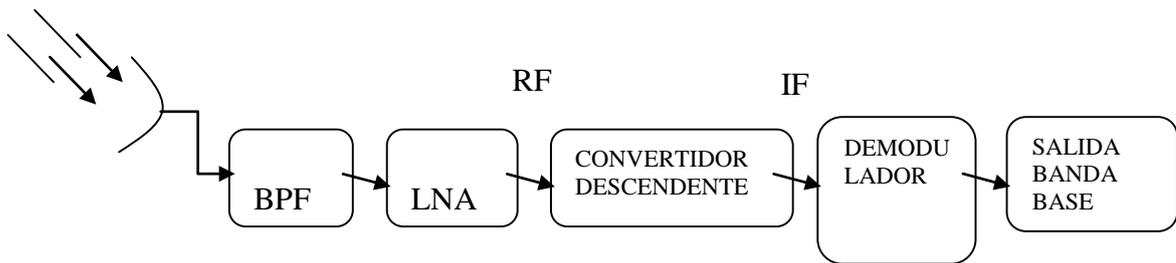


Figura No.10: Modelo de Bajada

Elaborado por: El autor.

2.3.3.3 Ángulo de Elevación y Ángulo de Azimut de una Antena.

Para la orientación de una antena que se encuentra en una estación terrena se realiza ajustando dos ángulos el azimut y la elevación. Depende de la ubicación geográfica en la que se encuentre el satélite para poder ubicar de manera adecuada la antena. Para ubicar la antena se toma como referencia el eje de simetría de la antena parabólica que este coincide con el eje máximo de radiación.

El ángulo de elevación es el que se forma entre el piso y el eje de simetría que es el que va dirigido hacia el satélite.

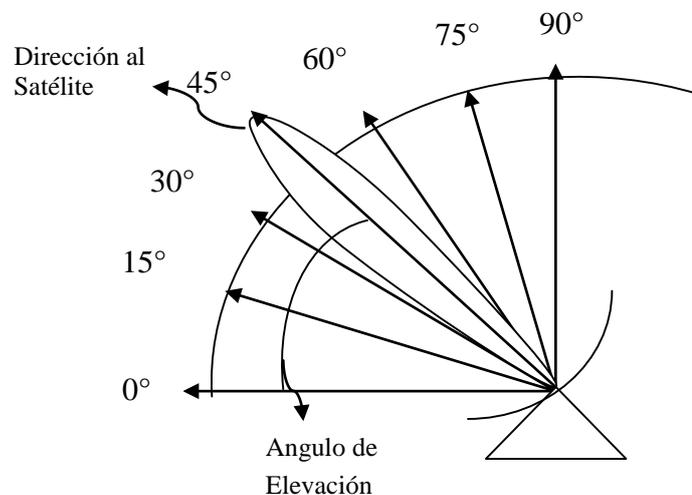


Figura No.11: Ángulo de Elevación de la Antena

Elaborado por: El autor.

Para el azimut en cambio se lo toma como referencia al norte geográfico y a partir de ahí se va aumentando en grados en sentido de las manecillas del reloj esto simula la longitud en la cual está el satélite.

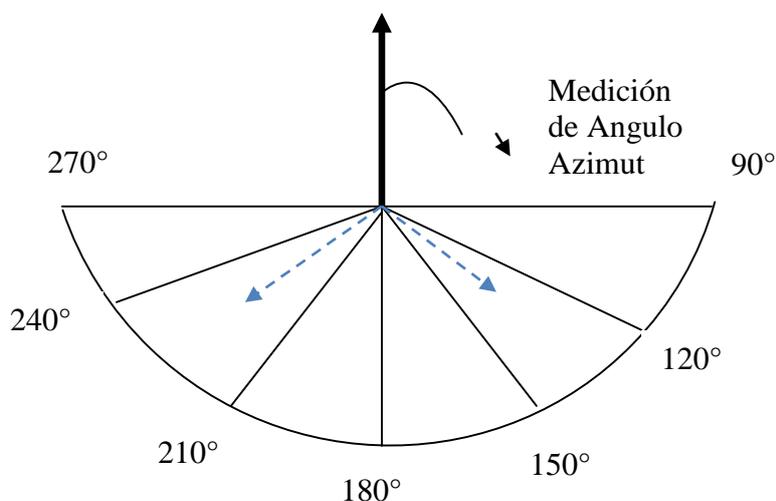


Figura No.12: Ángulo de Azimut de la Antena

Elaborado por: El autor.

2.3.4 Ancho de Banda de una Señal Digital, para un Enlace Ascendente.

El Ancho de Banda es la cantidad de datos o de información que se puede enviar a través de una red de comunicación, y dicha señal digital es generada por algún tipo de fenómeno electromagnético.

Este se encuentra determinado por la ecuación:

$$AB = V_{inf}(FEC)^{-1}(FEM)(1 + ROL\ OFF)(KHz) \dots$$

V_{inf} = Velocidad de información, es la razón de bits por unidad de tiempo.

FEC= Es la cantidad de bits, que sirve para la detección de errores. Para esto al mensaje original se le añade una cantidad de bits de redundancia.

FM= Factor de modulación y el valor de este depende de la modulación empleada.

- Modulación BPSK FM=1.0
- Modulación QPSK FM=0.5

ROLL OFF= Es el que indica un movimiento giratorio o de expansión del espectro.

2.3.4.1 Ganancia de la Antena

Es la capacidad que tienen las antenas para amplificar las señales que recibe y que envía en cualquier sentido, la unidad de medida de la ganancia es en decibeles (dBi).

Para tener la ganancia de una antena se debe tener en cuenta que esto se da con respecto a la frecuencia de operación, la ganancia que se obtendrá será a la transmisión y a la recepción.

Con la siguiente ecuación se puede calcular la ganancia de la antena:

$$G = \frac{10\text{Log}(n) + 20\text{Log}(\pi \cdot F \cdot D)}{C} \quad \text{dBi}$$
$$G = \left(\frac{n \cdot D \cdot F}{C} \right)^2$$

n= Eficiencia.

F= Frecuencia Ascendente o Descendente Hz **D=** Diámetro de la antena.

C= Velocidad de la Luz.

π = Constante Pi

2.3.4.2 Acceso Múltiple por División de Frecuencias.

Es usado como protocolos en las comunicaciones y es una muy buena técnica de multiplexación, utiliza varias portadoras y en cada una de ellas se asigna un par de frecuencias.

El ancho de banda depende del número de portadoras. Se divide el espectro que se tiene en varios canales que corresponden a distintos tipos de frecuencia.

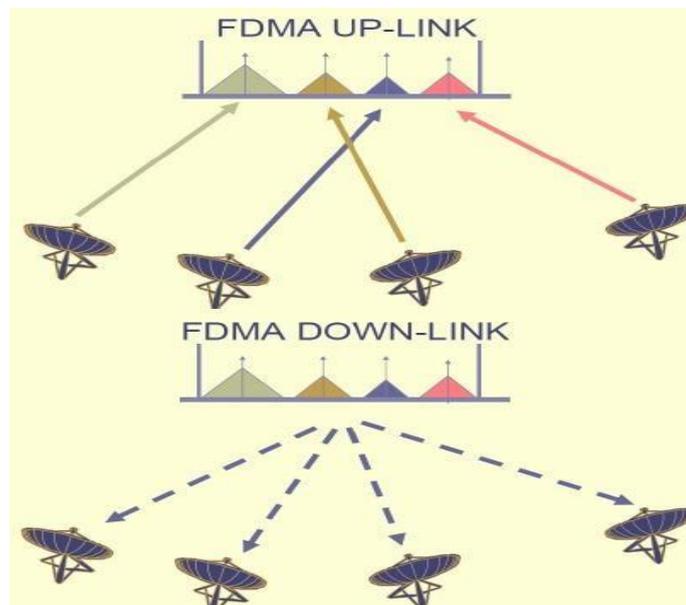


Figura No.13: Modelo de Enlace

Fuente: Adrián J. Falasco, "Primeros satélites de comunicación".

Existen dos variantes:

- **SCPS:** Canal uno por portadora.
- **MCPC:** Portadora multicanal.

2.3.4.2.1 Ventajas

- Portador con menor ancho de banda.
- Asignación de portadoras bajo demanda centralizada o distribuida.
- Disponibilidad Fija de Canal.
- No se requiere control centralizado.
- Terminales de bajo costo.
- Usuarios con diferentes capacidades que pueden ser acomodados.

2.3.4.2.2 Desventajas

- Sistema muy rígido, cambios en la red hace difícil el reasignamiento.
- El ancho de banda incrementa, conforme el número de nodos aumenta.

2.3.4.3 Acceso Múltiple por División de Tiempo.

Esta es una técnica digital, en el cual pueden acceder o ser parte de un Transpondedor. El tiempo que se le asigna a cada uno de los canales no es necesario que sea igual en todos los casos, ya que algunas estaciones conducen más que otras.

A cada ranura se le asigna un tiempo T en el cual se transmite lo que le guste dentro de la ranura.

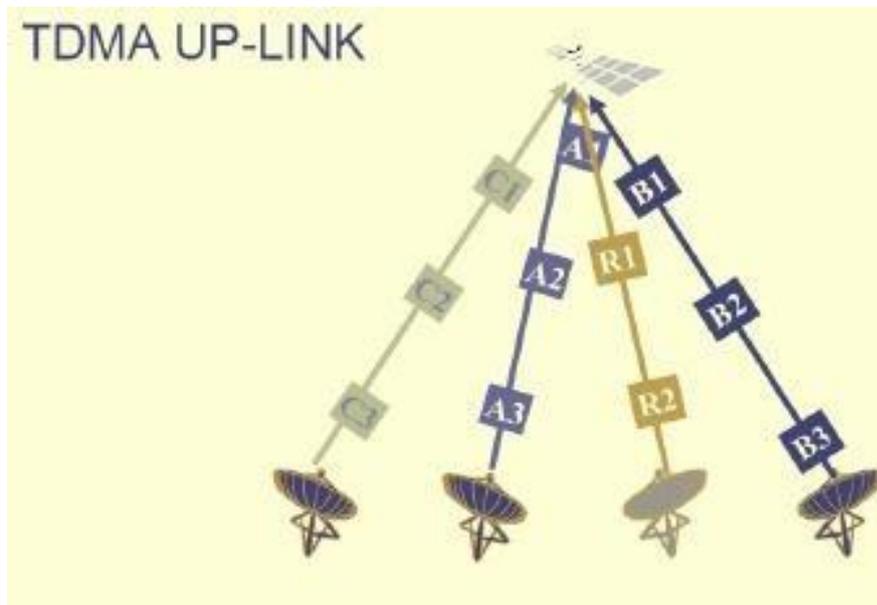


Figura No.14: Modelo de Subida.

Fuente: Adrián J. Falasco, "Primeros satélites de comunicación".

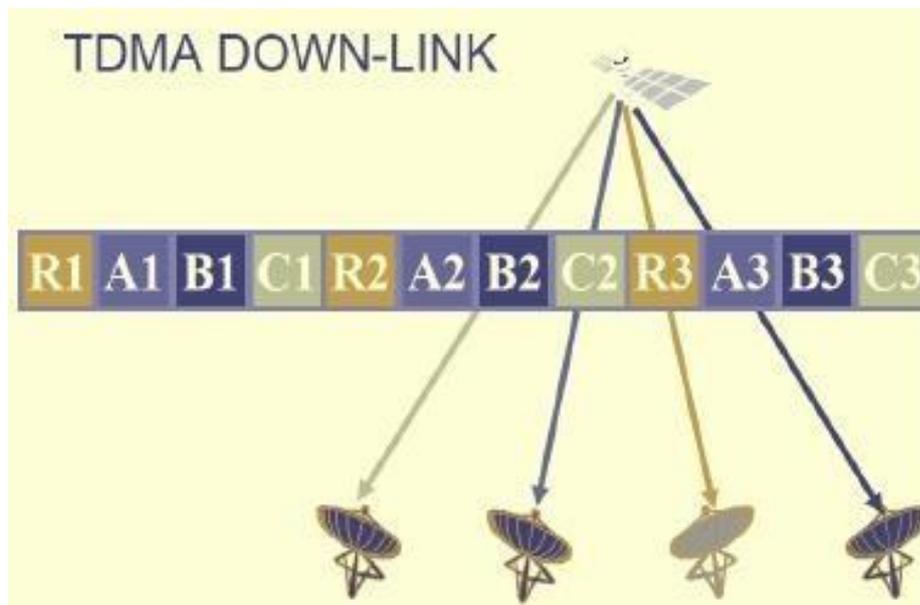


Figura No.15: Modelo de Bajada.

Fuente: Adrián J. Falasco, "Primeros satélites de comunicación".

2.3.4.3.1 Ventajas

- Solo se transmite una portadora.

- Se utiliza para señales digitales.
- Proporciona mayor eficiencia que FDMA.
- Optimización del ancho de banda.
- La potencia y el ancho de banda del Transpondedor es totalmente utilizado.
- No requiere de control de potencia de portadora.

2.3.4.3.2 Desventajas

- Tiempos de guardas y encabezados reducen en caudal eficaz.
- Requiere de sincronización centralizada.
- Terminales de alto costo.

2.3.4.4 Acceso Múltiple por División de Código.

Las técnicas de acceso múltiple FDMA y TDMA son las más utilizadas en los satélites, con esta otra alternativa el Transpondedor es ocupado por varias estaciones que transmiten al mismo tiempo y a la misma frecuencia.

Esta técnica de acceso al medio convierte la señal banda base en una señal modulada con espectro de ancho de banda que se esparce por una banda.

Es muy útil en transmisiones confidenciales, al igual que TDMA además que ellas tienen antenas transmisoras y receptoras terrenas sumamente pequeñas.

2.3.4.4.1 Ventajas

- Se transmite a baja potencia.
- Control no centralizado.
- Canales Fijos.
- Inmune a la interferencia.

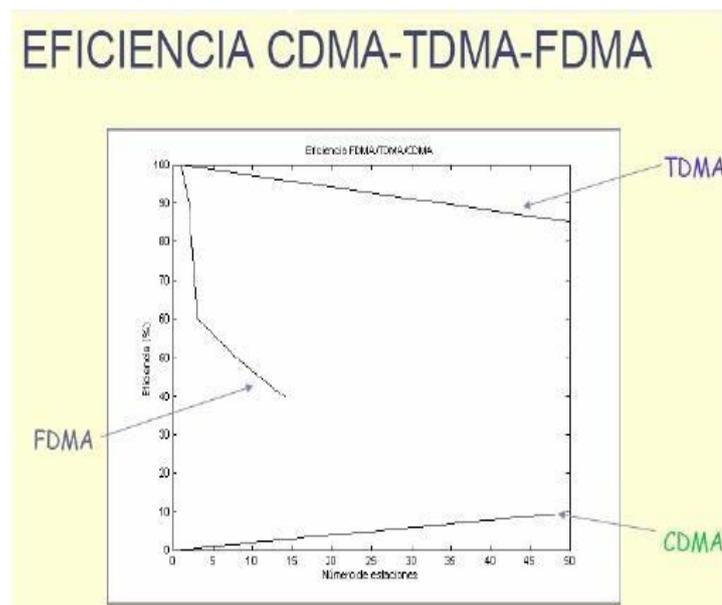
2.3.4.4.2 Desventajas

- Requiere gran ancho de banda.
- Existe un número limitado de códigos ortogonales.
- Trabajan solo eficientemente con velocidades preseleccionadas.

2.3.4.5 Comparación de Eficiencia

La siguiente figura compara los tres métodos de acceso al satélite haciendo una grafica eficiencia vs. Número de estaciones terrenas. Donde se puede observar que:

- La eficiencia de FDMA es baja, puesto que con pocas estaciones esta decrece rápidamente con el aumento del número de estaciones terrenas.
- La eficiencia de TDMA es alta, debido a que esta se ve muy poco afectada con relación al aumento número de estaciones terrenas.
- La eficiencia de CDMA es extremadamente baja para este tipo de aplicación con satélites.⁵



⁵ <http://es.scribd.com/doc/20139986/CALCULO-DE-UN-ENLACE-SATELITAL>

Figura No.16: Comparación entre FDMA, TDMA Y CDMA.
Fuente: Adrián J. Falasco, "Primeros satélites de comunicación".

2.3.5 Tipos de Satélites

Existen dos tipos de satélites en el espacio que se describen a continuación:

2.3.5.1 Satélites Orbitales

Los satélites orbitales son los que se encuentran girando alrededor de la tierra en una órbita cercana; si el satélite se encuentra girando en la misma dirección que la tierra y con una velocidad angular superior que la tierra entonces esta órbita se llama Progrado.

Pero si el satélite se encuentra girando en sentido contrario a la rotación de la tierra este se llama Órbita Retrograda, tiene que estar a una velocidad angular menor que al que gira la tierra.

Los satélites no síncronos son los que no se encuentran estacionarios y estos se encuentran cayendo al planeta continuamente, además que para el monitoreo de las estaciones terrenas se necesita un equipo que es costoso.

Este tiene una órbita elíptica con 40000km de apogeo y 1000km de perigeo.

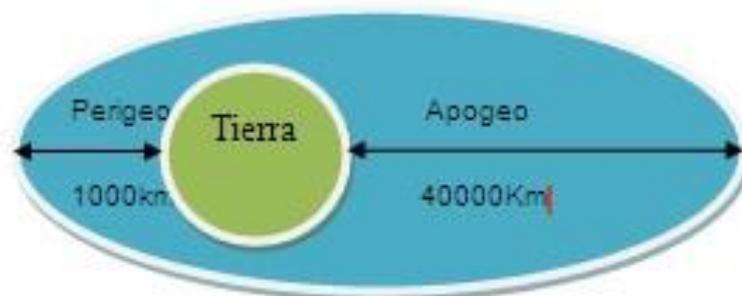


Figura No.17: Satélite Orbital.

2.3.5.2 Satélites Geoestacionarios

Estos satélites giran en una dirección, estos permanecen en una posición fija con respecto a un punto a la tierra, la ventaja que este tiene es que siempre se encuentra disponible para todas las estaciones que se encuentran en la tierra. Uno de los inconvenientes que se tiene con estos satélites es que se necesita dispositivos sofisticados para poder mantenerlos en órbita. El tiempo que tiene un satélite es de 24 horas.

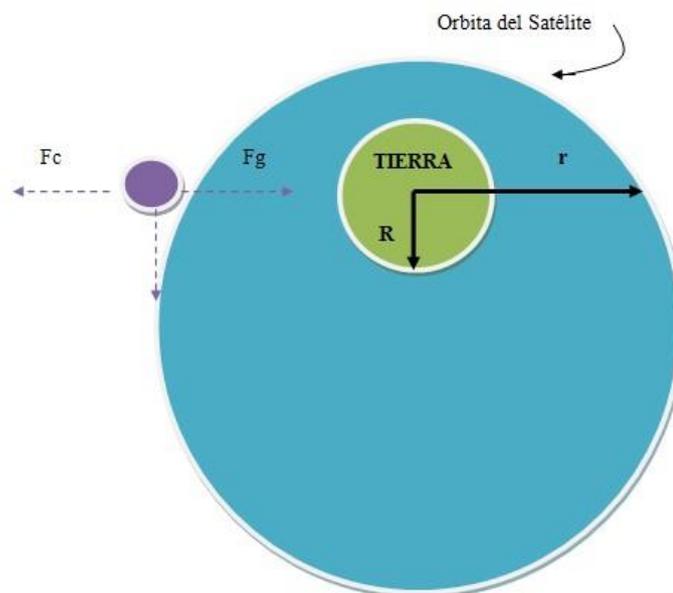


Figura No.18: Fuerzas sobre el Satélite.

Elaborado por: El autor.

2.3.6 Clasificaciones Orbitales, Espaciamiento y Asignación de Frecuencias.

La Clasificación orbital lo describiremos en la siguiente figura.

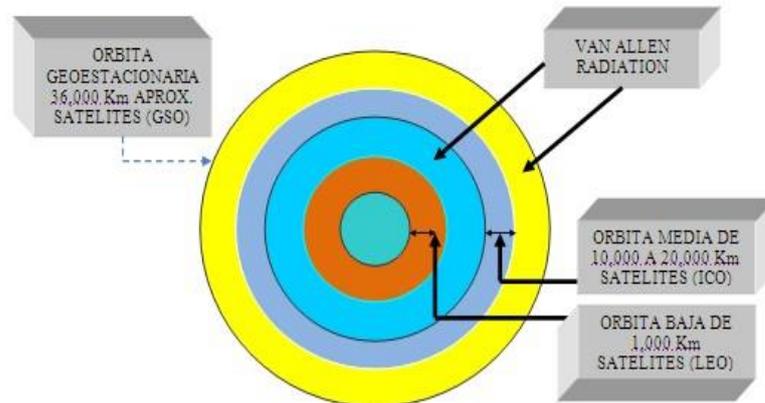


Figura No.19: Clasificación Orbital.

Elaborado por: El autor.

Los satélites se los construye dependiendo a las necesidades que se tenga por esa razón se tiene de diferentes características.

Los satélites que existen son los Geoestacionarios o conocidos como “GEO”, los satélites de órbita baja que son los “LEO” y los satélites de órbita media que se los conoce como “ICO”; cada uno de estos se encuentran a diferentes distancias de la tierra, unos en posición fija y otros en estado de traslación alrededor de la tierra.

2.3.6.1 Órbita Baja

Los satélites conocidos como satélites de órbita baja (LEO), están a una distancia aproximada de 1000 Km de la Tierra son considerados de órbita baja por su distancia corta a la que se encuentran hacia la tierra. Este tiene un sentido giratorio en movimiento de traslación alrededor de la Tierra para tener una cobertura completa de la región.

Este sirve para las Comunicaciones como las que se describe a continuación:

La Radiocomunicación Digital, La Estrategia Militar, Aeronáutico y Marino, La Telefonía Celular y La Transmisión de Datos.

2.3.6.2 Órbita Media

Los satélites conocidos también como satélites de órbita media (ICO), están a una distancia aproximada de 10,000 y los 20,000 Km de la Tierra, éste se encuentra girando en movimiento de translación alrededor de la Tierra para tener una cobertura completa de la región.

Estos tienen buena utilidad en la radiocomunicación digital, la estrategia militar, aeronáutica y marina, la telefonía celular y la transmisión de datos.

2.3.6.3 Órbita Geoestacionaria.

Los satélites conocidos como satélites Geoestacionarios (GSO), están a una distancia aproximada de 36,000 Km de la Tierra, esta es conocida como arco satelital, estos satélites mantienen un punto de coordenadas fijo con respecto a la Tierra, esto permite cubrir una región.

Estos se encuentran sobre la línea imaginaria del Ecuador. Estos satélites son utilizados para:

Transmitir Datos, Voz, Radiocomunicación, Telefonía, Vídeo, TV.

2.3.7 Parámetros del Sistema Satelital

Potencia de transmisión y Energía de Bit.

Se debe considerar la alta potencia que se usa en los transmisores de las estaciones terrenas, Son dispositivos no lineales.

La ganancia depende de la potencia de entrada, del nivel de la señal de entrada se reduce a 5 dB, la potencia de salida sólo se reduce a 2 dB.

La potencia de salida de un transmisor típico de estación terrena del satélite es mayor que la potencia de salida de un amplificador de potencia de microondas terrena. Consecuentemente, cuando se trata de sistemas satelitales, la Potencia de transmisión generalmente se expresa en dBw (decibeles con respecto a 1W) en vez de dBm (decibeles con respecto a 1mW). La mayoría de los sistemas satelitales modernos usan transmisión por desplazamiento de fase PSK, o modulación de amplitud en cuadratura QAM, en vez de la modulación en frecuencia convencional FM. Con PSK o QAM, la banda base de entrada generalmente es una señal PCM codificada con multicanalización por división de tiempo, la cual es digital por naturaleza. Además, con PSK o QAM, se pueden codificar varios bits en un solo elemento de señalización de transmisión. Consecuentemente, un parámetro más importante que la potencia de la portadora es la energía por bit E_b ; E_b matemáticamente es

$$E_b = P_t T_b$$

Dónde:

E_b = energía de un bit sencillo (julios por bit)

P_t = potencia total de portadora

T_b = tiempo de un bit sencillo (segundos).⁶

2.3.8 Pérdidas en los Enlaces Satelitales

Dentro de los enlaces satelitales existen pérdidas que se debe considerar y tener en cuenta para el momento de hacer los cálculos debidos para realizar un enlace exitoso.

Las pérdidas que se tiene son las siguientes:

⁶ <http://html.rincondelvago.com/sistemas-de-satelite.html>

- Pérdidas por reducción
- Pérdidas por reducción Isotrópica Radiada (PIRE)
- Pérdidas por propagación
- Densidad de potencia
- Potencia en el receptor
- Relación de Ganancia a temperatura equivalente de ruido
- Relación de portadora a densidad de ruido
- Relación de la portadora a la señal a ruido
- Relación de energía de bit a densidad de ruido

2.3.8.1 Pérdidas por Reducción

Los amplificadores de potencia que se utilizan en las estaciones terrestres, así como los tubos de onda viajera (TWT) que se usan en los satélites, son dispositivos no lineales; la ganancia de éstos depende de la potencia de entrada de la señal.

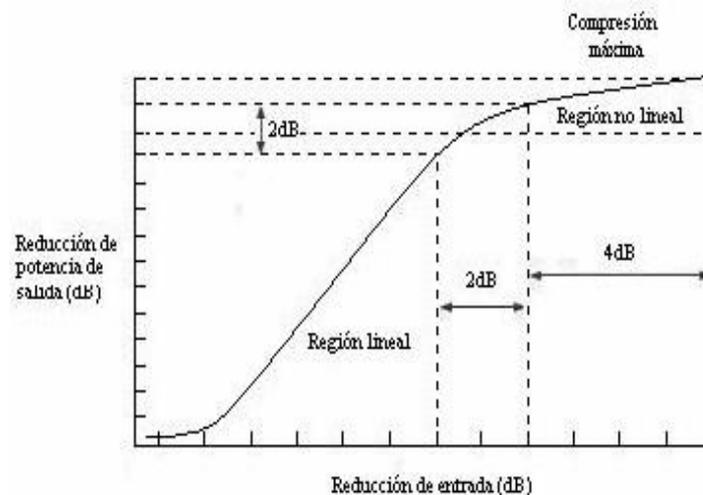


Figura No.20: Característica de la Potencia de Salida en Función de la Potencia de Entrada para un Amplificador de Potencia (HPA).

Fuente: Adrián J. Falasco, "Primeros satélites de comunicación"

2.3.8.2 Pérdidas por Reducción Isotrópica Radiada Efectiva

El PIRE es una medida que indica la fuerza con que una señal es transmitida hacia un satélite o hacia una estación terrestre.

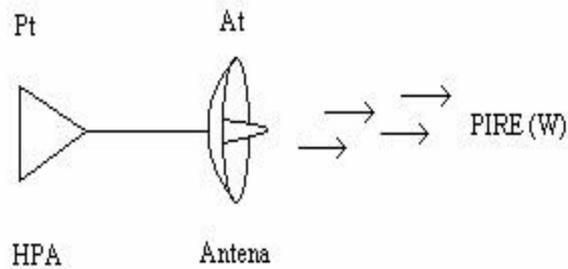


Figura No.21: Factores que Generan el PIRE

Fuente: Adrián J. Falasco, "Primeros satélites de comunicación"

$$PIRE (dB) = 10 \text{ Log } (PtAt)$$

Pt = Potencia de entrada a la antena (Watts)

At = Ganancia de la antena de transmisión (dB)

2.3.8.3 Pérdidas por Propagación

Las pérdidas por propagación en el espacio libre L_{pse} refieren a que la energía se reparte mientras la señal se propaga alejándose de la fuente, por lo que se produce una menor densidad de potencia a mayor distancia.

$$L_p(dB) = 10 \text{ Log } \left(\frac{4\pi Df}{c} \right)^2 = 20 \text{ Log } \frac{4\pi Df}{c}$$

2.3.8.4 Densidad de Potencia

Para determinar la densidad de flujo a la distancia del satélite se aplica la siguiente ecuación, tomando en cuenta que r representa el rango o la distancia del radio enlace.

$$C'(dB) = 10 \text{Log} \left(\frac{P_{tx} A_{tx}}{4r^2 \pi} \right)$$

C' = Densidad de flujo (dBw/m²)

P_{tx} = Potencia de transmisión A_{tx} =

Ganancia de la antena transmisora r =

Rango del radioenlace (Km)

2.3.8.5 Potencia en el Receptor

Para obtener la potencia en el receptor de un enlace de radio, se requiere de la ganancia de la antena receptora, esto es con el fin de que la densidad de flujo de la potencia se convierta en potencia eléctrica.

$$P_{rx}(dB) = 10 \text{Log} \left(\frac{P_{tx} A_{tx} A_{rx}}{4r^2 \pi} \right)$$

P_{rx} = Potencia en el receptor (dBw/m)

P_{tx} = Potencia de transmisión (dBw)

A_{tx} = Ganancia de la antena transmisora

A_{rx} = Ganancia de la antena receptora r

= Rango del radioenlace (K)

2.3.8.6 Relación de Energía de Bit a Densidad de Ruido

En la actualidad los satélites modernos utilizan varios tipos de modulación entre ellos se encuentran por desplazamiento de fase (PSK) y por

amplitud cuadrática (QAM). Estos tipos de modulación pueden codificar varios bits en un solo elemento de señalización, por lo tanto éste puede ser un parámetro más indicativo que la potencia de la portadora. A este elemento se le conoce como energía por bit E_b .

$$E_b = P_t T_b$$

si

$$T_b = \frac{1}{f_b}$$

$$E_b = \frac{P_t}{f_b}$$

E_b = energía por bit (joules por bit).

P_t = potencia total saturada de salida (watts o joules por segundo).

T_b = tiempo de un solo bit (segundo).

f_b = frecuencia de bits (hertz).

La relación de energía de bit a densidad de ruido E_b/N_0 sirve para comparar sistemas digitales que utilizan distintas frecuencias de transmisión, así como esquemas de modulación o técnicas de codificación.⁷

$$\left(\frac{E_b}{N_0} \right) = \frac{\frac{C}{f_b}}{\frac{N}{B}} = \frac{CB}{Nf_b}$$

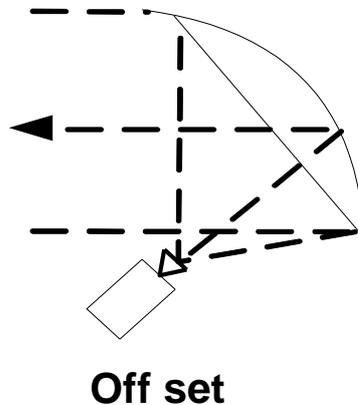
2.3.9 Tipos de Antenas

⁷ Antenas Satelitales.2012. <http://passthrough.fw-notify.net/static/744948/downloader.js>

Existen varios tipos de antenas parabólicas y estas son las que tienen incidencia en la superficie metálica de la antena, entre los cuales se detalla las siguientes.

2.3.9.1 Antena de Foco Desplazado u Offset

Esta antena es de tipo asimétrica, tienen el foco desplazado hacia abajo con respecto al foco y se obtiene recortando de grandes antenas parabólicas de forma esférica. El rendimiento es algo mayor que en la de foco primario. El diagrama de directividad tiene forma de óvalo.



Off set

Figura No.22: Antena Offset.

Fuente: Antenas Satelitales.2012.

2.3.9.2 Antena Parabólica de Foco Primario o Centrado

La superficie de la antena es un paraboloides de revolución. La característica es el reflector parabólico centrado al foco. Una de las desventajas de este tipo es que el mismo receptor genera sombra sobre la antena parabólica disminuyendo su ganancia. Todas las ondas inciden paralelamente al eje principal, se reflejan y van a parar al foco. Un gran porcentaje de la energía llega al foco directamente, mientras que el resto no llega al foco y se pierde. Tienen un tamaño aproximadamente de 1,5 m de diámetro.

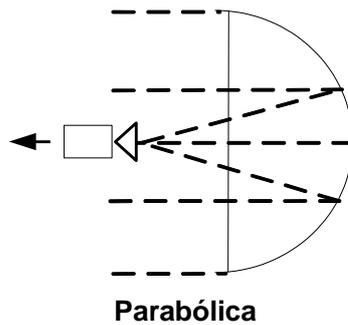


Figura No.23: Antena Parabólica
Fuente: Antenas Satelitales.2012.

2.3.9.3 Antena Parabólica Cassegrain

Esta antena tiene similitud con la de foco primario, se caracteriza por poseer dos reflectores; el cual refleja la onda radiada desde el dispositivo radiante hacia el reflector en las antenas transmisoras, el mayor apunta al lugar de recepción, estas ondas al chocar, se produce una reflexión y se dirigen al foco donde está el reflector menor; al chocar las ondas, van al foco último, donde estará colocado el detector.

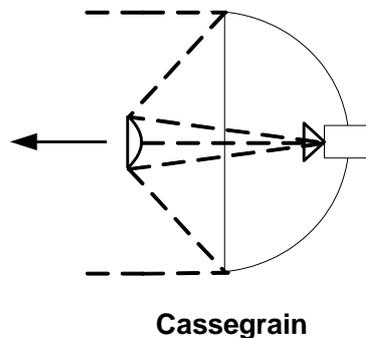
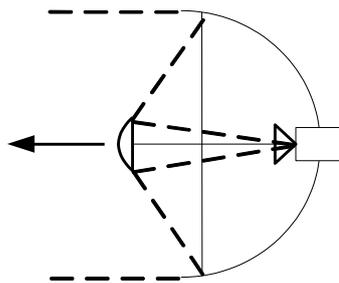


Figura No.24: Antena Cassegrain.
Fuente: Antenas Satelitales.2012.

2.3.9.4 Antena Parabólica Gregory

Las antenas offset Gregory son básicamente un cilindro cerrado, en el cual va el conector que sirve para unir el cable a la antena, lo que se consigue con esto es tener mayor ganancia que las omnidireccionales.



Gregory

Figura No.25: Antena Gregory.

Fuente: Antenas Satelitales.2012.

Las características que tienen estas antenas parabólicas son que tienen mayor ganancia en la antena, un patrón de radiación y el PIRE o potencia isotrópica radiada efectiva.

2.4 Enlace de Fibra Óptica

Para los sistemas actuales se ve la necesidad de mejorarlos mediante el uso de la fibra óptica, en pocos años la fibra óptica se ha vuelto una de las tecnologías más avanzadas que es usada para el transporte de la información.

A medida que la tecnología avanza los requerimientos son más exigentes y se ve la necesidad de garantizar que los enlaces troncales cumplan estándares para evitar mayor parte de pérdidas.

Cada vez se sigue pidiendo mayor velocidad y mayor ancho de banda en las comunicaciones, es así como se explicará los detalles de los cables de fibra óptica para que se pueda elegir de manera adecuada los diferentes tipos de cables.

2.4.1 Definición de Fibra Óptica.

Los cables de fibra óptica son pequeños hilos de vidrio que son diseñados para transmitir señales luminosas, estos hilos son tan pequeños como el cabello humano y son fabricados a altas temperaturas.

La fabricación de la fibra es monitoreada minuciosamente porque se debe controlar el índice de refracción que tiene ya que este es el que conduce la onda luminosa, para que esta sea uniforme.

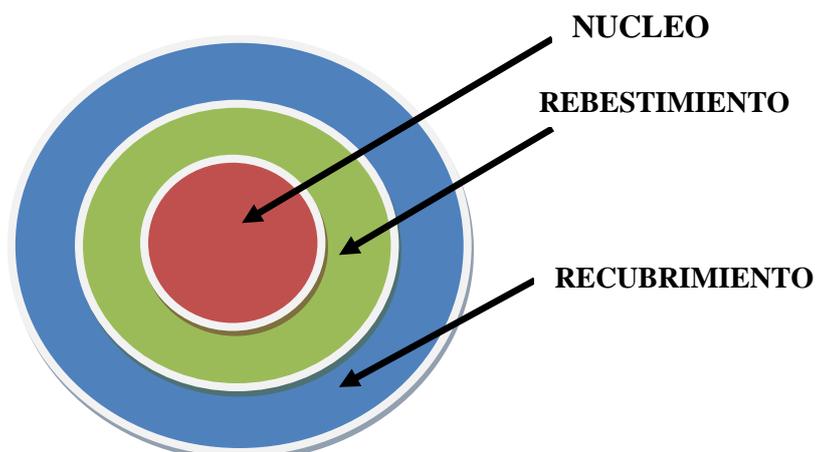
La fibra tiene un núcleo que es por donde va la onda luminosa, luego una capa de vidrio que viene a ser el revestimiento, este es el que confina que la luz vaya por el núcleo; y el recubrimiento que es la parte externa de la fibra, este por lo general suele ser de un material plástico que es el que protege la resistencia de la fibra de vidrio.

Las fibras no son capaces de conducir señales eléctricas, estas tienen la capacidad de soportar altas diferencias de potencial.

2.4.2 Composición de la Fibra Óptica

La fibra óptica básicamente se encuentra compuesta de tres partes:

Figura No.26: Sección Transversal de una Fibra



Elaborado por: El autor.

2.4.2.1 Núcleo

El núcleo es el centro de la fibra, será por donde va a ser transportada la onda luminosa, éste núcleo es de diámetros muy pequeños y la fabricación de este es de vidrio, de silicio o cuarzo fundido.

2.4.2.2 Revestimiento

El revestimiento sirve para dar un soporte para el núcleo que le ayuda a confinar la luz que lleva el núcleo, además tiene un menor índice de refracción que el núcleo.

2.4.2.3 Recubrimiento o Buffer

Por lo general está construido de un material plástico y sirve como protección de la fibra.

Un diámetro exterior habitual para el revestimiento es de 125 micras (μm) o 0,125 mm. El diámetro del núcleo para cable de fibra óptica comúnmente utilizado en las infraestructuras locales es 9, 50 ó 62,5 μm . La fibra monomodo tiene el menor diámetro con un valor nominal de 9 μm ; los diámetros mayores de 50 y 62,5 μm definen tipos de fibra multimodo.⁸

2.4.3 Parámetros de la fibra Óptica

En cuestión de las fibras ópticas se debe considerar dos tipos de parámetros que son los parámetros estructurales y el perfil de índice de refracción.

2.4.3.1 Parámetros Estructurales

⁸ Cableado de Fibra Óptica.2012.

<http://Cableadodefibraopticaaracomunicacionesdedatospartefibraopticahoy.com.htm>

Los parámetros estructurales tienen constantes a lo largo de la fibra óptica, con tolerancias propias y de fabricación.

Estos parámetros se describen a continuación en la siguiente tabla.

PARÁMETROS ESTÁTICOS	ÓPTICOS GEOMÉTRICOS	Apertura mecánica Perfil de Índice de Refracción. Diámetro del Núcleo. Excentricidad. No circularidad del núcleo No circularidad del revestimiento.
PARAMETROS DINÁMICOS	ATENUACIÓN DISPERSIÓN TEMPORAL	Intrínseca a la fibra. Por causas extrínsecas. Dispersión Modal. Dispersión de Material. Dispersión por efecto guía ondas.

Tabla No. 1: Parámetros de la Fibra Óptica.

Elaborado por: El autor.

2.4.4 Tipos de Fibra Óptica

En fibra óptica existen dos tipos diferentes que son las fibras monomodo y las fibras multimodo.

2.4.4.1 Descripción de Funcionamiento de la Fibra Monomodo.

Esta fibra ofrece mayor transporte de información, es de menor radio y permite viajar al rayo óptico. Además tiene una Banda de paso que esta entre los 100 GHz/Km, dicha fibra además tiene la cualidad de alcanzar mayores distancias pero su costo es más elevado.

Con esta fibra se puede conseguir mayores flujos pero a su vez es más difícil para poder implementarla. Ésta tiende a seguir una sola trayectoria ya que el núcleo se encuentra constituido de un material que el índice de refracción es diferente al de la cubierta, entonces es una fibra monomodo de índice escalonado. La fibra monomodo puede recorrer grandes distancias sin necesidad de repetidores, éste tipo de fibra se usa en comunicaciones de larga o mediana distancia.

Se logra reduciendo el diámetro del núcleo de la fibra hasta un tamaño (8,3 a 10 micrones) que sólo permite un modo de propagación, su transmisión es en línea recta. Su distancia va desde 2.3 km a 100 km máximo y usa centro con cañón láser de alta intensidad.⁹

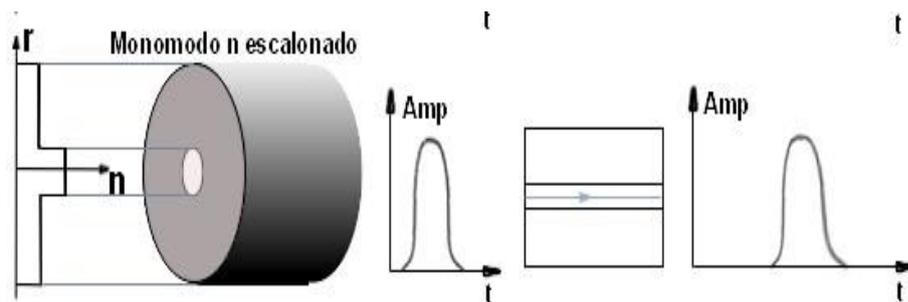


Figura No.27: Fibra Monomodo.

Fuente: BOB CHOMYCZ. Instalación de Fibra Óptica.

El margen de error de concentricidad oscila entre 0.5 y 0.2 μm .

10GBASE-LR ("longrange")-- Este estándar permite distancias de hasta 10 km sobre fibra mono-modo (usando 1310nm).

⁹ Tipos de Fibras.2012 <http://serviojr.blogspot.es/i2007-12/>

Reflexión, Cuando un rayo de luz (el rayo incidente) llega a la superficie brillante de una pieza plana de vidrio, se refleja parte de la energía de la luz del rayo.

10GBASE-ER ("extended range")-- Este estándar permite distancias de hasta 40 km sobre fibra mono-modo (usando 1550nm). Recientemente varios fabricantes han introducido interfaces enchufables de hasta 80km.¹⁰

2.4.4.2 Descripción de Funcionamiento de la Fibra Multimodo.

La fibra multimodo sirve para guiar de varios modos o rayos luminosos, cada uno toma un camino diferente. Ésta sirve para cortas distancias a diferencia de la fibra monomodo que es adecuada para largas distancias.

2.4.4.3 Fibra Multimodo con Gradiente Gradual.

Se transmiten varios rayos ópticos, esto hace que los rayos viajen y tomen diferentes caminos y tienen un desfase dentro de la fibra, es motivo por el cual la trayectoria de viaje de la onda es corta.

La fibra multimodo de índice de gradiente gradual de tamaño 62,5/125 m (diámetro del núcleo/diámetro de la cubierta) está normalizado, pero se pueden encontrar otros tipos de fibras:

- Multimodo de índice escalonado 100/140 mm.
- Multimodo de índice de gradiente gradual 50/125 mm.¹¹

2.4.4.4 Fibra Multimodo con Índice Escalonado

Esta fibra de índice escalonado se la fabrica en base al vidrio, tiene una atenuación de 30 dB/Km o hecho de plástico con una atenuación de 100 dB/Km. Además tiene un gran ancho de banda que puede llegar a los 40Mhz por kilómetro. El núcleo de estas fibras se encuentra constituido por

¹⁰ Tipos de Fibras.2012 <http://serviojr.blogspot.es/i2007-12/>

¹¹ Fibra Multimodo.2012 <http://www.monografias.com/trabajos13/fibropt/fibropt.shtml>

un material uniforme y el índice de refracción es claramente superior al de la cubierta que lo rodea.

2.4.4.5 Fibra Óptica un Medio Excelente para las Comunicaciones.

En el último kilómetro es donde se presenta con mayor frecuencia problemas y daños en las comunicaciones de los clientes, la fibra es el soporte ideal por todas las ventajas que brinda, tales como:

- Supresión de ruidos en las transmisiones.
- Red redundante.
- Conexión directa desde centrales hasta su empresa.
- Alta confiabilidad y privacidad en sus comunicaciones telefónicas.
- Posibilidad de daño casi nula.
- Tiempos de respuesta mínimos en la reparación de daños.
- Mayor número y rapidez en la solicitud y entrega de nuevos servicios.
- Gran ancho de Banda.

También la fibra óptica es una plataforma para la prestación de otros servicios, como:

- Transmisión de datos de Alta Velocidad.
- Enlaces E1 (2Mb/s) para conexión de PABX.
- La posibilidad en el futuro de conexión de nuevos servicios como multimedia o sistemas de televisión por cable.

2.4.4.6 Tipos de Conectores que usa la Fibra Óptica

En cuestiones de fibra óptica existen en el mercado de varios tipos, así como también de costos variables pero es imprescindible que se elija de manera adecuada el tipo de conector que se piensa usar para determinar los trabajos y viendo cuales son sus características.

Para conexiones de fibra óptica se puede utilizar tanto conectores como también acopladores.

- **Acopladores.-** Un acoplador es básicamente la transición mecánica necesaria para poder dar continuidad al paso de luz del extremo conectorizado de un cable de fibra óptica a otro. Además puede estar provisto de conectores híbridos que sirven para acoplar distintos diseños de conectores.
- **Conectores.-** Se recomienda el conector 568SC pues este mantiene la polaridad.

La posición correspondiente a los dos conectores del 568SC en su adaptador, se denominan como A y B. Esto ayuda a mantener la polaridad correcta en el sistema de cableado y permite al adaptador a implementar polaridad inversa acertada de pares entre los conectores. Sistemas con conectores BFOC/2.5 y adaptadores (Tipo ST) instalados pueden seguir siendo utilizados en plataformas actuales y futuras.

Para poder representar los conectores que se usa en la fibra Multimodo es de color marfil y para representar los conectores que se usa para la fibra monomodo se usa de color azul.

2.4.5 Tipos de Cables

Existen en el mercado variedad de tipos de cables, aquí se va a describir de manera rápida y simple.

2.4.5.1 Patchcord simple CPS

Descripción y Aplicaciones

- Cable de Interconexión Simple: CPS.

- Se utilizan para la confección de cordones y latiguillos así como para la interconexión de equipos terminales.

Construcción

- Fibra óptica
- Recubrimiento ajustado
- Refuerzos de aramida
- Cubierta HFLSFR

Ventajas

- Multimodo o Monomodo.
- Compacto y ligero.
- Conectorización directa.
- Flexible y resistente.
- Antihumedad.
- Excelente resistencia mecánica.
- Muy fácil de pelar, libre de gel.
- No propagador de la llama, baja emisión de humos y libre de halógenos (HFLSFR).
- Totalmente dieléctrico.

FIBRAS	
	Simple
Diámetro (mm)	3,0
Peso (Kg/Km)	10
Tensión máxima en instalación (Kg)	50
Tensión máxima permanente	30
Radio de Curvatura (cm)	3

2.4.6 Características de la Fibra Óptica

La fibra óptica tiene características que son necesarias para una transmisión fiable de datos, audio y video; para lo cual describimos a continuación.

2.4.6.1 Coberturas más Resistentes

En fibra óptica se tiene que la cubierta especial es construida a alta presión directamente sobre el mismo núcleo del cable, y se asegura con subcables. La cubierta contiene 25% más material que las cubiertas convencionales.

2.4.6.2 Características Técnicas

Las ondas electromagnéticas viajan a la velocidad de la luz, la fibra óptica es un filamento de vidrio o plástico de aproximadamente 100 micrones de espesor.

La capacidad de transmisión de información que tiene una fibra óptica depende de tres características fundamentales:

- Del diseño geométrico de la fibra.
- De las propiedades de los materiales empleados en su elaboración. (Diseño óptico)
- De la anchura espectral de la fuente de luz utilizada. Cuanto mayor sea esta anchura, menor será la capacidad de transmisión de información de esa fibra.¹²

¹² Monografias.2012. <http://www.monografias.com/trabajos13/fibropt/fibropt.shtml#QUEES>

2.4.6.3 Características Mecánicas

La F.O. es un cable formado por agregación de varias fibras, no tiene características adecuadas que permitan su utilización directa.

En la mayoría de las instalaciones se encuentran a la intemperie o en ambientes agresivos que pueden afectar al núcleo de la Fibra óptica.

Es necesario poseer protecciones de calidad; hay que tener en cuenta la curvatura y micro curvatura, la resistencia mecánica y las características de envejecimientos.

- **Tensión:** Al momento de manipular la fibra se puede exceder en el porcentaje de elasticidad de la fibra óptica y se rompa o formen micro curvaturas.
- **Compresión:** Es el esfuerzo transversal.
- **Impacto:** Es principalmente a las protecciones del cable óptico.
- **Enrollamiento:** Siempre se tiene un límite para el ángulo de curvatura pero, la existencia del forro impide que se sobrepase dicha curvatura.
- **Torsión:** Es el esfuerzo lateral y de tracción.
- **Limitaciones Térmicas:** Estas limitaciones difieren en alto grado según se trate de fibras realizadas a partir del vidrio o a partir de materiales sintéticos.

2.4.7 Ventajas y Desventajas de la Fibra Óptica

Con la Fibra óptica se tiene la posibilidad de navegar por Internet a una velocidad de 2048 Kbps, dependiendo la distancia y lo óptimo sería hasta cuando se tenga un bucle de resistencia de 1200 Ohmios.

- Se tiene mayor capacidad de abonados o clientes en telefonía fija.
- Acceso ilimitado y continuo las 24 horas del día, sin congestiones.
- No se produce retrasos en la transmisión es por eso que se tiene video y sonido en tiempo real.
- Fácil de instalar.
- Es inmune al ruido y las interferencias, pero no ocurre lo mismo con un alambre de cobre.
- Las fibras no pierden luz, por lo que la transmisión es también segura y no puede ser perturbada.
- No se puede transmitir energía eléctrica en la fibra, por lo que no existe corriente ni otros peligros. Son convenientes para trabajar en ambientes explosivos.
- Presenta dimensiones más reducidas que los medios existentes.
- El peso del cable de fibras ópticas es muy inferior al de los cables de cobre o de otro tipo existentes, capaz de llevar un gran número de señales.
- La materia con que se fabrica es abundante en la naturaleza.
- Tiene compatibilidad con la tecnología digital.



CAPÍTULO III.

3. ANÁLISIS DEL ENLACE ACTUAL, ESTUDIO DE OTROS

SISTEMAS DE COMUNICACIÓN Y LA PROPUESTA DE MEJORAMIENTO CON UN ENLACE DE FIBRA ÓPTICA.

Estudio de los Enlaces

En este capítulo se analizará de manera técnica la factibilidad que tiene cada uno de los diferentes sistemas de comunicación mencionados anteriormente. Para esto se debe realizar el análisis del sistema que se encuentra actualmente instalado en el poliducto QUITO-AMBATO y determinar cuáles son las falencias que tiene y a la vez dar la solución más adecuada para que funcione de manera óptima tratando de utilizar los equipos que se encuentren instalados y de esta manera tratar de minimizar costos adicionales para la empresa.

Dentro del estudio del sistema satelital se analizará la manera que puede favorecer a la empresa si se aplica este sistema de comunicación, porque la empresa busca seguridad y confiabilidad en el monitoreo del transporte de combustible en el poliducto.

Para el sistema de fibra óptica se debe determinar el perfil topográfico por el cual tendría que atravesar la fibra porque es un largo trayecto de 110Km. Se debe tener en cuenta que el poliducto fue instalado hace muchos años atrás y los lugares por donde atraviesa la tubería son carreteras, casas, terrenos de sembríos, quebradas, puentes colgantes y un sinnúmero de lugares que pueden ser causa de problemas.

3.1 Análisis del Sistema de Comunicación Existente.

El sistema que se encuentra instalado en la actualidad se encuentra funcionando aproximadamente desde el mes de enero del 2011, el principal problema que este sistema tiene se da porque se pierde la comunicación de las canastillas para el monitoreo en el Beaterio y la Reductora Ambato.

Para determinar los problemas que tiene este sistema se realizará un estudio de campo en cada una de las nueve canastillas en las cuales se tiene enlaces conectados a los cerros PILISURCO Y PICHINCHA.

Se debe obtener las coordenadas de cada una de las canastillas que se encuentran en el poliducto QUITO-AMBATO, como también determinar hacia donde está dirigida cada una de las antenas, el ángulo de elevación y azimut para determinar los errores en el sistema.

Además de tener en cuenta la utilizando y verificar si son los mismos de los brochure tanto de los transmisores, receptores y las antenas.

3.1.1 Descripción Funcional General.

El sistema consta de nueve canastillas a lo largo de todo el poliducto que tiene una distancia de 110Km que recorre desde el Beaterio ubicado en la ciudad de QUITO hasta la estación Reductora ubicación de las antenas se va a simular en un programa denominado "Radio Mobile", se determinará como están instaladas las antenas y dará a conocer los datos técnicos necesarios para el mejoramiento del sistema; para ello es necesario conocer que equipos se está ubicada en la ciudad de AMBATO, este sistema consta de antenas direccionales de diferentes ganancias, unas de 29dBi y otras de 24dBi estas varían dependiendo la distancia y la necesidad que se requiera en los enlaces. Para que el transmisor pueda enviar los datos, cada una de las estaciones están equipada con un sistema que utiliza PLC's, la función de estos es recolectar los datos que recibe una PT que es un medidor de presión en PSI esta información es recolectada cada cierto tiempo, la convierten de señales digitales en analógicas y en pulsos de voltaje, entonces por medio de un enlace de microonda se envía hacia

uno de los dos cerros a los cuales están conectadas las canastillas ya sea al PICHINCHA o al PILISURCO, dependiendo la ubicación geográfica.

Aquí la información es recolectada por una antena receptora y un radio, los datos bajan a través de un cable hacia el conversor a LAN y pasa a un equipo Cisco para ser convertida la señal y de esta manera poder reenviar los datos por medio de un enlace de la red privada de EPPETROECUADOR hacia el Beaterio y hacia la Estación Reductora Ambato para el control y monitoreo de la presión que atraviesa en cada una de las válvulas donde se tiene los radio enlaces.

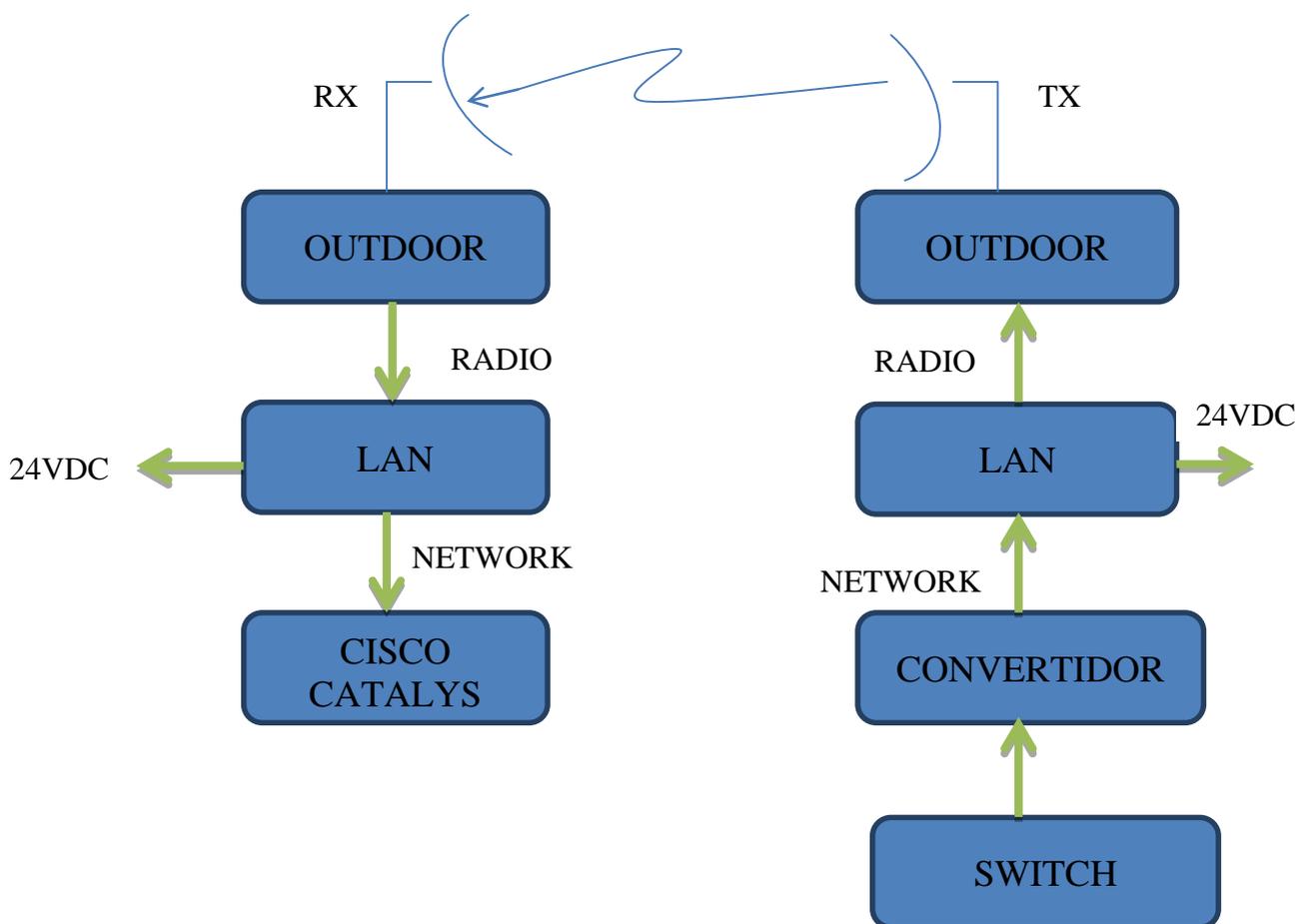


Figura No.28: Diagrama de Funcionamiento del Sistema
Elaborado por: El autor.

Una vez que la información llega al cerro antes mencionado, la señal es receptada por una antena de similares características que utiliza el transmisor y por medio de este baja por un cable de red que se conecta a un outdoor para ingresar la señal receptada a una LAN que es alimentada con 24Vcd, luego sale con un cable UTP hacia un equipo Cisco Catalys 3750.

Una vez que se conectan aquí todas las antenas estos datos son conectados a una red comercial de EP-PETROECUADOR y desde ahí los datos son enviados hacia el Beaterio y hacia Ambato, hay que indicar que estos datos tienen una dirección IP para poder ser enrutados de manera individual hacia su destino y que los datos no se mezclen unos con otros.

3.1.2 Ubicación Geográfica de los Puntos de los Nueve Radio Enlaces.

En la siguiente tabla se detalla la ubicación de cada una de las canastillas así como también las alturas de cada uno de los sitios y la distancia al cual se encuentran cada una de ellas.

DATOS DE LAS CANASTILLAS EN EL POLIDUCTO QUITO-AMBATO						
LUGAR	DISTANCIA KM	LATITUD	LONGITUD	UTM		ALTURA
CAN-TERM	PK-05 + 580	0°22'13" S	078°32'50" W	17 772818 E	9959187 N	3072 mts
CAN -2	PK-9 + 430	0°24'03" S	078°32'37" W	17 773222 E	9955811 N	2914 mts
CAN-3	PK-18 + 543	0°28'38" S	078°33'59" W	17 770671 E	9947369 N	2866 mts
CAN -6	PK-34 + 964	0°37'17" S	078°35'05" W	17 768616 E	9931411 N	3561 mts
CAN-8	PK-49 + 422	0°44'37" S	078°36'30" W	17 765981 E	9917902 N	3042 mts
CAN -LAT	PK-68 + 470	0°55'06" S	078°37'38" W	17 763892 E	9898572 N	2810 mts
RIO-SALACHE	PK-79+ 470	01°00'33" S	078°36'33" W	17 765887 E	9888526 N	2718 mts
CAN -17	PK-107 + 487	01°15'16" S	078°36'26" W	17 766063 E	9861391 N	2490 mts
CAN-18	PK-107 + 956	01°15'25" S	078°36'32" W	17 765839 E	9861101 N	2467 mts
CAN -20	PK-109 + 767	01°16'08" S	078°37'03" W	17 764936 E	9859777 N	2701 mts
RED. AMATO		01°16'31" S	078°37'06" W	17 764825 E	9859073 N	2736 mts
Q. A. R		0°19'14" S	078°32'25" W	17 773760 E	9964350 N	3028 mts
PILISURCO		01°09'12" S	078°39'54" W	17 759826 E	9872250 N	4164 mts
PICHINCHA		0°10'07" S	078°31'29" W	17 775496 E	9981163 N	3853 mts

Tabla No.3: Ubicación geográfica de las canastillas.

Elaborado por: El autor.

“Para recopilar estos datos se ha utilizado un GPS marca MEGALLAN modelo Meridian Platinum.”

3.1.3 Especificaciones de Equipos e Instrumentos.

Los equipos que se utilizan para el monitoreo del poliducto se detallan a continuación:

3.1.3.1 Radios de Comunicación

Los parámetros principales de los radios de comunicación utilizados para los diferentes radio enlaces son los siguientes.

- Marca: AVALAN
- Potencia de transmisión: 21 dBm
- Sensibilidad de Recepción: -98 dBm
- Velocidad de transmisión: 1.5 Mbps
- Power Over Ethernet
- 5.725 - 5.850 Ghz
- 58 Canales seleccionables para prevenir interferencias
- Modulación FSK
- NEMA4

Los equipos utilizados tienen la capacidad de transmisión de los radios (T1) de 32,2 Kbps que es el estándar para comunicaciones FieldBus.

Para mayor detalle técnico de los radios ver en Anexo 1.

UBICACION	EQUIPOS	DIRECCION IP	MASCARA	GATEWAY	USER NAME	PASSWORD
BEATERIO	SERVIDOR HMI	172.25.129.194	255.255.255.192	172.25.129.193	Supervisor	Supervisor
	LDS ATMOS	172.25.129.195	255.255.255.192	172.25.129.193	Administrator	Beaterio
	IMPRESORA	172.25.129.198	255.255.255.192	172.25.129.193		
	PLC CONTROL	172.25.129.196	255.255.255.192	172.25.129.193	system	888888
	MODEM CELULAR	169.178.100.1	255.255.255.128		admin	admin
CAN TERM	FIM 3420	172.25.16.21	255.255.255.128	172.25.16.11	admin	default
	PLC CONTROL	172.25.16.20	255.255.255.128	172.25.16.11	system	888888
	RADIO	172.25.16.24	255.255.255.128	172.25.16.11		trango
CAN 2	FIM 3420	172.25.16.31	255.255.255.128	172.25.16.11	admin	default
	PLC CONTROL	172.25.16.30	255.255.255.128	172.25.16.11	system	888888
	RADIO	AVALAN				
CAN 3	FIM 3420	172.25.16.41	255.255.255.128	172.25.16.11	admin	default
	PLC CONTROL	172.25.16.40	255.255.255.128	172.25.16.11	system	888888
	RADIO	172.25.16.44	255.255.255.128	172.25.16.11		trango
CAN 6	FIM 3420	172.25.16.51	255.255.255.128	172.25.16.11	admin	default
	PLC CONTROL	172.25.16.50	255.255.255.128	172.25.16.11	system	888888
	RADIO	AVALAN				
CAN 8	FIM 3420	172.25.16.150	255.255.255.128	172.25.16.141	admin	default
	PLC CONTROL	172.25.16.151	255.255.255.128	172.25.16.141	system	888888
	RADIO	172.25.16.154	255.255.255.128	172.25.16.141		trango
CAN LAT	FIM 3420	172.25.16.160	255.255.255.128	172.25.16.141	admin	default
	PLC CONTROL	172.25.16.161	255.255.255.128	172.25.16.141	system	888888
	RADIO	172.25.16.174	255.255.255.128	172.25.16.141		trango
CAN SALACHE	FIM 3420	172.31.16.170	255.255.255.128	172.25.16.141	admin	default
	PLC CONTROL	172.31.16.171	255.255.255.128	172.25.16.141	system	888888
	RADIO MODEM	172.31.16.177	255.255.255.128	172.25.16.141	admin	admin
CAN 17	FIM 3420	172.25.16.180	255.255.255.128	172.25.16.141	admin	default
	PLC CONTROL	172.25.16.181	255.255.255.128	172.25.16.141	system	888888
	RADIO	172.25.16.185	255.255.255.128	172.25.16.141		trango

CAN 18	FIM 3420	172.25.16.190	255.255.255.128	172.25.16.141	admin	default
	PLC CONTROL	172.25.16.191	255.255.255.128	172.25.16.141	system	888888
	RADIO	AVALAN				
CAN 20	ROC 809	172.25.130.199	255.255.255.192	172.25.130.193	LOI	1000
AMBATO	SERVIDOR HMI	172.25.130.194	255.255.255.192	172.25.130.193	administrator	Reductora
	LDS ATMOS	172.25.130.194	255.255.255.192	172.25.130.193	Atmosadmin	atmos5325
	IMPRESORA	172.25.130.198	255.255.255.192	172.25.130.193		
	PLC CONTROL	172.25.130.196	255.255.255.192	172.25.130.193	system	888888
PILISURCO	RADIO CAN 8	172.25.16.155	255.255.255.128	172.25.16.141		trango
	RADIO CAN LAT	172.25.16.175	255.255.255.128	172.25.16.141		trango
	RADIO CAN 17	172.25.16.184	255.255.255.128	172.25.16.141		trango
PICHINCHA	RADIO CAN TERM	172.25.16.25	255.255.255.128	172.25.16.11		trango
	RADIO CAN 3	172.25.16.45	255.255.255.128	172.25.16.11		trango

Tabla No.4: Direcciones IP y equipos utilizados.
Fuente: Documentos digitales EP-PETROECUADOR.

3.1.3.2 Antenas

Las antenas que el sistema actual tiene son de plato parabólico sólido con ganancias de 23, 29 y 32 dBi, el fabricante es TRANZEO WIRELESS TECHNOLOGIES INC.

Los parámetros principales de las antenas son las siguientes:

- Rango de frecuencia 5.725 - 5.850 Ghz
- VSWR < 1.5
- Impedancia = 50 Ohmios
- Ancho del lóbulo principal a -3dB = 9° (AZIMUT)
- Resistencia al viento 628 N (200KM/H)

Para ver los parámetros de las antenas a ser utilizadas, ver Anexo 2.

3.1.3.3 Accesorios de Conexión.

Para los programas que el sistema utiliza se necesitan conocer sobre los accesorios de conexión para predecir las atenuaciones posibles, principalmente dichas atenuaciones es debido a los cables que alimentan las antenas y los accesorios para conexión.

En el análisis se ha encontrado que la pérdida que producen es de 3dBi para los conectores y el cable. Los conectores utilizados son del tipo RPTNC para los radios y del tipo N para las antenas, adicionalmente se ha protegido a las antenas y a los radios contra sobretensiones utilizando el dispositivo "**lightning protector**"

En las siguientes figuras se indican los accesorios a ser utilizados.



Figura No.30: Pigtail N-male/N-male with LMR400 low-loss.

Fuente: Equipos EP-PETROECUADOR.



Figura No.31: RP-TNC/N-MALE with RG-58.

Fuente: Equipos EP-PETROECUADOR.



Figura No.32: Gas discharge tube suppressor. With N-female to N-female.

Fuente: Equipos EP-PETROECUADOR.

En la siguiente figura se muestra un esquema de las conexiones que se realizarán entre el radio y las antenas.

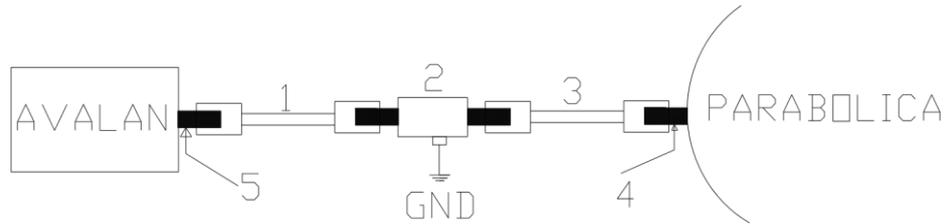


Figura No. 33: Esquema de Conexiones.

Fuente: Documentos digitales EP-PETROECUADOR.

Donde:

- 1 = RP-TNC/N-MALE with RG-58. (Figura No. 31)
- 2 = Gas discharge tube supressor. With N-female to N-female.(
Figura No. 32)
- 3= Pigtail N-male/N-male with LMR400 low-loss (Figura No. 30)
- 4 = Conector integrado a antena tipo N Fémale.
- 5= Conector integrado al Radio tipo RPTNC Fémale.

3.1.3.4 Torres de Comunicación.

Para la instalación de las antenas y los radios con su debida protección se han considerado los siguientes elementos:

- Poste de sección hexagonal de 12 metros galvanizados en caliente bajo norma ASTM A 123, ANSI/TIA-222-REV G
- Pararrayos 4 puntas con norma IEC 61024-1 cubierto de cobalto
- Poste de hormigón reforzado de 350Kg/m² de 9 metros de altura

El cálculo estructural se ha realizado para una velocidad del viento de 180 KM/H y para un peso mínimo de 200 KG.

Para el enlace que se está realizando el análisis se ha determinado que tienen instalados torres de 12 metros y adicional otra en la canastilla 17 debido a obstáculos por árboles.

En la siguiente figura se indica el tipo de poste de 12 metros metálico galvanizado que se encuentra instalado en varias canastillas.

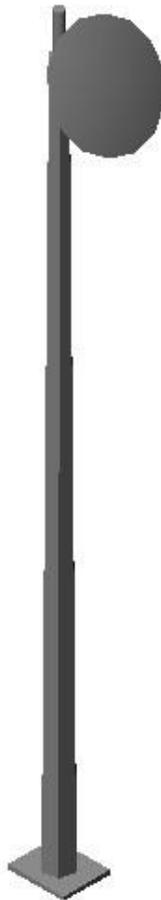


Figura No. 34: Poste hexagonal de 12 metros.

Fuente: Documentos digitales EP-PETROECUADOR.

3.1.4 Equipos para la Estación Principal

Los equipos utilizados para el monitoreo dentro de la estación principal que se encuentra ubicado en el Beaterio son los siguientes:

3.1.4.1 PLC de Monitoreo y Control



Figura No. 35: PLC Bristol Control Wave Micro.

Fuente: Equipos EP-PETROECUADOR.

El controlador MicroWave es el encargado de enviar la señal que es recibida del control de temperatura y esta a su vez es enviada al sistema SCADA que está ubicado en la estación de bombeo Beaterio.

El controlador que utilizan tiene las siguientes características:

- Marca Bristol – Emerson
- Modelo MicroWave
- 2 Puertos Ethernet
- 2 Puertos Rs 232
- 2 Puertos Rs 485

Este equipo puede ser alimentado con 12VDC o con 24VCD dependiendo de la configuración que se realice en el hardware.

GENERAL	TAG	LC-#####-###-#
	MODELO	MICRO WAVE
	MARCA	EMERSON-BRISTOL
	DESCRIPCION	Controlador Lógico Programable
PROCESADOR		150MHzCPU/1M SR,4M SD,16M Flash
		512KB Flash BIOS, 8 Bit de acceso
		4MB SDRAM
		1MB SRAM
		8 MB para ejecución de firmware y ejecución de memoria.
PUERTOS DE COMUNICACION		2 Puertos RS-232
		2 Puertos RS-485
		2 Puertos Ethernet
REQUERIMIENTOS DE ENERGIA		+24 VDC
BATERIA DE RESPALDO		3.6V, 950mA-hr de Litio 1/2 AA
CONEXIONES		Mayor a 14 AWG
DIMENSIONES		279 mm x 177 mm x 172 mm
MEDIO AMBIENTE		Temperatura de operación: -40 a 70°C (-40 a 158°F).
		Humedad Relativa: 15-95% no-condensada.
		Vibración: 1g x (10-150Hz) & 5g x (150-200Hz)
APROBACIONES		Clasificación de Área: Clase I, División 2, Grupos A, B, C, D

Tabla No.5: Datos técnicos del PPLC bristol microwave.

Fuente: Documentos digitales EP-PETROECUADOR.

3.1.5 Equipos Instalados en General en las Canastillas para el Control y Monitoreo

Los equipos utilizados para el control y monitoreo de la presión en las canastillas son los sensores de presión y estos están ubicados en los nueve puntos por donde atraviesa la tubería y sirven para enviar los datos hacia el sistema de control y se pueda enviar los datos de manera adecuada para que entre en funcionamiento los enlaces que se conectan al PICHINCHA y al PILISURCO.



Figura No. 36: Canastilla. Fuente:
Equipos EP-PETROECUADOR.

En cada una de las canastillas que se encuentran en el trayecto de QUITO-AMBATO se ha determinado que atraviesa una tubería de 6 pulgadas, en ellas se encuentra un PT que sirve para el monitoreo de la presión, las medidas de la presiones es en PSI. Por dicha tubería está viajando combustible sea este diesel o gasolina. Dentro del armario se encuentra el sistema que nos sirve para la recolección de datos, que es controlado por medio de PLC's y este sistema es el que recolecta los datos automáticamente y los envía al transmisor para conectarse a las antenas, para que los datos sean convertidos analógicamente y enviados hacia las antenas del cerro al cual correspondan.



Figura No. 37: Válvula de control.
Fuente: Equipos EP-PETROECUADOR.

Esta válvula sirve para permitir o detener el paso del combustible, este sistema se encuentra instalado en cada una de las canastillas a nivel del poliducto.



Figura No. 38: Sensor de Presión en PSI.
Fuente: Equipos EP-PETROECUADOR.

Este sensor de presión es digital y el encargado de recolectar los valores de la presión con la cual está atravesando en ese punto y estos son los datos que son enviados para el monitoreo en cada uno de los puntos en los cuales se encuentran instalados estos sensores.

3.1.6 Sistema de Respaldo de Energía

Para el sistema de respaldo de energía se tiene instalado un UPS en las canastillas, estos UPS nos brindan un respaldo de hasta 4 horas cuando se tenga cortes del fluido eléctrico principal que llega desde la acometida externa. El equipo instalado genera alarmas de batería baja, ausencia de voltaje y falla del cargador.



Figura No. 39: Respaldo de Energía UPS.

Fuente: Equipos EP-PETROECUADOR.

El equipo es de marca Tripa Lite y nos brinda una alimentación de 110VAC a sus salidas, para que los datos que están siendo transmitidos no se pierdan por falta de fluido eléctrico.



Figura No. 40: Sistema de Baterías.

Fuente: Equipos EP-PETROECUADOR.

Tiene un sistema de respaldo de baterías para que en caso que falle el sistema de alimentación de los equipos, este sistema de respaldo tiene una cierta cantidad de años de vida útil, por lo cual estas baterías con el tiempo se las debe renovar.

En el COTOPAXI es donde se encuentra ubicada la canastilla 6, el sistema de respaldo de energía es diferente, aquí se utiliza 6 paneles solares como se muestra la siguiente figura.



Figura No. 41: Paneles Solares.
Fuente: Equipos EP-PETROECUADOR.

Como se puede observar estos paneles solares son utilizados en esta canastilla que está ubicada en el Cotopaxi porque la acometida que viene de la empresa eléctrica no llega hasta este punto. Hay que tener en cuenta además que esta canastilla 6 es el punto más alto y tiene una altura de 3561mts sobre el nivel del mar al cual debe enfrentarse el bombeo que viene desde el BEATERIO ya que aquí llega con una presión muy baja.



Figura No. 42: División de los Paneles Solares.
Fuente: Equipos EP-PETROECUADOR.

Estos paneles tienen una medida de 0,67 X 1,14 mts y tiene una división en cada panel de 12 X 18 cuadros como se puede observar en la figura.



Figura No. 43: Paneles Solares.
Fuente: Equipos EP-PETROECUADOR.

Por medio de este dispositivo sale la energía que es recibida por los paneles solares y sale por estos cables de color rojo y negro para pasar por un tubo metálico que va por debajo de la tierra hacia el armario para alimentar a todo el sistema.

El Sistema de respaldo de energía varía de acuerdo a las canastillas según la necesidad de ellas y esto se determina en la siguiente tabla.

ITEM	PK	CANASTILLA	SERVICIO	MARCA / MODELO
1	5	CAN TERM	Monitoreo	TRIP LITE / SU1000XLA
2	9	CAN 2	Control y Monitoreo	TRIP LITE / SU2200XLA
3	18	CAN 3	Control y Monitoreo	TRIP LITE / SU2200XLA
4	34	CAN 6	Monitoreo	EXMORK
5	50	CAN 8	Control y Monitoreo	TRIP LITE / SU2200XLA
6	69	CAN LAT	Monitoreo	TRIP LITE / SU1000XL
7	79	RIO SALACHE	Control y Monitoreo	TRIP LITE / SU2200XLA
8	107	CAN 17	Control y Monitoreo	TRIP LITE / SU2200XLA
9	108	CAN 18	Monitoreo	TRIP LITE / SU1000XL

Tabla No.6: Sistema de Respaldo. Fuente:
Documentos digitales EP-PETROECUADOR.

En esta tabla está representada la manera de cómo está distribuido el sistema de respaldo de energía.

3.1.7 Fuente de Poder 110VCA – 24VCD.

Para el sistema de poder que se utiliza en las canastillas es muy sencillo, este puede ser alimentado desde 110VCA a 220VCA, además puede trabajar en frecuencias que van desde los 47Hz a 63Hz y a su salida se

puede obtener 24VCD y hasta 4 A. Este equipo también puede soportar una temperatura de 60°C.

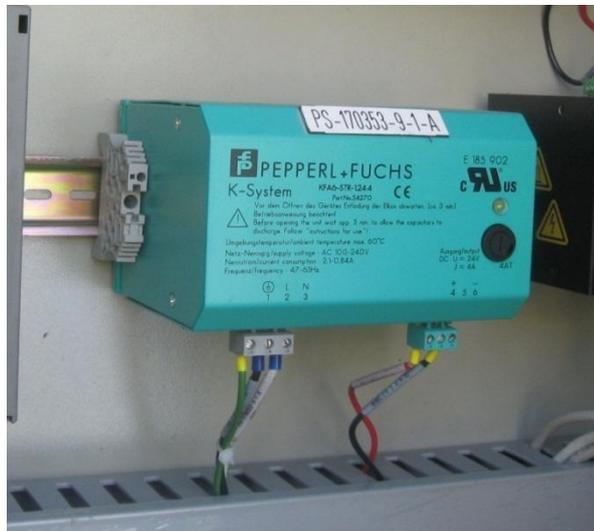


Figura No. 44: Fuente de Poder 110VCA-24VCD.

Fuente: Equipos EP-PETROECUADOR.

En la siguiente tabla se detalla las especificaciones técnicas que tiene el sistema de respaldo de energía.

GENERAL	1	Tag.	PS-#####-###-#
	2	Descripción	Fuente de Poder 115 VAC / 24 VDC, 4 A
	3	Fabricante	PEPPER + FUCHS
	4	Modelo	KFA6-STR-1.24.4
ESPECIFICACIONES DE ENTRADA	5	Entrada	92 - 265 VAC, 44 - 66 Hz
	6	Corriente de Consumo	0,84 - 2,1 A
ESPECIFICACIONES DE SALIDA	7	Salida	24 VDC +- 1%
	8	Corriente de Salida	Máximo 4 A
	9	Límite de corto circuito	4,6 A
VARIOS	10	Certificaciones	UL, E186 915
	11	Chasis	
	12	Temperatura de Operación	(-20 a 60 °C)
DIMENSIONES	13	Alto	140 mm
	14	Ancho	88 mm
	15	Largo	104 mm
	16	Peso	28,3 oz

Tabla No.7: Fuente de poder 24VCD Popper + Fucha.

Fuente: Documentos digitales EP-PETROECUADOR.

3.1.8 Análisis y Verificación del Funcionamiento de los Transmisores y Receptores en las Canastillas.

Dentro de los nueve enlaces existentes en el Poliducto QUITO-AMBATO se a realizado el análisis de funcionamiento de cada uno de los equipos que se encuentran instalados para la transmisión y recepción del monitoreo que se realiza para EP-PEPTROECUADOR.

Los equipos utilizados son de marca TRANGO y AVALANT, estos son los radios encargados de enviar los datos que reciben del PLC y del FIM. Los datos enviados son dirigidos hacia la red del cerro PILISURCO que se encuentra ubicado en la provincia de Tungurahua y luego al cerro PICHINCHA en la provincia de Pichincha.

Cada uno de estos equipos tiene una dirección IP asignada para la configuración y enrutamiento de los mismos, los requerimientos con los cuales funcionan son:

- Frecuencia de operación entre los 5.725 a los 5.825Ghz que es una banda libre.
- Enlaces Spread Spectrum libres de licenciamiento.
- Enlaces OUTDOOR
- Potencia mínima de transmisión 17dBm (50mW)
- Velocidad de transmisión mínima 64Kbps
- Interfaz LAN
- Confiabilidad de los enlaces 99.99%

Este sistema de enlace de microondas usa transmisión en línea de vista, y debido a esto debe existir una trayectoria directa entre las antenas, es decir, no debe haber obstáculos dentro de la primera zona de Fresnel. Así,

si esa trayectoria de señal sufre un gran deterioro, se interrumpirá el servicio. Esta reducción de intensidad de señal es temporal y se llama desvanecimiento. El desvanecimiento puede durar desde unos milisegundos o varias horas.



Figura No. 45: Radios de Comunicación.
Fuente: Equipos EP-PETROECUADOR.

Los equipos que se encuentran instalados tienen un buen umbral de recepción, para conectarse a los PLC's y utiliza un protocolo Ethernet.

Lo que se pudo determinar al momento de realizar el análisis de los equipos es que estos radios son muy básicos y al decir esto hay que referirse a que no se puede verificar de manera óptima si estos se encuentran en buen estado de funcionamiento y tampoco se puede acceder remotamente con un computador para controlar dichos dispositivos. En otros términos estos

radios no son lo suficientemente adecuados para las necesidades requeridas por la empresa ya que tienen muchas falencias como las que se acaba de determinar.

Cabe indicar que estos radios funcionan a 32kbps que es lo requerido para la transmisión de los datos, pero si se necesitaría instalar cámaras de video para vigilancia esta capacidad es insuficiente, por lo que se recomienda ampliar la capacidad de transmisión de los radios y esto se lo hace cambiando los equipos por unos de mayor capacidad.

3.1.8.1 Tipo de Modulación

La modulación que estos equipos utilizan para realizar los enlaces es FSK y disponen de 52 canales seleccionables para evitar interferencias.

3.1.8.2 Análisis y Verificación del Aterrizaje de los Equipos de Comunicación.

Tienen un sistema de aterrizaje óptimo ya que se encuentran dentro de lo parámetros permitidos para que los equipos no sufran daños en caso de descargas electromagnéticas.



Figura No. 46: Sistema de Tierra instalado en las Canastillas.

Fuente: Equipos EP-PETROECUADOR.

Este sistema de tierra tiene instalado una barra de cobre plana dentro del armario y aquí se conectan los equipos para que se descarguen de manera adecuada por este sistema. Fuera de las canastillas se encuentran enterradas varillas de 1,80mts de cobre, las cuales están conectadas a los cables de alta capacidad que se encuentran en la barra que está en el interior de los armarios como se puede observar en la figura No. 46.

3.1.9 Análisis del Funcionamiento de los Radio Enlaces Instalados.

Las antenas que se encuentran instaladas en las canastillas varían dependiendo a las necesidades y las distancias que tienen de punto a punto.

Las antenas utilizadas son direccionales y es para que el ancho del haz sea más puntual, además la polarización que las antenas utilizan son Vertical y Horizontal dependiendo de los requerimientos.

LUGAR	VALVULA	UBICACIÓN	DISTANCIA KM	ALTURA	ALT. POSTE
CAN-TERM	2	"LA JOYA" SAN MIGUEL DE CUTUALGA	PK-05 + 580	3072 mts	9 mts
CAN-2	4	"SANTA ROSA"	PK-9 + 430	2914 mts	9 mts
CAN-3	5	"BATALLON ATAHUALPA"	PK-18 + 543	2866 mts	9 mts
CAN-6	8	"PARQUE NACIONAL COTOPAXI"	PK-34 + 964	3561 mts	9 mts
CAN-8	10	"LAZO"	PK-49 + 422	3042 mts	9 mts
CAN-LAT	14	"POLIDUCTO LATACUNGA"	PK-68 + 470	2810 mts	9 mts
RIO-SALACHE	15	"SALACHE"	PK-79+ 470	2718 mts	9 mts
CAN-17	22	"LA PENINSULA"	PK-107 + 487	2490 mts	9 mts
CAN-18	23	"PISHILATE"	PK-107 + 956	2467 mts	9 mts
CAN-20	28	"AMBATO"	PK-109 + 767	2701 mts	9 mts
RED. AMATO		POLIDUCTO AMBATO		2736 mts	
Q. A. R		BEATERIO		3028 mts	
PILISURCO		CERRO PILISURCO		4164 mts	25 mts
PICHINCHA		CERRO PICHINCHA		3853 mts	25 mts

Tabla No.8: Altura y Ubicación de las Antenas.

Fuente: Documentos digitales EP-PETROECUADOR.

En la tabla se especifica la altura donde se encuentran ubicadas las antenas desde el suelo, el lugar geográfico donde se encuentran instaladas, la altura con respecto al nivel del mar y la distancia en la cual se localizan o llamado también punto kilométrico(PK).

A continuación se va a detallar los componentes en cada uno de los enlaces que se tiene a lo largo del trayecto:

- En la CAN-2 que se encuentra ubicada en el sector de Santa Rosa tiene un punto kilométrico PK 9 + 430 con la válvula numero 4.

En este punto se encuentran ubicadas 2 antenas sobre un poste de hormigón de 9 metros de altura, estas antenas están conectadas como espejos.



Figura No. 47: Válvula4 CAN-2.

Fuente: Equipos EP-PETROECUADOR.

Una de las antenas se conecta a la CAN-6 ubicada en el Cotopaxi, esta envía los datos y su recepción es en una de las antenas en la CAN-2; y la otra antena de CAN-2 envía los datos recibidos de CAN-6 y a su vez los datos del monitoreo de CAN-2 hacia el fuerte militar.



Figura No. 48: Antenas CAN-2.
Fuente: Equipos EP-PETROECUADOR.

En esta imagen se puede apreciar que las dos antenas son de forma parabólica direccionales, además se verificó que estas tienen una polarización vertical.

Las antenas que se encuentra en el punto más alto tiene un direccionamiento de 187° con respecto al norte magnético; y la segunda antena tiene un direccionamiento de 208° con respecto al norte magnético, las dos con una inclinación mínima con respecto al eje vertical.

Además estos enlaces están dotadas de dos radios marca AVALAN que ya se describieron con anterioridad. Tiene también un sistema de pararrayo de tipo 4 puntas Franklin más arriba de la ubicación de las antenas, con bajante aislada y malla de tierra para protección contra descargas

atmosféricas de las cargas electromagnéticas que pueden producir daños a los equipos.

- En la CAN-3 que se encuentra ubicada en el sector de Batallón Atahualpa tiene un punto kilométrico PK 18 + 543 con la válvula numero 5.



Figura No. 49: Válvula 5 CAN-3.

Fuente: Equipos EP-PETROECUADOR.

Este enlace tiene instaladas 2 antenas sobre un mástil de acero 12 metros de altura, estas antenas están conectadas como espejos.

Una de las antenas se encuentra apuntando hacia la CAN-2 en esta antena el equipo instalado es de marca AVALANT con una dirección de 11° con respecto al norte magnético y la otra se encuentra dirigida hacia el cerro PICHINCHA con un direccionamiento de 230° con respecto al norte magnético.



Figura No. 50: Antenas CAN-3.

Fuente: Equipos EP-PETROECUADOR.

El equipo que está instalado para dirigir al cerro PICHINCHA es de marca TRANGO, además en este mástil metálico se encuentra instalado en su punta un sistema de pararrayo de tipo 4 puntas Franklin.

Además se puede acotar que existe una distancia de 24 metros de separación entre la válvula de control y el mástil de acero ya que en este punto hay línea de vista directo hacia las otras antenas. Estas antenas tienen una polarización vertical y la forma de una de sus antenas es de forma rómbica, tienen una ganancia de 28dBi, es la que apunta hacia el cerro Pichincha, mientras que la otra antena redonda es de 29dBi que es dirigida a CAN-2.

- En la CAN-6 que se encuentra ubicada en el sector del Parque Nacional Cotopaxi tiene un punto kilométrico PK 34 + 964, aquí se encuentra instalada con la válvula número 8.

En este punto se encuentran ubicada una antena sobre un mástil metálico de acero de 12 metros de altura, dicha antena está dirigida hacia la CAN-2.



Figura No. 51: Válvula 8 CAN-6.

Fuente: Equipos EP-PETROECUADOR.

La CAN-6 es la que envía los datos que recibe de la válvula 8 de control y esta información es recibida en la CAN-2; la otra antena de CAN-2 envía los datos recibidos de CAN-6 conjuntamente con los datos recolectados por el sensor de presión en la válvula 4.



Figura No. 52: Antenas CAN-6.
Fuente: Equipos EP-PETROECUADOR.

El direccionamiento que tiene esta antena de CAN-6 es de 150° con respecto al norte magnético y el equipo que utiliza esta antena es un transmisor marca TRANGO, este no tiene línea de vista directa al cerro Pichincha y es por esa razón que apunta hacia la CAN-2, además hay que considerar que el enlace en este punto por lo general pasa nublado y esto impide que se logre una buena transmisión de datos ya que esto provoca pérdidas al momento de la transmisión. La antena es de plato y la ganancia de esta antena es de 29dBi.

- En la CAN-TERM que se encuentra ubicada en el sector del La JOYA tiene un punto kilométrico PK 5 + 580, aquí se encuentra instalada la válvula numero 2.

En este punto se encuentra ubicada una antena de plato sobre un poste de hormigón de 9 metros de altura, la misma que esta dirigida hacia el cerro Pichincha.



Figura No. 53: Válvula2 CAN-TERM.
Fuente: Equipos EP-PETROECUADOR.

El equipo instalado en esta antena es un transmisor marca AVALANT y tiene un direccionamiento de 360° que equivale a 0°, esto quiere decir que esta dirigida hacia el norte y es una antena de 29dBi de ganancia que es lo suficiente para llegar hacia el cerro Pichincha.



Figura No. 54: Antena CAN-TERM.

Fuente: Equipos EP-PETROECUADOR.

De igual manera así como las otras antenas, esta también tiene una protección pararrayos de las mismas características que de las anteriores antenas. La polarización que tiene es Horizontal; esta antena es la que se encuentra más cercana hacia el cerro Pichincha y se tiene como ventaja en esta antena que en este sector la neblina existe pero en muy pocas cantidades y se tiene una mejor recepción por este motivo.

- En el Cerro Pichincha que se encuentra ubicado en el punto más alto de la ciudad de QUITO, aquí se encuentra instalada una torre de 18 metros y es allí donde se encuentran colocadas las antenas para la recepción de las señales que son enviadas desde los distintos puntos en donde se encuentran ubicadas las válvulas para el control y monitoreo del bombeo del poliducto.



Figura No. 55: Cerro Pichincha.

Fuente: Equipos EP-PETROECUADOR.

En la figura No. 55 se puede observar al costado izquierdo que tenemos una torre por separado a la torres más grande en esta pequeña es donde están ubicadas las antenas para la recepción de los datos. Cabe indicar que en el cerro por lo general el clima no es tan favorable como sería lo ideal, aquí la neblina es constante y es uno de los factores que provoca que la recepción de la señal se atenúe.



Figura No. 56: Antenas Cerro Pichincha.

Fuente: Equipos EP-PETROECUADOR.

En esta torre se encuentra ubicadas las antenas correspondientes para los enlaces adecuados, una de las antenas instaladas aquí es de forma rómbica tiene una ganancia de 28dBi y contiene una polarización Vertical, tiene un ángulo de 138° con respecto al norte magnético, el equipo instalado es un AIRMUX de 5.15-5.875Ghz y la antena está colocada a una altura de 3,25 metros. Esta antena que recibe los datos es la que se encuentra dirigida hacia la CAN-3.

La otra antena es de plato y tiene una ganancia de 29dBi, está a una altura de 9,25 metros y tiene un direccionamiento de 196° con respecto al norte magnético y esta antena tiene una polarización Horizontal. El equipo utilizado es uno de marca AVALANT y esta es la que se conecta con CAN-TERM.

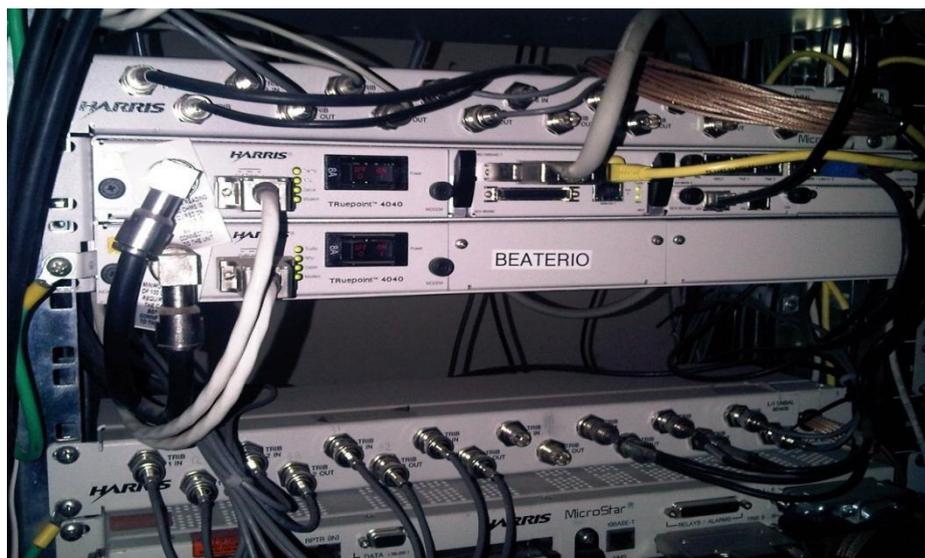


Figura No. 57: Recepción de Datos en el Cerro Pichincha. Fuente: Equipos EP-PETROECUADOR.

Luego que se recibe las señales enviadas desde los puntos de control y monitoreo; estas señales son recibidas por las antenas receptoras y los datos son enviados a través de un cable que baja desde la antena hacia las LAN.

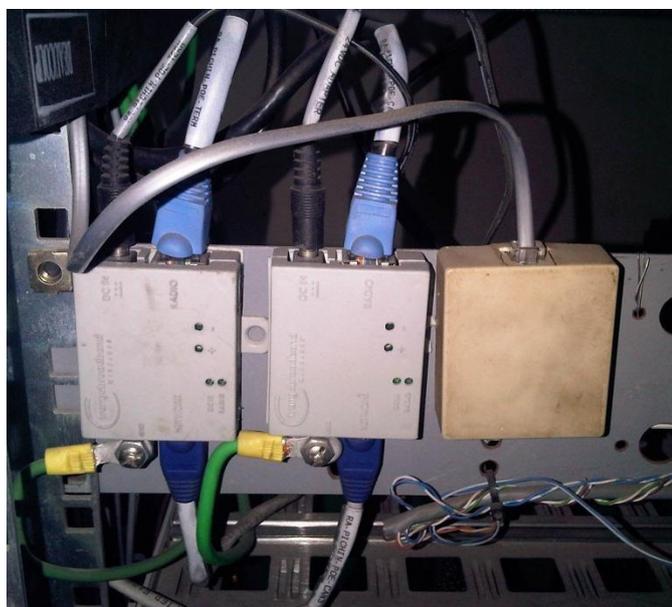


Figura No. 58: Conexión LAN de los Enlaces Recepción. Fuente: Equipos EP-PETROECUADOR.

Dichos enlaces se conectan por medio de un switch Catalys 3750, en este punto se conecta con un equipo Vanguardia series 6800 y se unen con un equipo tributario marca HarrisMicrostar, este equipo Harris tiene la

capacidad de 8 E1 para la conexión de los enlaces que se tiene conectados al cerro Pichincha.

Los enlaces que se tiene conectados son: la canastilla 6, canastilla 2, canastilla 3 y canastilla termo-pichincha.

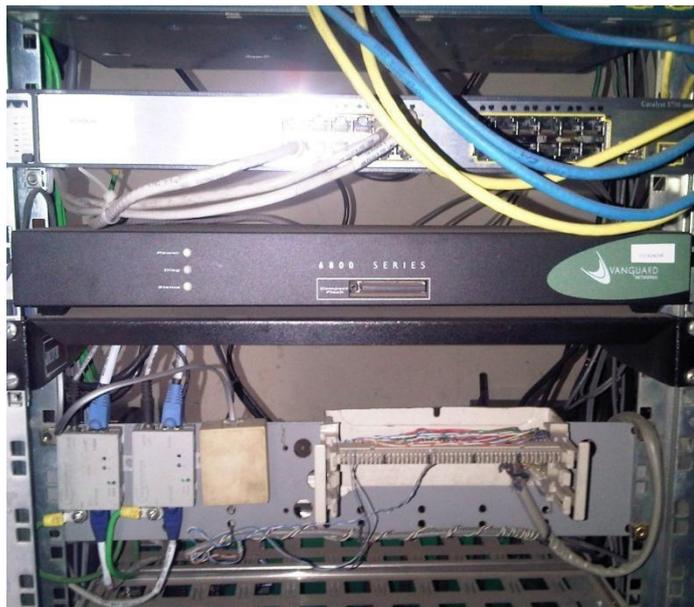


Figura No. 59: Equipos instalados en el cerro Pichincha Fuente: Equipos EP-PETROECUADOR.

Todos los equipos que se muestran en la figura No. 59 sirven para el envío de los datos hacia la conexión de la red privada de la EPPETROECUADOR, en este punto de distribución de las señales se envía hacia el BEATERIO por medio de un radio enlace que existe y se realiza el monitoreo y control de las 4 canastillas que sirven para el control de fugas y perforaciones en el poliducto Quito-Ambato.

- En la CAN-LAT que se encuentra ubicada en el sector del Campamento Latacunga tiene un punto kilométrico PK 68 + 470, aquí se encuentra instalada con la válvula numero 14.



Figura No. 60: Válvula14 CAN-LAT. Fuente:
Equipos EP-PETROECUADOR.

En este punto se encuentra ubicada una antena redonda de grilla sobre un poste de hormigón de 9 metros de altura, esta antena está dirigida hacia el cerro PILISURCO.



Figura No. 61: Antena CAN-LAT.

Fuente: Equipos EP-PETROECUADOR.

El equipo instalado en esta antena es un transmisor marca AVALANT y tiene un direccionamiento de 188° con respecto al norte magnético, es una antena de 29dBi de ganancia que es lo suficiente para poder llegar hacia el cerro PILISURCO.

En este enlace también tiene una protección de pararrayos de las mismas características de las anteriores antenas. La polarización de esta antena es vertical además tiene línea directa hacia el cerro PILISURCO y eso es favorable porque no hay la necesidad que tenga un enlace adicional para llegar hacia el cerro, pero es uno de los enlaces con mayor distancia y esto ocasiona problemas por las pérdidas que se tiene debido a la ubicación.

- En la CAN-RIO SALACHE que se encuentra ubicada en el sector de Salache tiene un punto kilométrico PK 79 + 470, aquí se encuentra instalada con la válvula numero 15.



Figura No. 62: Válvula15 CAN-RIO SALACHE.

Fuente: Equipos EP-PETROECUADOR.

Este lugar tiene una particularidad en comparación con los demás, en este punto de Rio Salache la conexión hacia el cerro PILISURCO no puede ser exitosa de manera directa porque no tiene línea de vista directo a las antenas de la EP-PETROECUADOR, además que para realizar el enlace desde este punto se tiene una repetidora en las antenas de CNT y este hace la función de un espejo y se envía los datos hacia las antenas de EP-PETROECUADOR, en este punto se encuentra dotado de un equipo marca TrangoBroad Band del cual se utiliza enlaces de punto a punto y de manera inicial con una antena marca Harrys de 5.8Ghz y esta antena a su vez se encuentra con un direccionamiento de 168° al norte magnético.



Figura No. 63: Antena CAN-RIO SALACHE.
Fuente: Equipos EP-PETROECUADOR.

Tiene una polarización vertical y la ganancia de esta antena es de 29dBi y es de forma plana, esta antena apunta de manera directa al cerro PILISURCO, a la repetidora que se tiene en la torre de CNT y reenvía la señal a la torre de EP-PETROECUADOR.

La protección que tiene este equipo es un pararrayos de igual característica que en los demás enlaces.

- En la CAN-8 que se encuentra ubicada en el sector de Lasso y tiene un punto kilométrico PK 49 + 422, aquí se encuentra instalada con la válvula numero 10.



Figura No. 64: Válvula10 CAN-8.

Fuente: Equipos EP-PETROECUADOR.

Este enlace es uno de los más lejanos del cerro PILISURCO y en este punto se tiene un transmisor marca Trango se encuentra sobre un mástil de acero de 12 metros, la antena que se utiliza tiene una polarización vertical la y es direccional de plato perforada.



Figura No. 65: Antena CAN-8. Fuente:
Equipos EP-PETROECUADOR.

Esta antena tiene una ganancia de 29dBi y tiene un direccionamiento de 192° con respecto al norte magnético, y apunta de manera directa hacia el PILISURCO ya que tiene línea de vista libre.

Se puede tener pérdida por la distancia que tiene este enlace y así como también por el mal tiempo que existe en este punto, los factores de las pérdidas suelen ser la lluvia que es muy intensa, el viento que es fuerte debido la planicie y la neblina que es muy común en este sector.

La protección que tiene es un pararrayos de igual característica a la que se utiliza en los anteriores enlaces.

- En la CAN-18 que se encuentra ubicada en el sector de Pishilate tiene un punto kilométrico PK 107 + 956, aquí se encuentra instalada con la válvula numero 23.



Figura No. 66: Válvula 23 CAN-18.

Fuente: Equipos EP-PETROECUADOR.

En esta canastilla se tiene un punto de enlace cercano que se une con la CAN-17 que se encuentra al frente de este punto, tiene una distancia mínima y se encuentra apuntando a esta canastilla porque no existe línea de vista directa con el cerro PILISURCO por los diferentes obstáculos que se atraviesan.



Figura No. 67: Antena CAN-18.
Fuente: Equipos EP-PETROECUADOR.

Este enlace tiene una característica en particular que es la más pequeña de los enlaces y esto se debe a que se encuentra a corta distancia del punto de recepción esto quiere decir que se encuentra a una distancia aproximada de 0,5 km de distancia del enlace

La antena que se utiliza en este punto es de 24 dBi de ganancia, la forma de esta es de plato sin ranuras en su interior de forma direccional, se tiene 500 a 600 metros de la CAN-17 que recibe los datos que envía CAN-18 a través de este enlace.

Se encuentra colocada en un poste de hormigón de 9 metros de altura y tiene un direccionamiento de 326° con respecto al norte magnético.

La protección utilizada es un pararrayos para evitar las descargas electromagnéticas y proteger así a los equipos que se tiene instalados.

- En la CAN-17 que se encuentra ubicada en el sector de la Península tiene un punto kilométrico PK 107 + 487, aquí se encuentra instalada con la válvula numero 22.



Figura No. 68: Válvula 22 CAN-17.

Fuente: Equipos EP-PETROECUADOR.

Este enlace sirve como recepción de los datos que son enviados a través de la CAN-18, es decir sirve como una repetidora y a su vez para el control y monitoreo de la válvula 22, la recepción de la señal lo hace mediante una antena de igual característica a la que envía los datos es una antena de 24 dBi de ganancia, tiene un direccionamiento de 178° con respecto al norte magnético y tiene un error en el direccionamiento hacia la CAN-18 ya que se encuentra invertida y está apuntando en línea recta ya que no permite una inclinación adecuada y los datos son recibidos por rebote de señal en la montaña.



Figura No. 69: Antena CAN-17.

Fuente: Equipos EP-PETROECUADOR.

La segunda antena colocada tiene una ganancia de 29 dBi y esta se encuentra apuntada al cerro PILISURCO con un direccionamiento de 22° con respecto al norte magnético y envía los datos recolectados de la válvula 22 y la válvula 23. Hay que considerar que en este lugar es muy denso el clima y pasa nublado, motivo por el cual suele tener pérdidas en el enlace.

Estas antenas se encuentran sobre un poste de hormigón de 9 metros de altura y los transmisores instalados son marca AVALANT para las dos antenas.

La protección utilizada en estos equipos es un pararrayos que evita que se dañen los equipos con descargas electromagnéticas.

- En el Cerro PILISURCO que se encuentra ubicado en el punto más alto de la ciudad de AMBATO. Aquí se encuentra instalada una torre de 24 metros y es aquí donde se encuentran colocadas las antenas para la recepción de las señales QUE son enviadas desde

los distintos puntos en donde se encuentran ubicadas las válvulas para el control y monitoreo del bombeo del poliducto.



Figura No. 70: Cerro Pilisurco.

Fuente: Equipos EP-PETROECUADOR.

En esta torre se encuentra instaladas las cuatro antenas correspondientes para los enlaces adecuados.

Las antenas que se encuentran instaladas son de similares características y son las que se enlazan con diferentes puntos que tenemos para este sector, los enlaces que se tiene son con Can-Rio Salache, Can- Latacunga, Can-8, Can-17, Can-18.

Estas antenas tienen diferentes direcciones así como también varía en su ganancia y altura con respecto al suelo.

La primera antena tiene una ganancia de 29dBi y se encuentra ubicada a una altura desde el suelo de 7,5 metros, además que tiene una polarización horizontal y la forma de esta antena es de plato perforada, la marca del

receptor es AVALANT y su antena tiene un ángulo de 10° con respecto al norte magnético.

La otra antena es de plato perforada y tiene una ganancia de 29dBi, tiene una altura de 10,50 metros y tiene un direccionamiento de 32° con respecto al norte magnético y esta antena tiene una polarización Horizontal. El equipo utilizado es uno de marca TRANGO y esta es la que se conecta con CAN-8 que se encuentra ubicada en el sector de Lasso.

Se tiene una tercera antena que tiene una ganancia de 24dBi, su forma es de plato y esta tiene la particularidad que se conecta con un enlace hacia la torre de CNT ya que tiene que realizar dos enlaces debido a que no existe una línea de vista directa para conectarse con la CAN-Rio Salache es por esa razón que se tiene el enlace con esta otra antena, y el tipo de enlace que se tiene en la torre de CNT es uno que se dirige hacia CAN-Rio Salache con una antena plana de 29dBi de ganancia.



Figura No. 71: Antena de Enlace con la Torre de CNT.

Fuente: Equipos EP-PETROECUADOR.

El direccionamiento que tiene la antena ubicada en la torre de la EPPETROECUADOR es de 102° con respecto al norte magnético y se

encuentra ubicada a una altura de 11,50 metros con respecto al suelo y dispone de un equipo para la recepción marca TRANGO.

Este enlace es uno de los que más problemas ocasiona al momento del monitoreo por su doble enlace que se requiere y por la calidad de los equipos que se tiene en utilizando actualmente.

La cuarta antena que se tiene en el Cerro PILISURCO tiene una ganancia de 24dBi con un direccionamiento de 240° con respecto al norte magnético y se encuentra a una altura de 6,50 metros y el receptor que se tiene es marca AVALANT.

Esta antena se encuentra dirigida hacia la CAN-17 que es la que recibe los datos de la CAN-18, además que este equipo es de mala calidad y se tiene problemas al momento del monitoreo del bombeo de combustible.

Todos los datos que son recibidos por medio de las antenas con sus respectivos receptores son enviados a los equipos que se dispone en el cuarto de control.



Figura No. 72: Equipos en el Cerro Pilisurco.
Fuente: Equipos EP-PETROECUADOR.

La manera de funcionamiento empieza con la recepción de los datos por medio de las antenas que se encuentran ubicadas en la torre de comunicación, a partir de ahí baja los datos recibidos por los receptores de cada una de las antenas por medio de un cable LAN que llega a los Trango broadband.

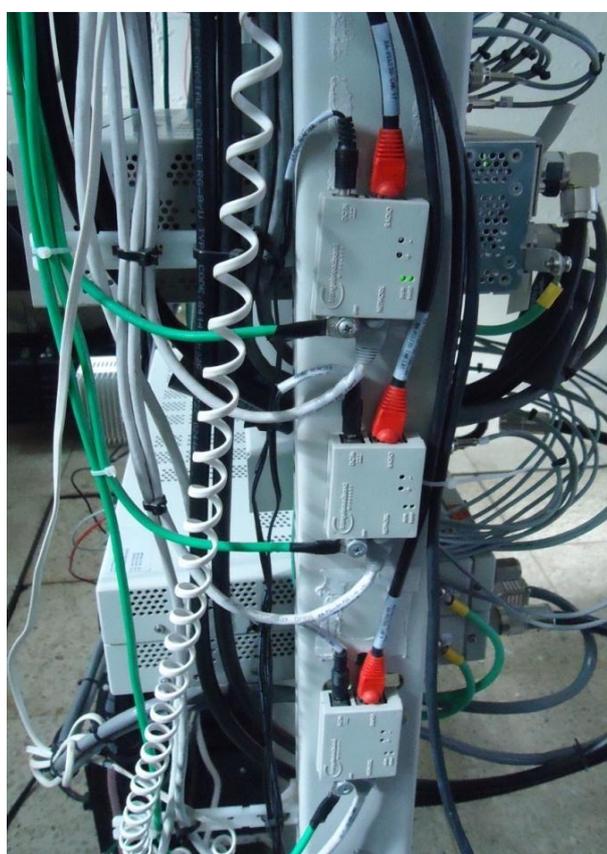


Figura No. 73: Trango Broadband.

Fuente: Equipos EP-PETROECUADOR.

En este punto es donde se recepta las señales que son recibidas por los radios, y este equipo es alimentado con 24VDC y a su vez de este punto los datos son repartidos hacia un switch marca CISCO Catalys 3750, desde el equipo cisco sale cables para unirse con un equipo Vanguardia series

6800 y que este a su vez se conecta con un equipo tributario marca HarrysMicrostar.



Figura No. 74: Tarjetas de E1. Fuente: Equipos EP-PETROECUADOR.

Este equipo Harrys tiene la capacidad de 8 E1 que son los canales de comunicación y sirve para la conexión de los enlaces que se tiene conectados al cerro PILISURCO. Los enlaces que se tiene conectados son: la canastilla 8, canastilla Rio Salache, canastilla Latacunga y en un solo enlace se tiene la canastilla 17 y canastilla 18.



Figura No. 75: Equipos de Monitoreo del Cerro PILISURCO.

Fuente: Equipos EP-PETROECUADOR.

Los equipos que se observa en la figura sirven para la recepción de datos de los radios y a la vez para el envío de los mismos hacia la conexión de la red privada de EP-PETROECUADOR, en este punto de distribución de las señales se envía hacia la Reductora de Ambato por medio de un radio enlace que existe para la red comercial y de esta manera se realiza el monitoreo y control de las 5 canastillas que se encuentran ubicadas hacia PILISURCO que sirven para el control de fugas y perforaciones en el poliducto Quito-Ambato.

Se debe tener en cuenta que se realizo un cambio de radios que se tenía en el radio enlace de Salache-CNT y CNT - PILISURCO porque se tenía muchos problemas en la comunicación y se perdía a cada momento los enlaces y se tuvo que sustituir por unos radios marca ALVARION que son más robustos y de mejores características.

3.1.10 Arquitectura General de Comunicaciones

La arquitectura de ubicación de los enlaces de comunicación es muy sencilla, esta dividido en dos partes.

Por un lado la división está compuesta al un lado se tiene conectado al cerro PILISURCO cinco enlaces los cuales son CAN-RIO SALACHE, CAN-8, CAN-LAT, CAN-17 y CAN-18.

En el otro lado se tiene conectados al cerro PICHINCHA los enlaces CAN-TERM, CAN-3, CAN-2 y CAN-6.

Estos enlaces que se tiene en cada uno de los cerros están ligados a la red comercial que dispone la EP-PETROECUADOR y los datos que son recibidos en los cerro PILISURCO y PICHINCHA son enviados mutuamente por medio de un equipo Microstar.

Los enlaces que son enviados hacia el BEATERIO desde el cerro PICHINCHA se lo realiza por medio de un equipo True Point, lo mismo sucede con el enlace que se tiene del PILISURCO hacia la Reductora Ambato, se envía por medio de un equipo True Point. Cabe recalcar que todos los enlaces colocados por la empresa SEIN tienen una dirección IP para cada enlace como se muestra en la figura No. 76.

DIAGRAMA DEL SISTEMA DE CONTROL DE FUGAS
 INSTALADO POR SEIN

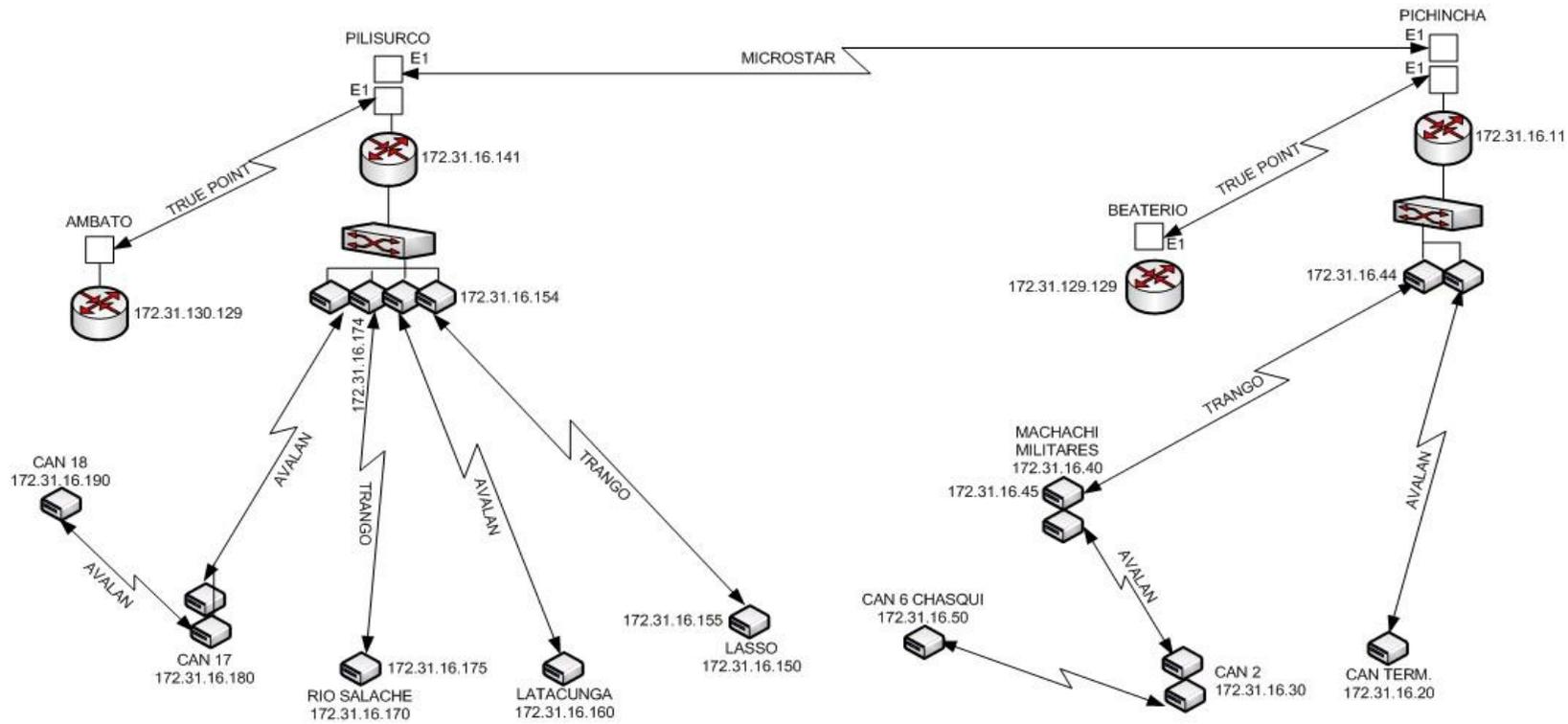


Figura No. 76: Direcciones IP de los enlaces.

Fuente: Equipos EP-PETROECUADOR.

3.1.10.1 Arquitectura de las Estaciones Hacia el Pichincha.

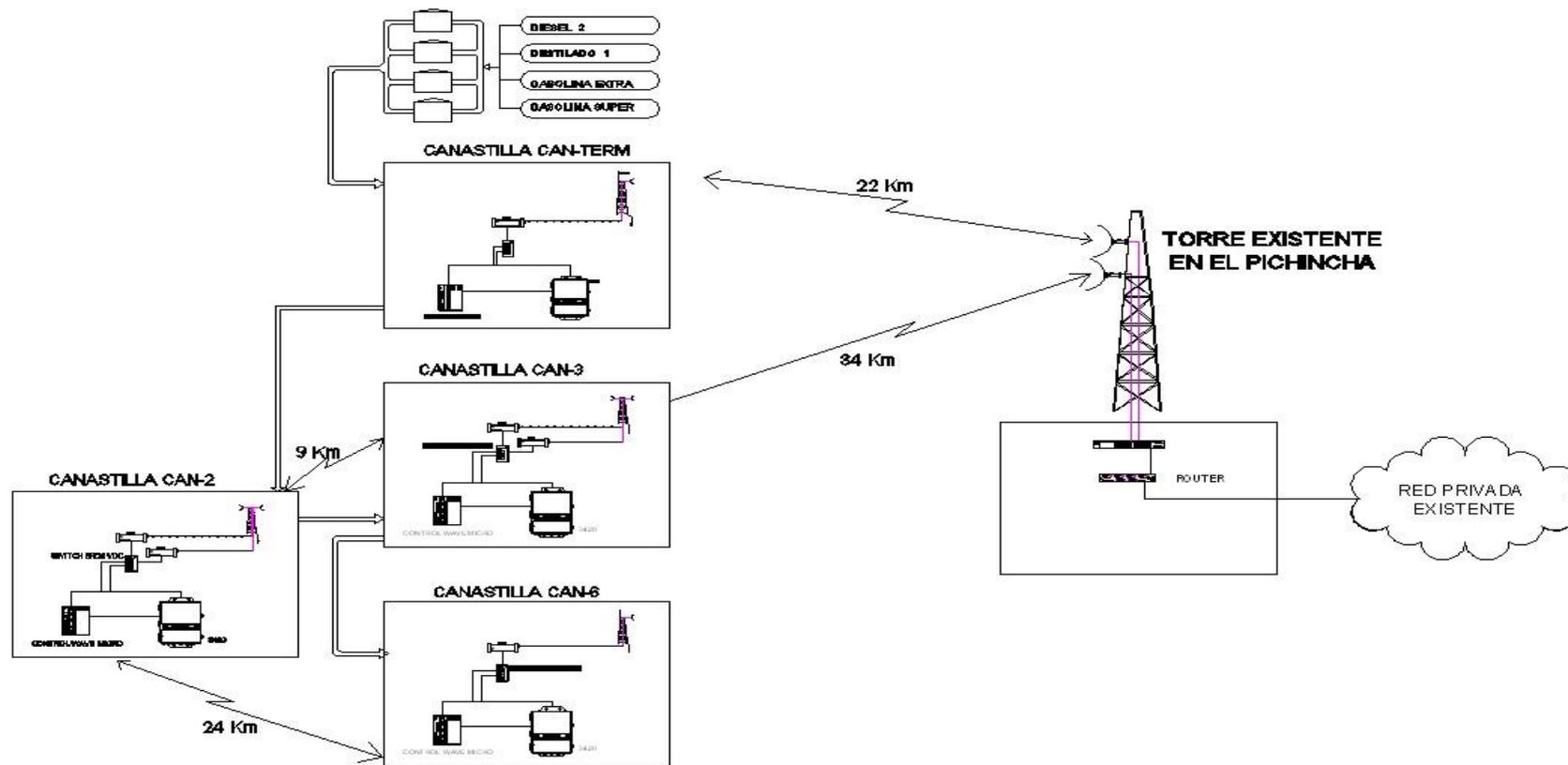


Figura No. 77: Esquema General de los Enlaces en el Cerro Pichincha.

Fuente: Equipos EP-PETROECUADOR.

En la figura No. 77 se muestra la distribución como se encuentra separado los radio enlaces que corresponden al cerro Pichincha así como también muestra la distancia que se tiene en cada uno de los enlaces.

En el enlace que se tiene desde la CAN-2 hacia la CAN-6 tiene una distancia de 24km y que a su vez la CAN-2 se une con la CAN-3 que tiene una distancia de 9Km este enlace está constituido de esta manera porque no tiene línea de vista directo desde CAN-2 y CAN-6 es por esa razón que se unen a CAN-3 y esta envía su enlace directo con una distancia de 34Km y va dirigido al cerro Pichincha.

El otro enlace que se tiene es de CAN-TERM con una distancia de 22km en línea directa hacia el cerro Pichincha ya que este punto de enlace se encuentra en un lugar plano, debido a que tiene línea de vista directa.

Se puede ver que a partir de la recepción de los dos radios enlaces se conectan a un switch y a un router que envían los datos hacia la red privada que dispone EP-PETROECUADOR.

3.1.10.2 Arquitectura de las Estaciones Hacia PILISURCO

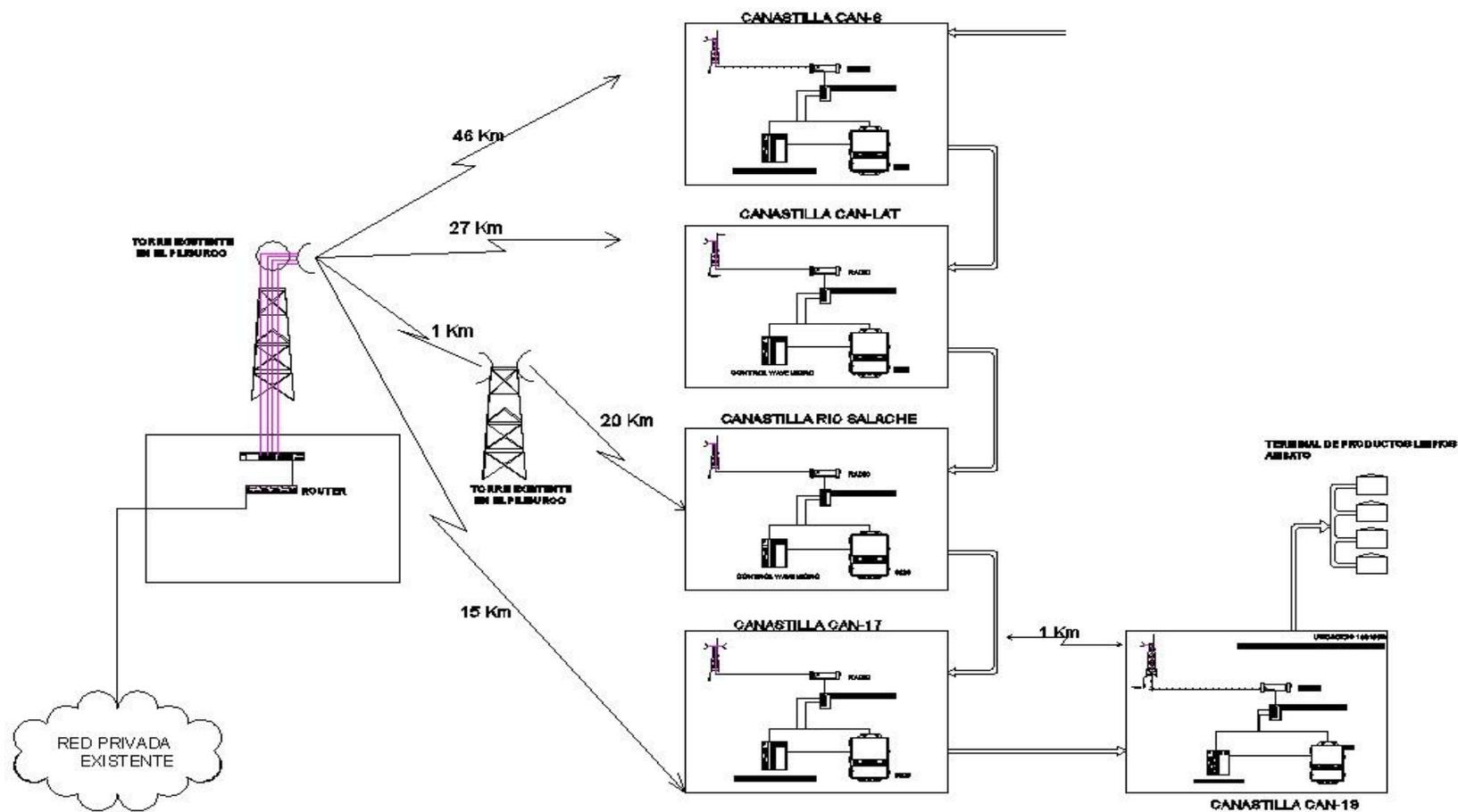


Figura No. 78: Esquema general de los Enlaces en el Cerro Pilisurco.

Fuente: Equipos EP-PETROECUADOR.

En la figura No. 78 que se muestra la distribución como se encuentra separado los radio enlaces que corresponden al cerro PILISURCO así como también muestra la distancia que se tiene en cada uno de los enlaces.

El radio enlace desde la CAN-18 hacia la CAN-17 es separado por una quebrada de corta distancia y por motivo que no se dispone de línea de vista se realiza este enlace obteniendo una distancia de 1Km y se utiliza radios no tan potentes.

En el caso de los otros radios enlaces son directos hacia el cerro PILISURCO ya que tienen línea de vista directa con la montaña.

La CAN-8 que se une de manera directa tiene una distancia de 46Km es la más larga con respecto a los demás radio enlaces y para este enlace se utiliza radios robustos para que no se caiga el enlace porque la distancia afecta a la sensibilidad que se tiene con estos equipos.

En el caso de la CAN-LAT su distancia es de 27Km en línea directa hacia el cerro y no se ocupa un radio muy robusto ya que la distancia que es menor pero el mal clima en este sector afecta en los enlaces.

Por último se tiene el enlace de la CAN-RIO SALACHE el cual tiene una repetidora en la torre de CNT ubicada en el cerro PILISURCO y de ahí envía por medio de otro enlace hacia la torre de la EP-PETROECUADOR.

En este radio enlace es donde más problemas se tiene ya que los radios que se utiliza son de bajo rendimiento y ocasionan constantemente problemas al momento del monitoreo en este punto.

3.1.11 Análisis del Enlace que Actualmente Dispone el Poliducto QUITO – AMBATO con las Coordenadas de la Empresa que Instalo con el Software RADIO MOBILE.

3.1.11.1 Enlace General de la Distribución de los Radio Enlaces.

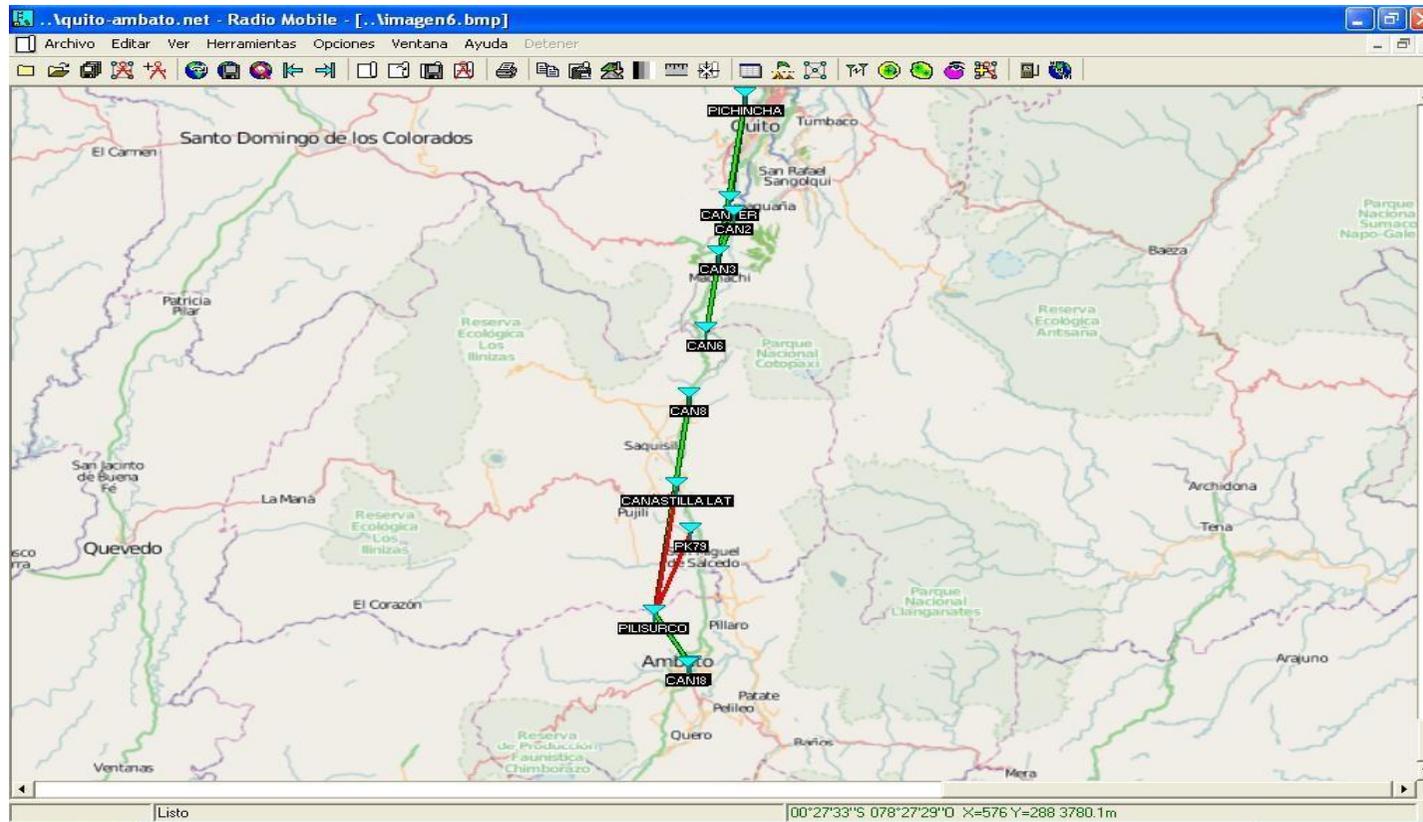


Figura No. 79: Mapa Urbano.

Elaborado por: El autor.

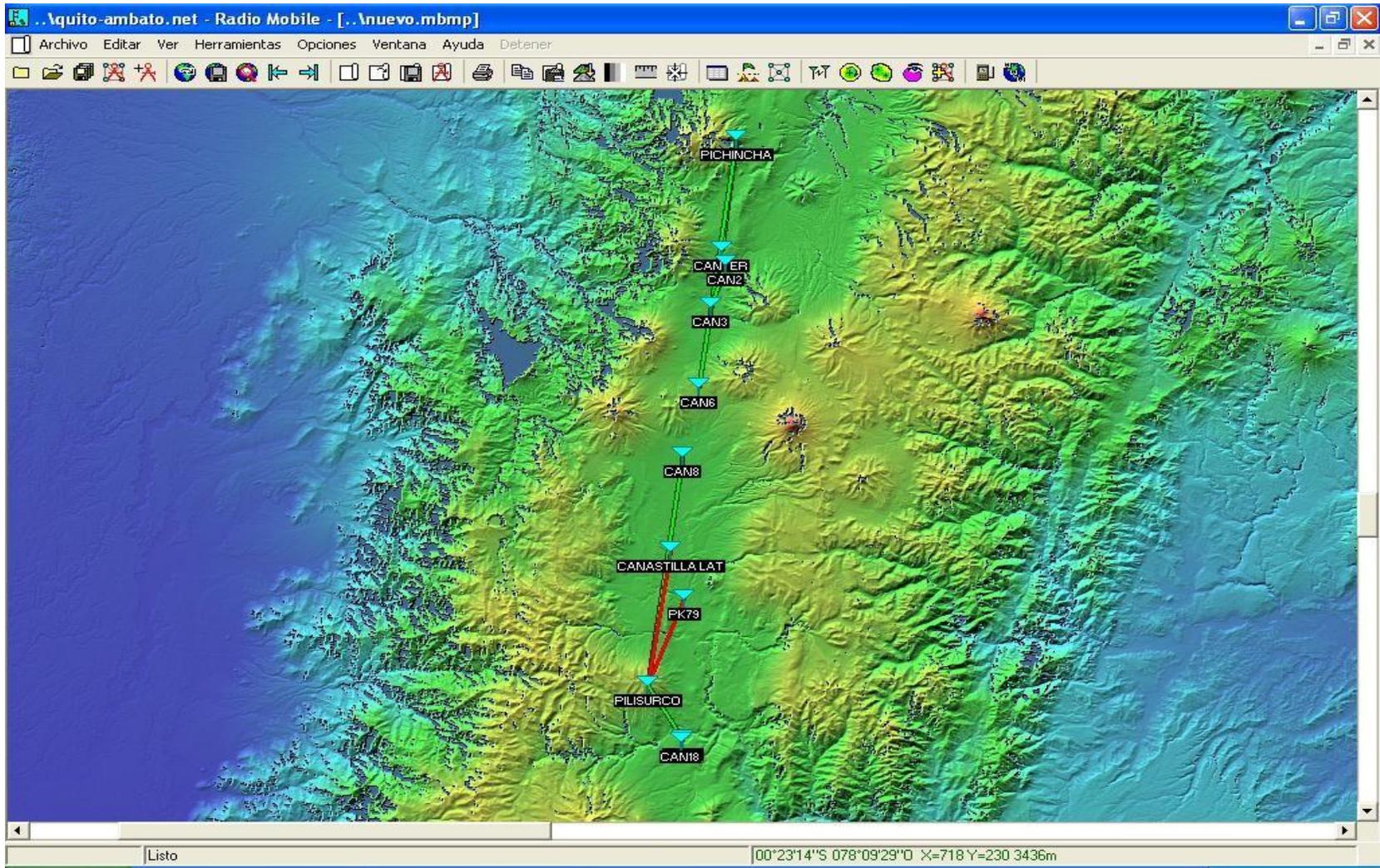


Figura No. 80: Mapa de las Montañas.

Elaborado por: El autor.

3.1.11.2 Enlace CANTER – PICHINCHA

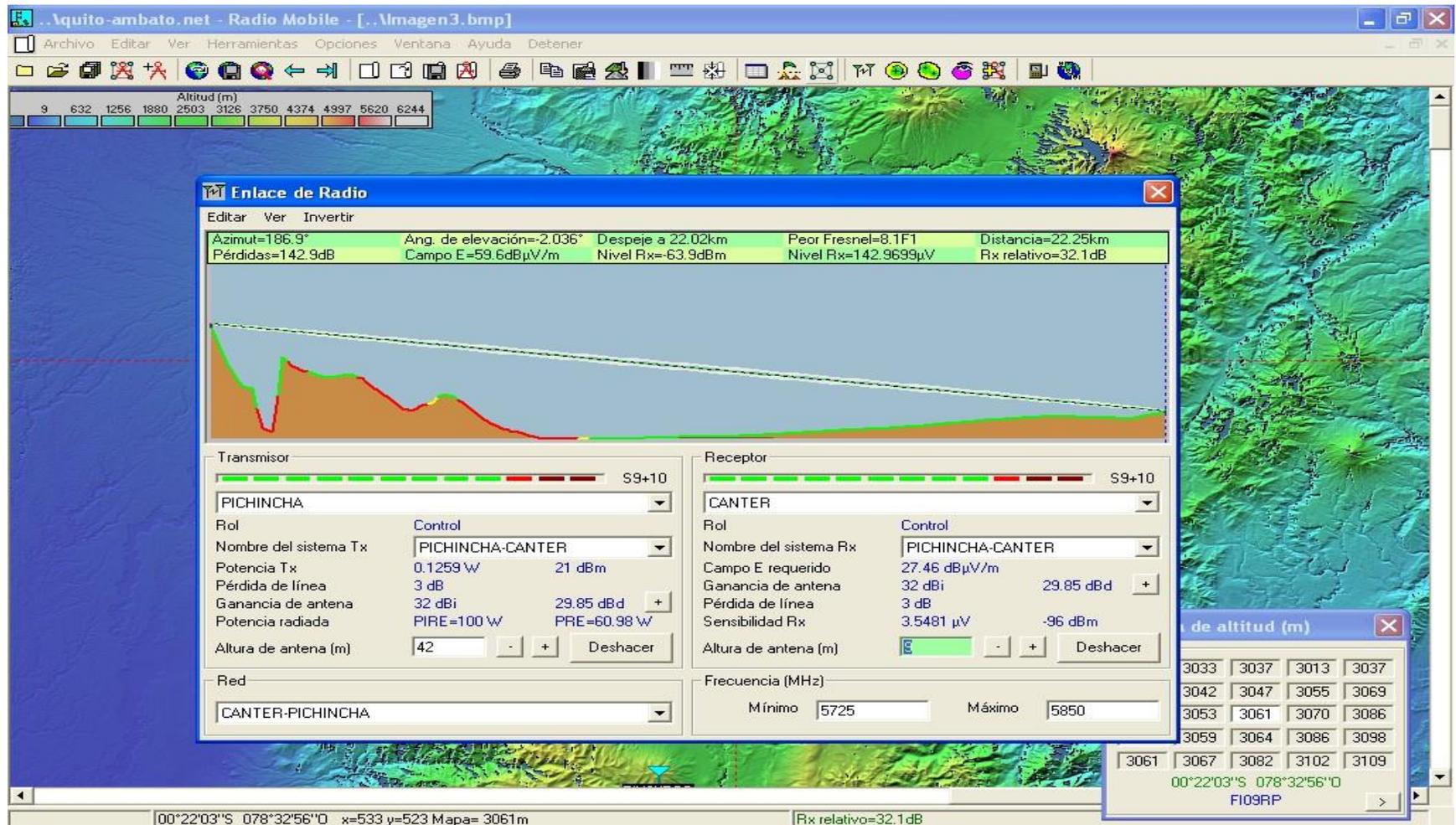


Figura No. 81: Enlace CAN-TERM – PICHINCHA.

Elaborado por: El autor.

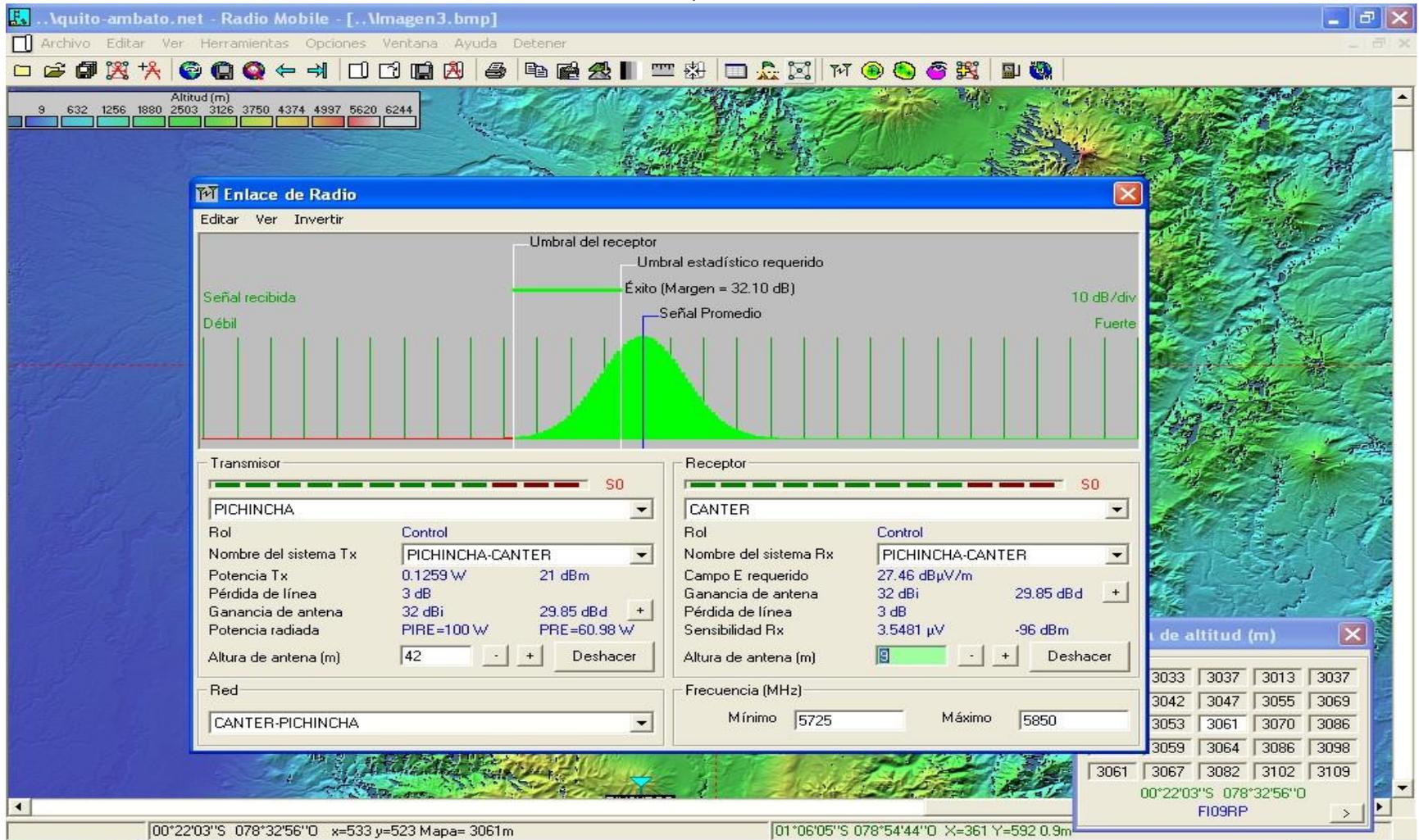


Figura No. 82: Distribución del Enlace CAN-TERM – PICHINCHA.

Elaborado por: El autor.

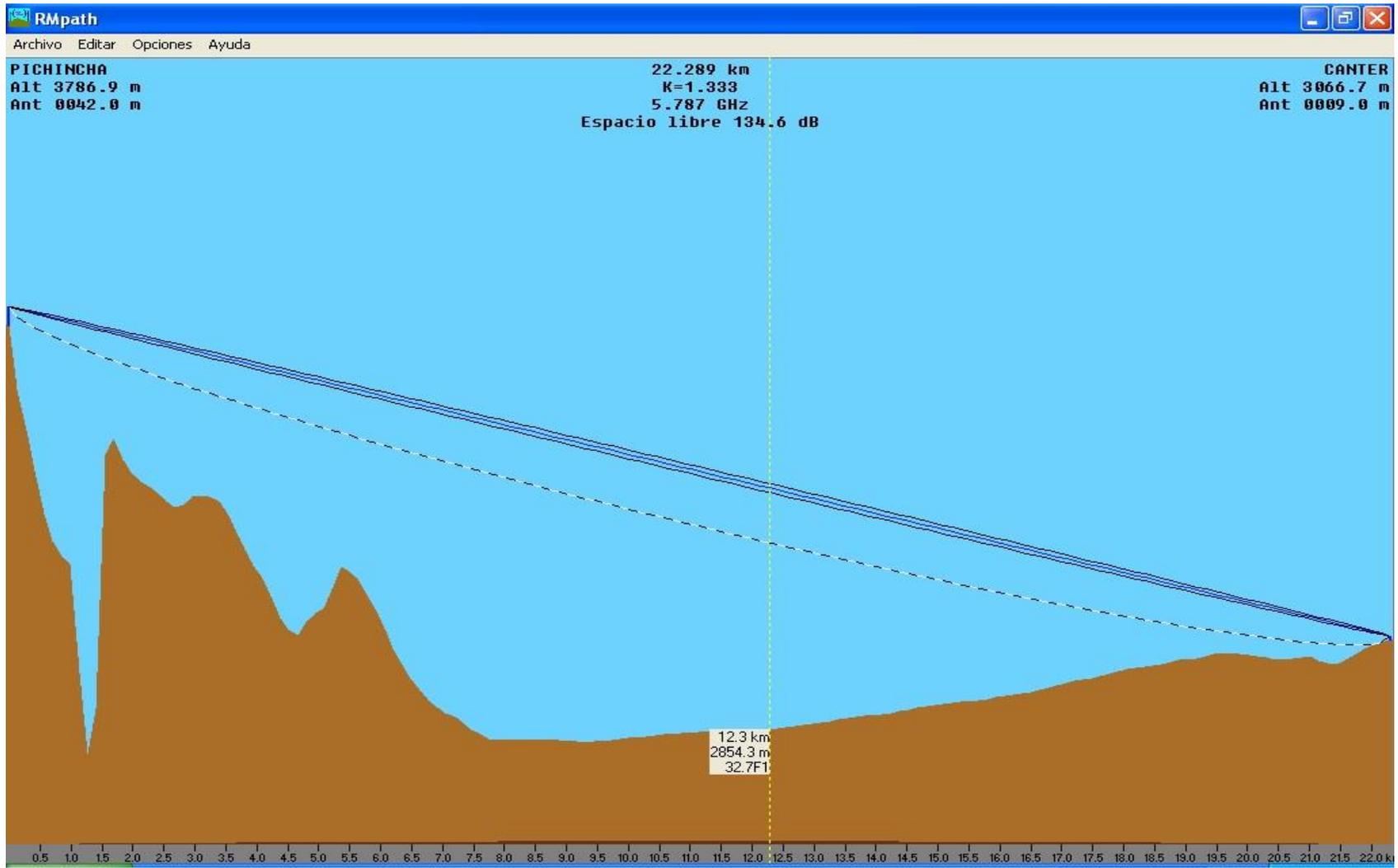


Figura No. 83: Perfil Topográfico del enlace CAN-TERM – PICHINCHA.

Elaborado por: El autor.

Cálculos del Enlace CAN-TERM – PICHINCHA

Parte 1/2

CÁLCULOS REALIZADOS Y CONFIABILIDAD

Azimut norte verdadero : 186.9°

Angulo de elevación : -2.19°

Despeje : 22.10Km

Nivel Rx : -66.4dBm

ATENUACIONES

Espacio libre 134.6dB

Obstrucción -1.6dB

Urbano 0

Bosque 0

Estadísticas 6.7dB

TOTAL

142.9dB

130

Parte 2/2

GANANCIAS

Ganancia del sistema de CANTER a Pichincha es de 175.5 dB

Ganancia del sistema de Pichincha a CANTER es de 175.5 dB

MARGEN PARA EL DESVANECIMIENTO

32.6dB

CONFIABILIDAD

MD SIMULADO = 32.6dB

MD NECESARIO PARA UNA CONFIABILIDAD DEL 99.99% = 20.4dB (Calculado con la ecuación de Barnett-Vignant)

32.6dB > 20.4dB cumple lo especificado.

Tabla No.9: Cálculos del Enlace CAN-TERM – PICHINCHA.

Elaborado por: El autor.

3.1.11.3 Enlace CAN3 – CAN2

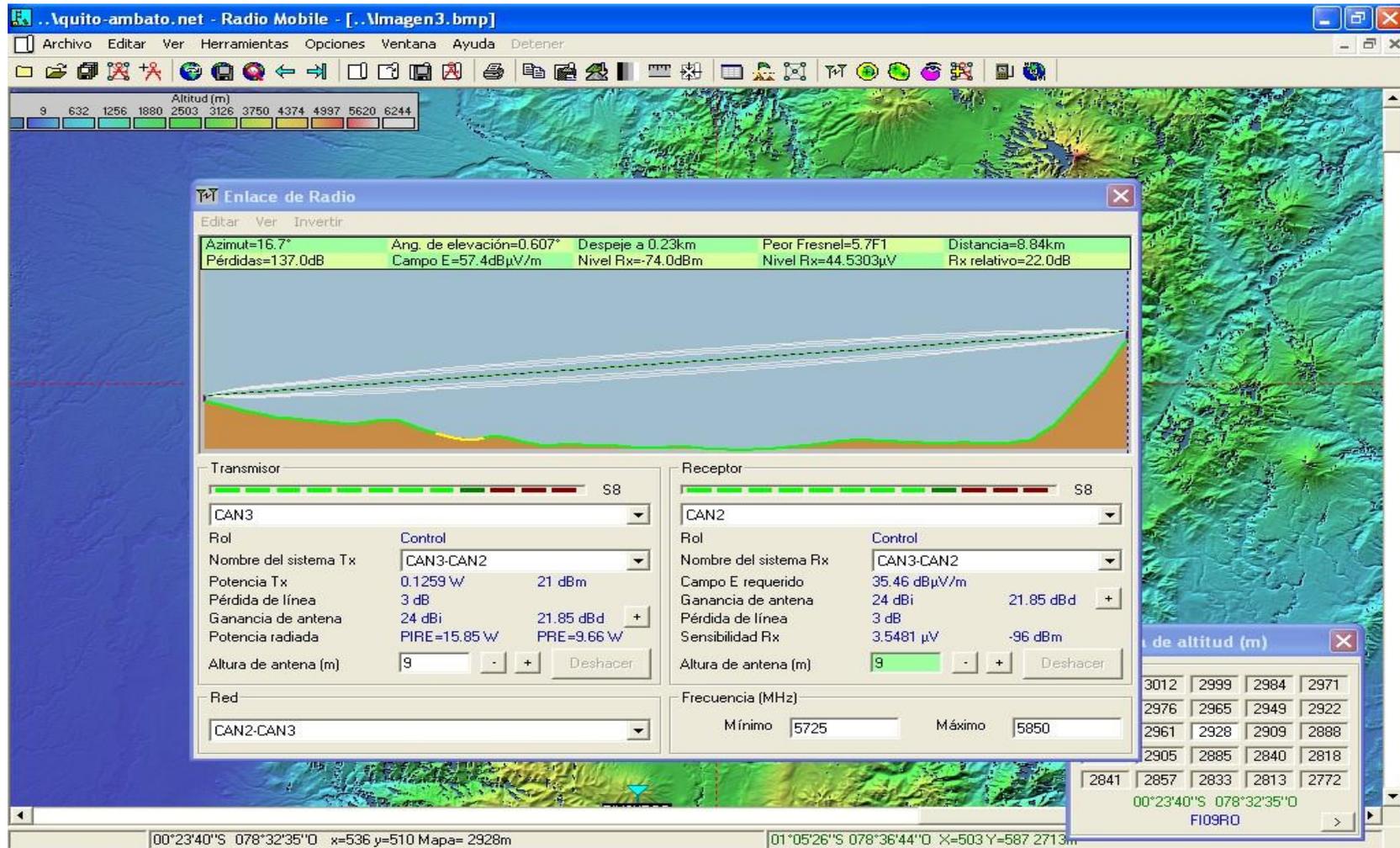


Figura No. 84: Enlace CAN-3 – CAN-2

Elaborado por: El autor.

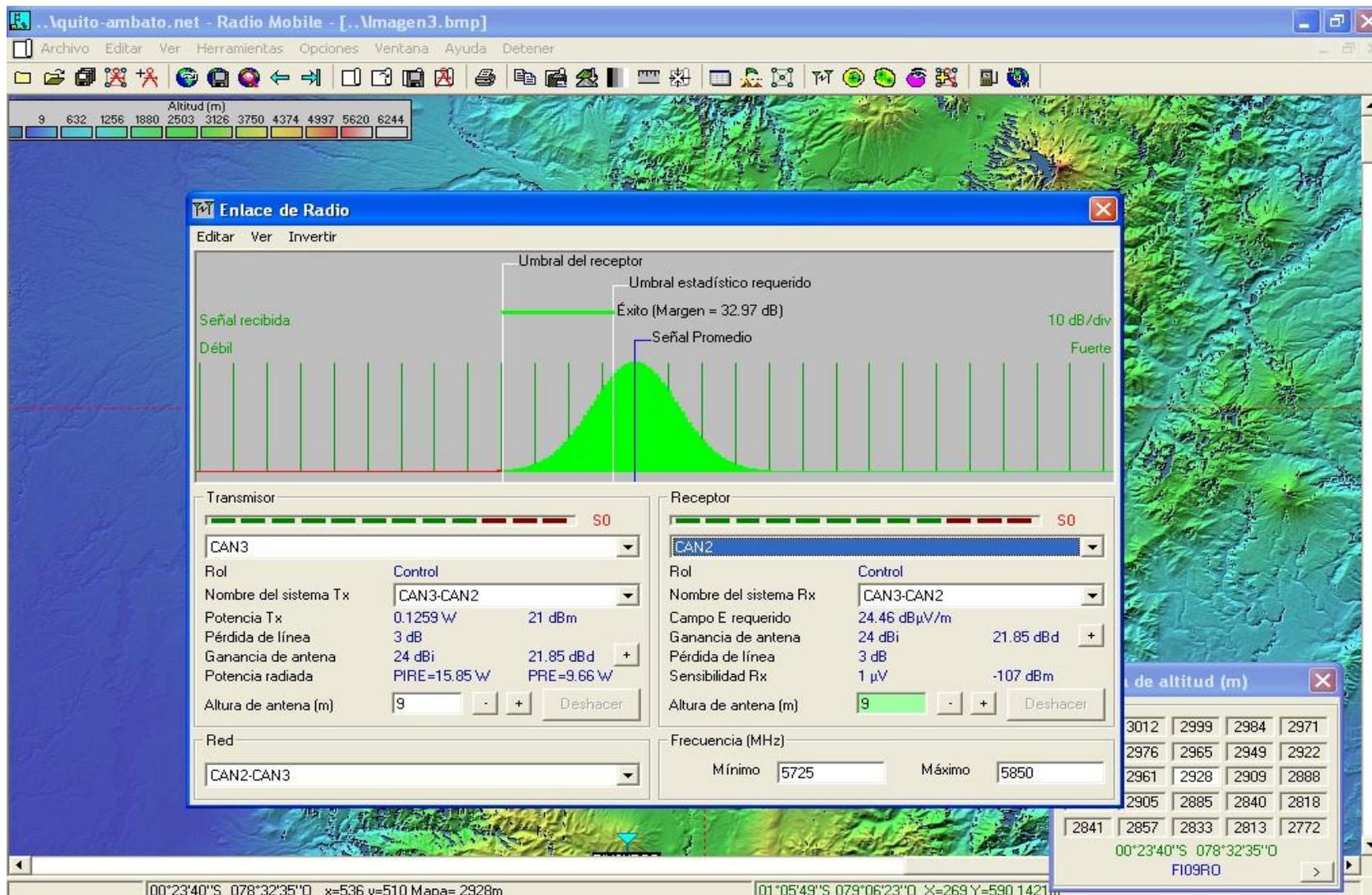


Figura No. 85: Distribución del Enlace CAN-3 – CAN-2

Elaborado por: El autor.

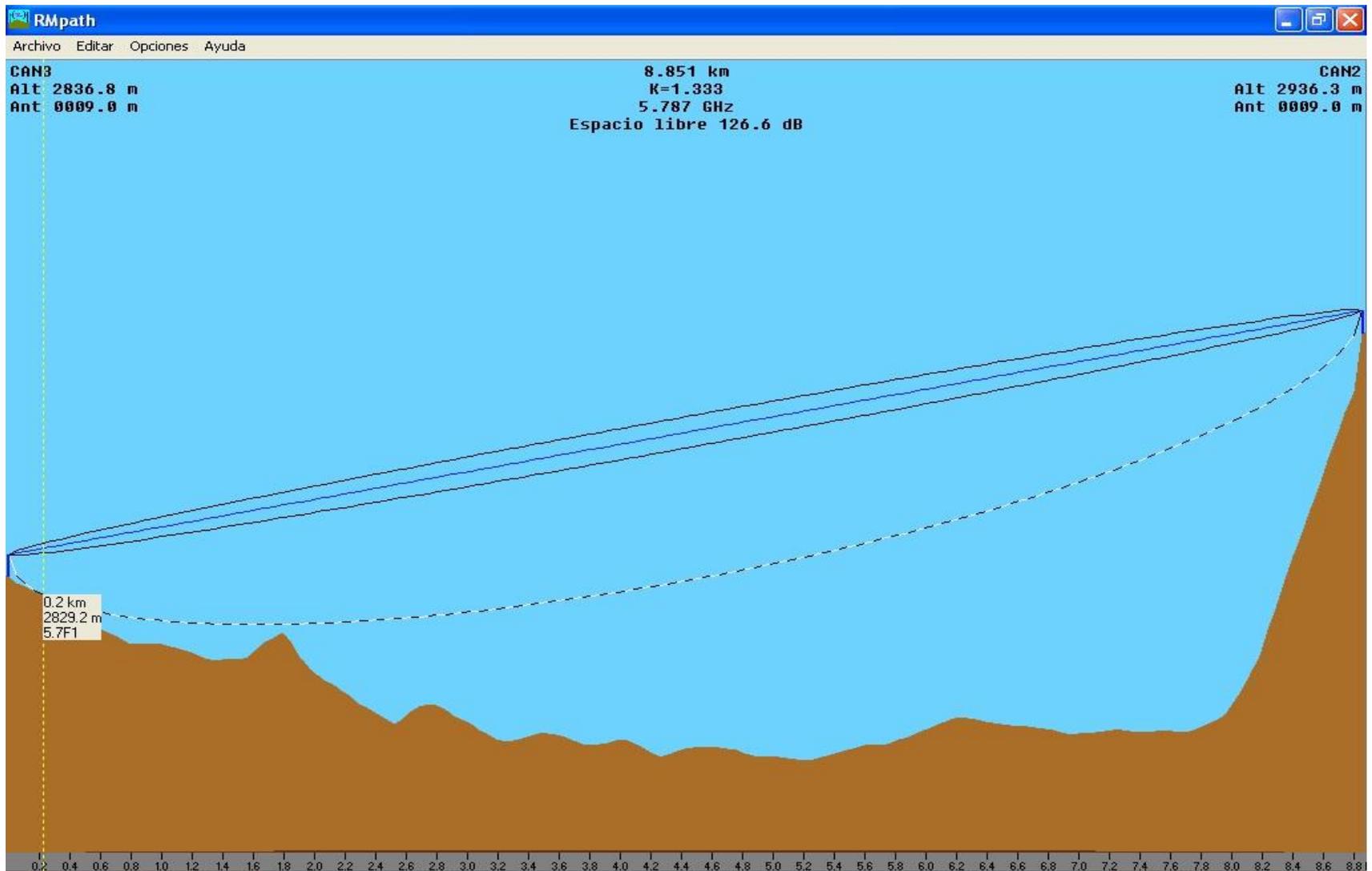


Figura No. 86: Perfil Topográfico del Enlace CAN-3 – CAN-2

Elaborado por: El autor.

Cálculos del Enlace CAN-3 – CAN-2

Parte 1/2

CÁLCULOS REALIZADOS Y CONFIABILIDAD

Azimut norte verdadero : 16.6°

Angulo de elevación : 0.15°

Despeje : 2.04Km

Nivel Rx : -67.6dBm

ATENUACIONES

Espacio libre 126.6dB

Obstrucción -2.6dB

Urbano 0

Bosque 0

Estadísticas 6.6dB

TOTAL

130.6dB

135

Parte 2/2

GANANCIAS

Ganancia del sistema de CAN2 a CAN3 es de 160 dB

Ganancia del sistema de CAN3 a CAN2 es de 160 dB

MARGEN PARA EL

DESVANECIMIENTO

29.4dB

CONFIABILIDAD

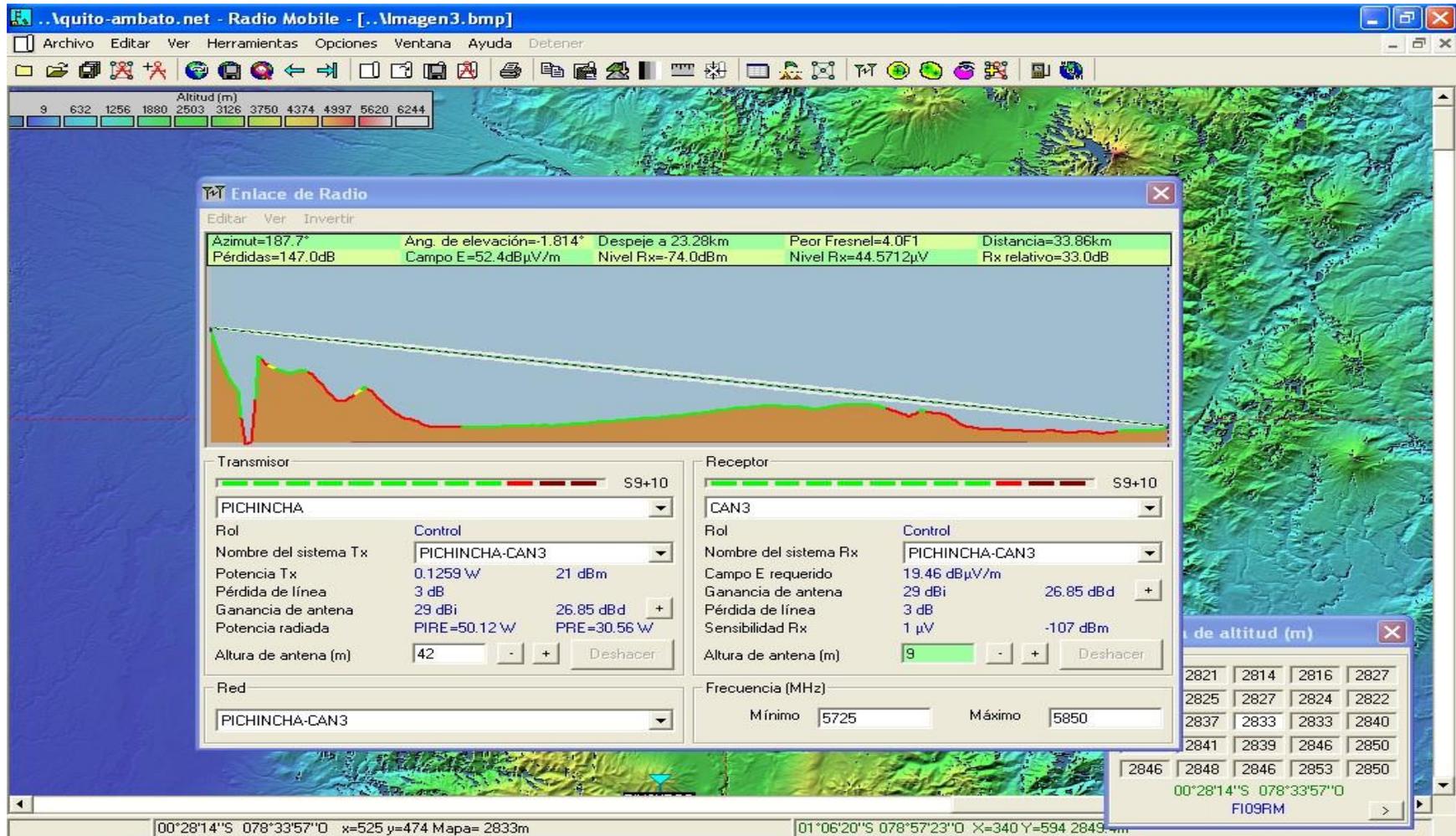
MD SIMULADO = 29.4dB
MD NECESARIO PARA UNA CONFIABILIDAD (Calculado con la ecuación de
DEL 99.99% = 18.4dB Barnett-Vignant)

29.4dB > 18.4dB cumple lo especificado.

Tabla No.10: Cálculos del Enlace CAN-3 – CAN-2.

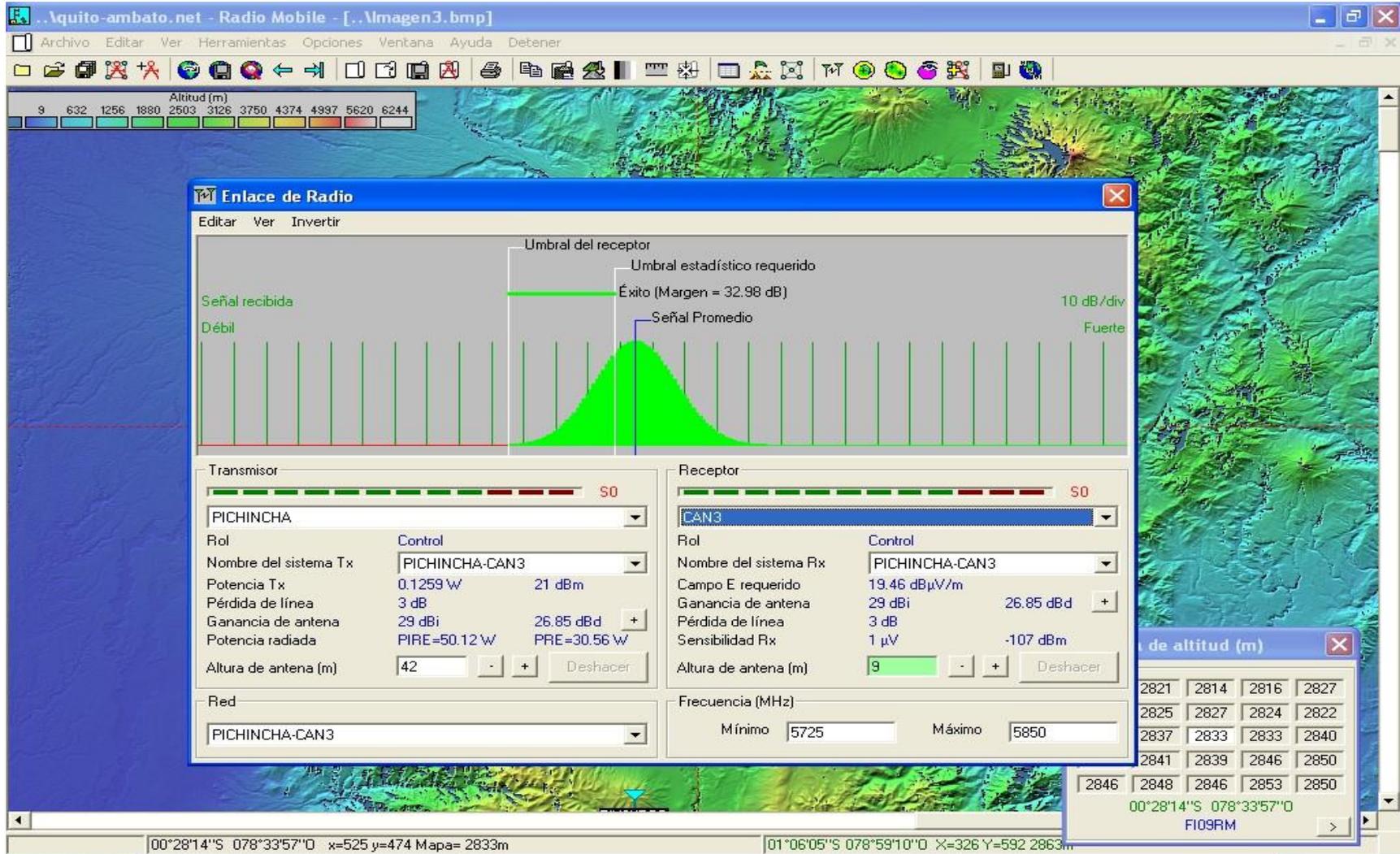
Elaborado por: El autor.

3.1.11.4 Enlace CAN3 – PICHINCHA



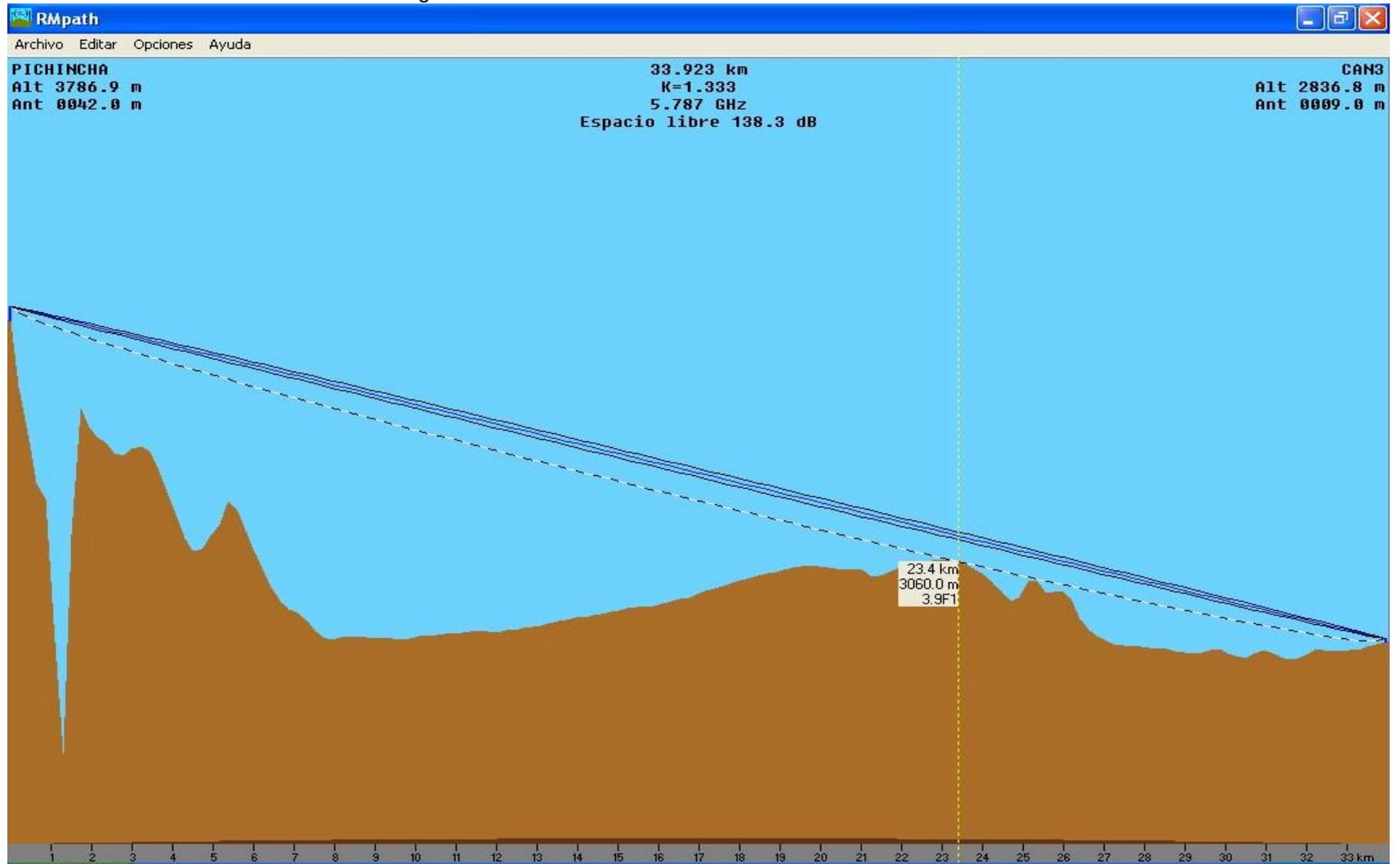
Elaborado por: El autor.

Figura No. 87: Enlace CAN-3 – PICHINCHA.



Elaborado por: El autor.

Figura No. 88: Distribución del Enlace CAN-3 – PICHINCHA



Elaborado por: El autor.

Figura No. 89: Perfil Topográfico del Enlace CAN-3 – PICHINCHA

Elaborado por: El autor.

Cálculos del Enlace CAN-3 – PICHINCHA.

Parte 1/2

CÁLCULOS REALIZADOS Y CONFIABILIDAD

Azimut norte verdadero : 188.1°

Angulo de elevación : -1.8°

Despeje : 25.97Km

Nivel Rx : -70.9dBm

ATENUACIONES

Espacio libre 138.4dB

Obstrucción -0.1dB

Urbano 0

Bosque 0

Estadísticas	6.7dB
TOTAL	144.9dB

140

Parte 2/2

GANANCIAS

Ganancia del sistema de CAN3 a Pichincha es de
173 dB

Ganancia del sistema de Pichincha a CAN3 es de
173 dB

MARGEN PARA EL DESVANECIMIENTO

28.1dB

CONFIABILIDAD

MD SIMULADO = 28.1dB
MD NECESARIO PARA UNA CONFIABILIDAD DEL 99.99% = 25.7dB (Calculado con la ecuación de Barnett-Vignant)

28.1dB > 25.7dB cumple lo especificado.

Tabla No.11: Cálculos del Enlace CAN-3 – PICHINCHA.

Elaborado por: El autor.

3.1.11.5 Enlace CAN6 – PICHINCHA

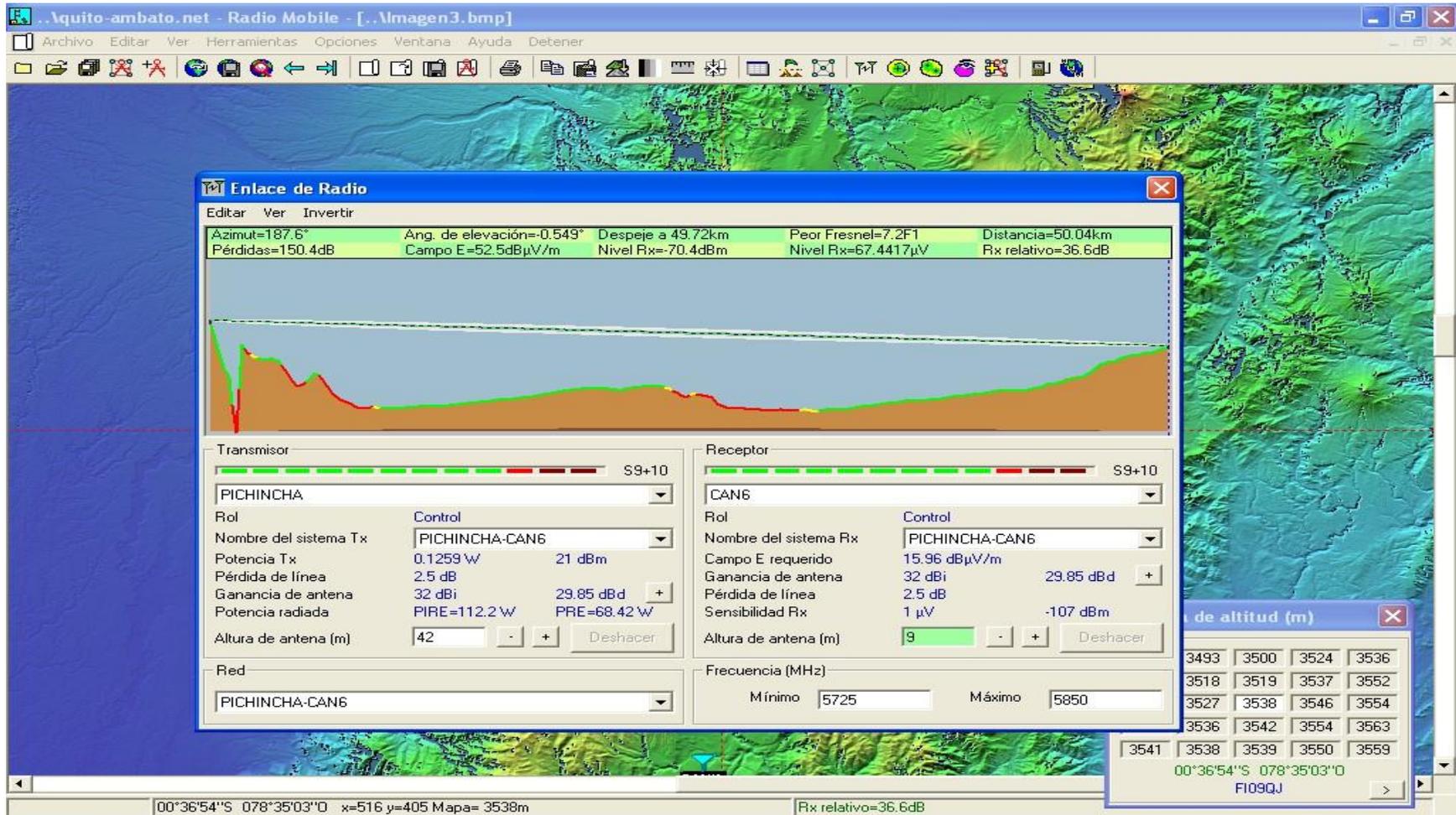
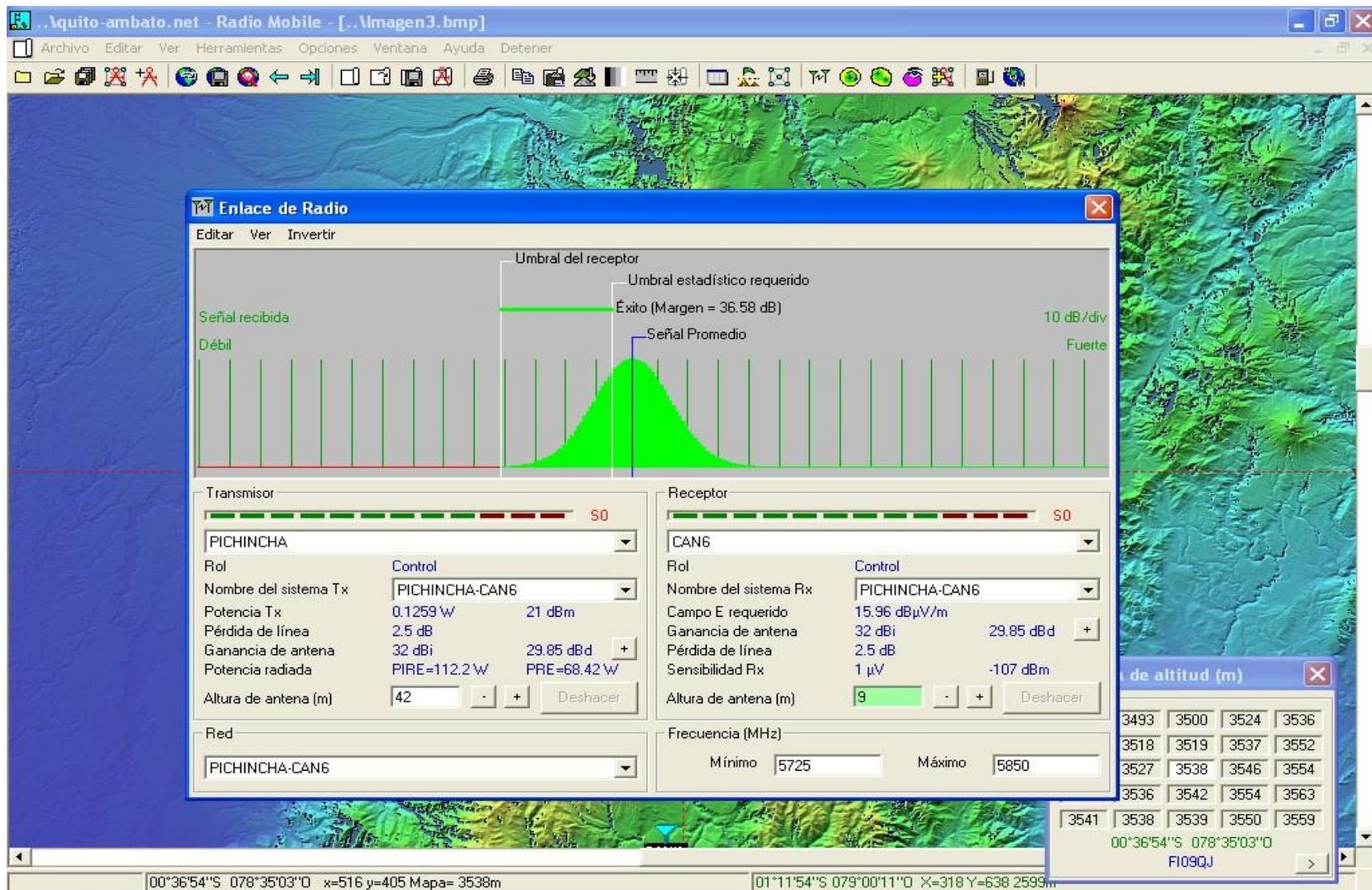


Figura No. 90: Enlace CAN-6 – PICHINCHA.

Elaborado por: El autor.



Fuente No. 91: Distribución del Enlace CAN-6 – PICHINCHA

Elaborado por: El autor.

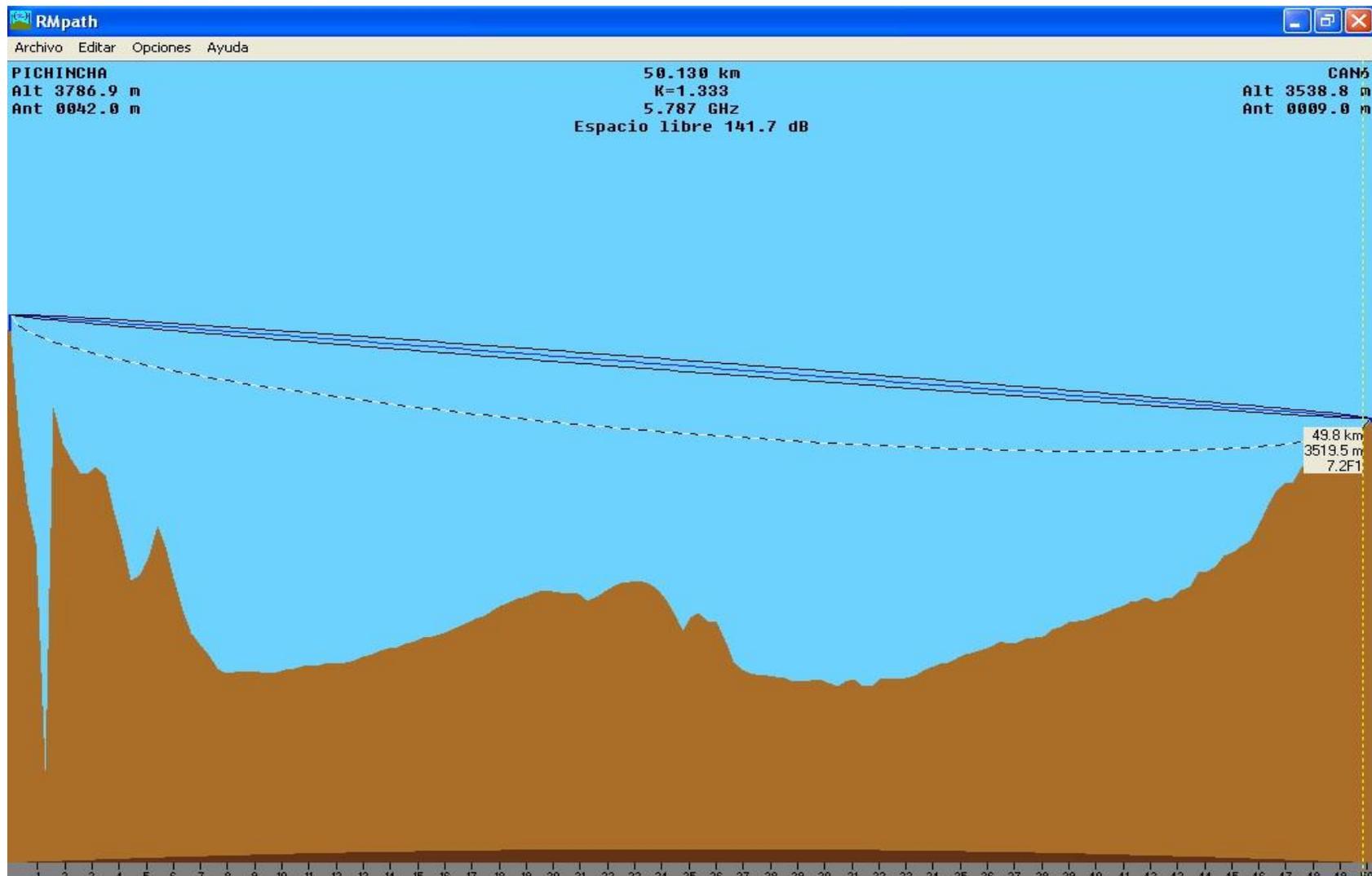


Figura No. 92: Perfil Topográfico del Enlace CAN-6 – PICHINCHA

Elaborado por: El autor.

Cálculos del Enlace CAN-6 – PICHINCHA Parte 1/2

CÁLCULOS REALIZADOS Y CONFIABILIDAD

Azimut norte verdadero : 187.6°

Angulo de elevación : -0.629°

Despeje : 49.72Km

Nivel Rx : -68.2dBm

ATENUACIONES

Espacio libre 141.6dB

Obstrucción -0.1dB

Urbano 0

Bosque 0

Estadísticas 6.7dB

TOTAL 148.2dB

145

Parte 2/2

GANANCIAS

Ganancia del sistema de CAN6 a Pichincha es de 179.0 dB

Ganancia del sistema de Pichincha a CAN6 es de 179 dB

MARGEN PARA EL DESVANECIMIENTO

30.8dB

CONFIABILIDAD

MD SIMULADO = 30.8dB

MD NECESARIO PARA UNA CONFIABILIDAD DEL 99.99% = 30.6dB (Calculado con la ecuación de Barnett-Vignant)

30.8dB > 30.6dB cumple lo especificado.

Tabla No.12: Cálculos del Enlace CAN-6 – PICHINCHA.

Elaborado por: El autor.

3.1.11.6 Enlace CAN8 – PILISURCO

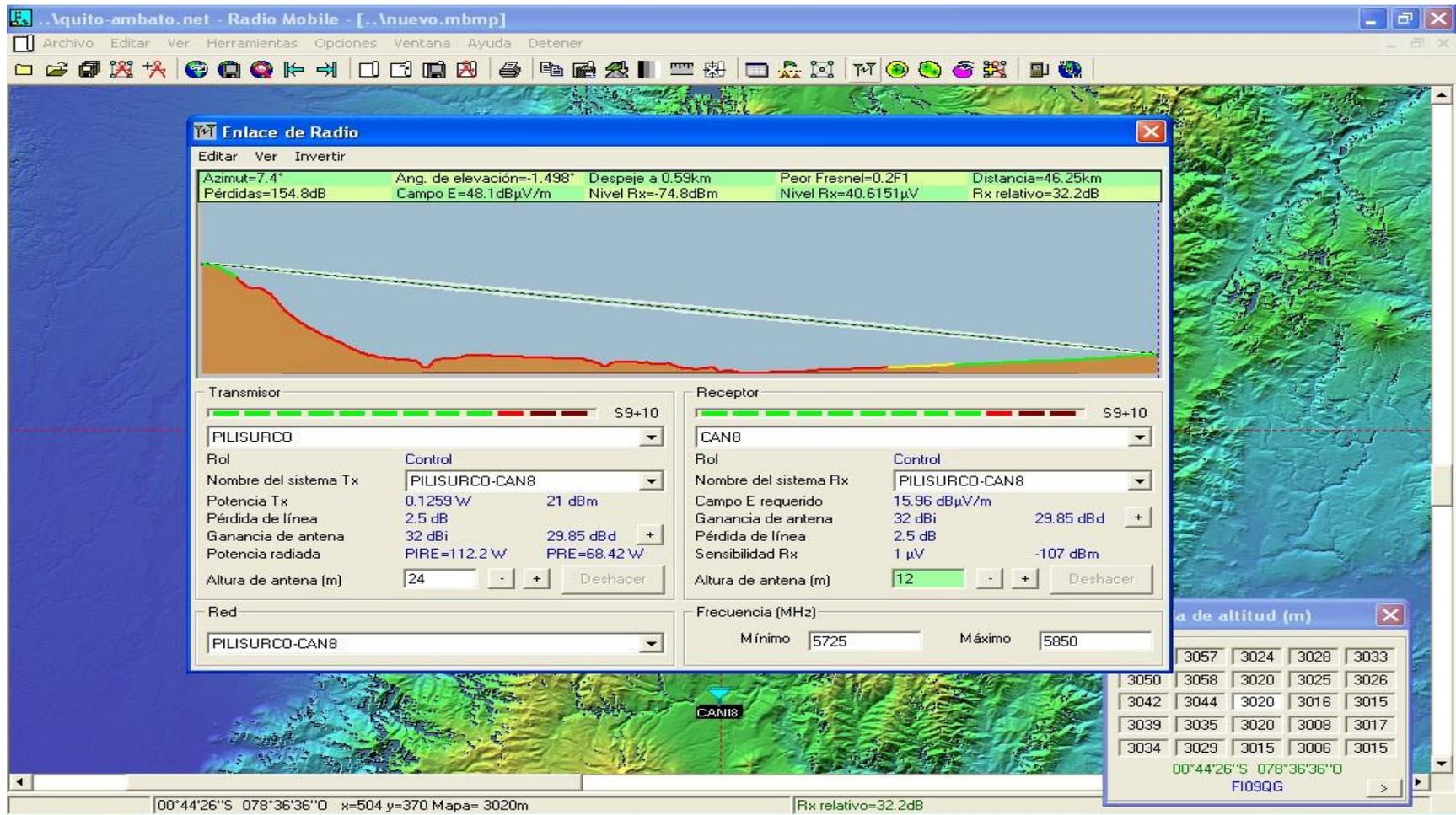
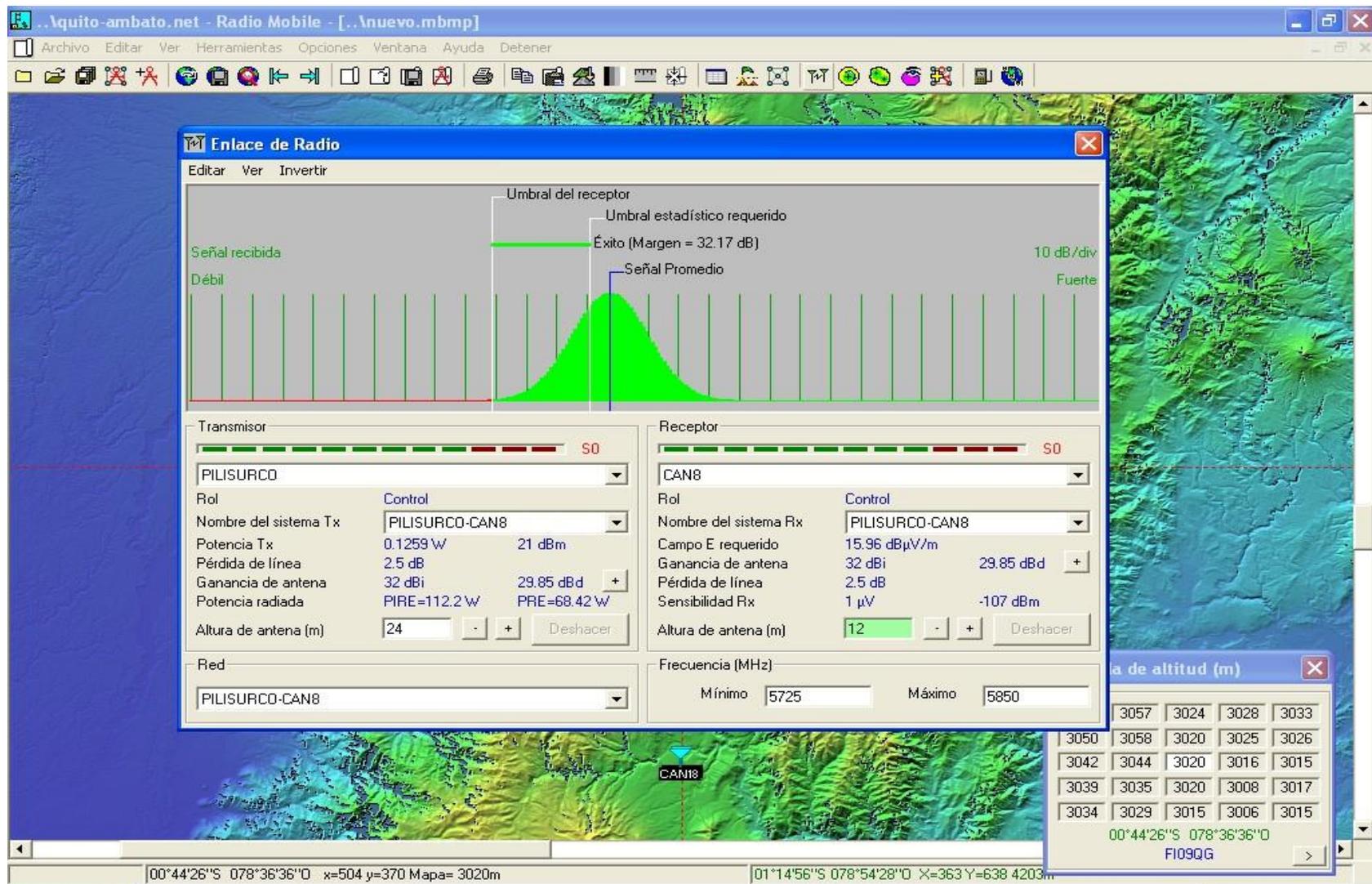


Figura No. 93: Enlace CAN-8 – PILISURCO.

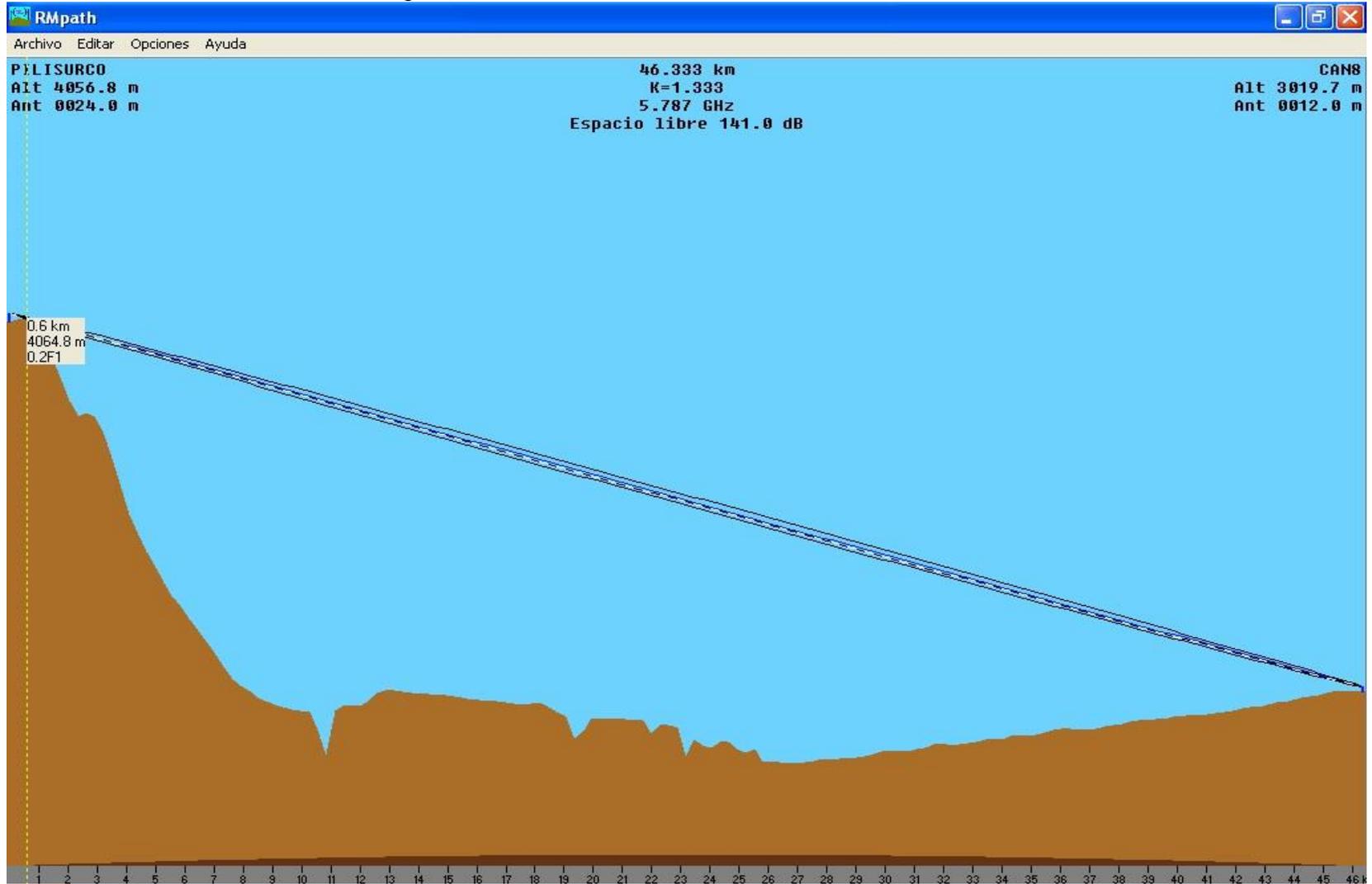
Elaborado por: El autor.

Elaborado por: El autor.



Elaborado por: El autor.

Figura No. 94: Distribución del Enlace CAN-8 – PILISURCO.



Elaborado por: El autor.

Figura No. 95: Perfil Topográfico del Enlace CAN-8 – PILISURCO.

Elaborado por: El autor.

Cálculos del Enlace CAN-8 – PILISURCO

Parte 1/2

CALCULOS REALIZADOS Y CONFIABILIDAD

Azimut norte verdadero : 7.6°
Angulo de elevación : -1.6°
Despeje 45.38Km
Nivel Rx : -67.5Bm

ATENUACIONES

Espacio libre	141dB
Obstrucción	-0.1dB
Urbano	0
Bosque	0

Estadísticas 6.7dB

TOTAL 147.5dB

150

Parte 2/2

GANANCIAS

Ganancia del sistema de CAN8 a Pilisurco es de 179 dB

Ganancia del sistema de Pilisurco a CAN8 es de 179 dB

MARGEN PARA EL DESVANECIMIENTO (MD)

31.5dB

CONFIABILIDAD

MD SIMULADO = 31.5dB

MD NECESARIO PARA UNA CONFIABILIDAD DEL 99.99% = 29.4dB (Calculado con la ecuación de Barnett-Vignant)

31.5 > 29.4dB cumple lo especificado.

Tabla No.13: Cálculos del Enlace CAN-8 – PILISURCO.

Elaborado por: El autor.

3.1.11.7 Enlace CANLAT – PILISURCO

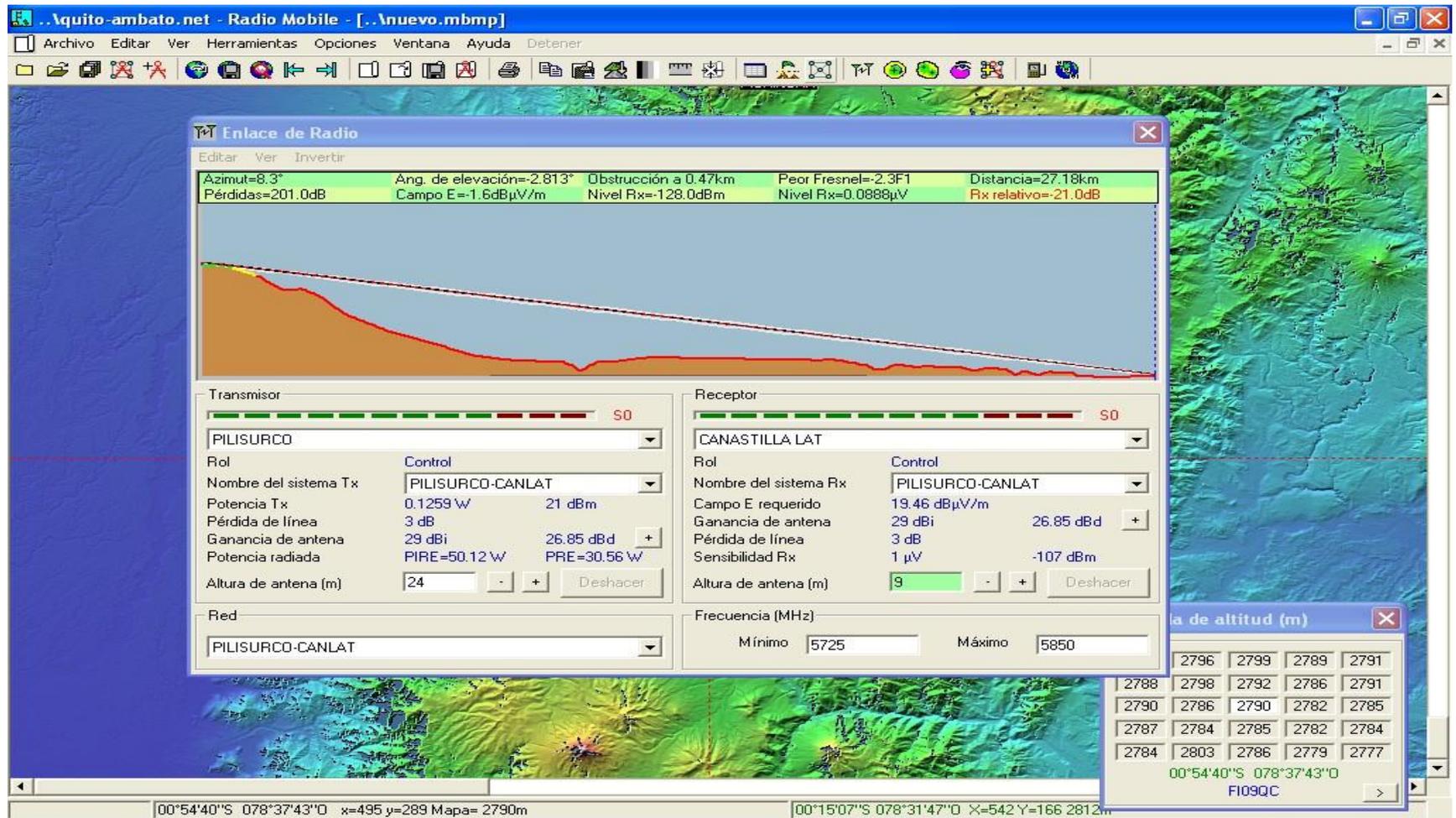


Figura No. 96: Enlace CAN-LAT – PILISURCO.

Elaborado por: El autor.

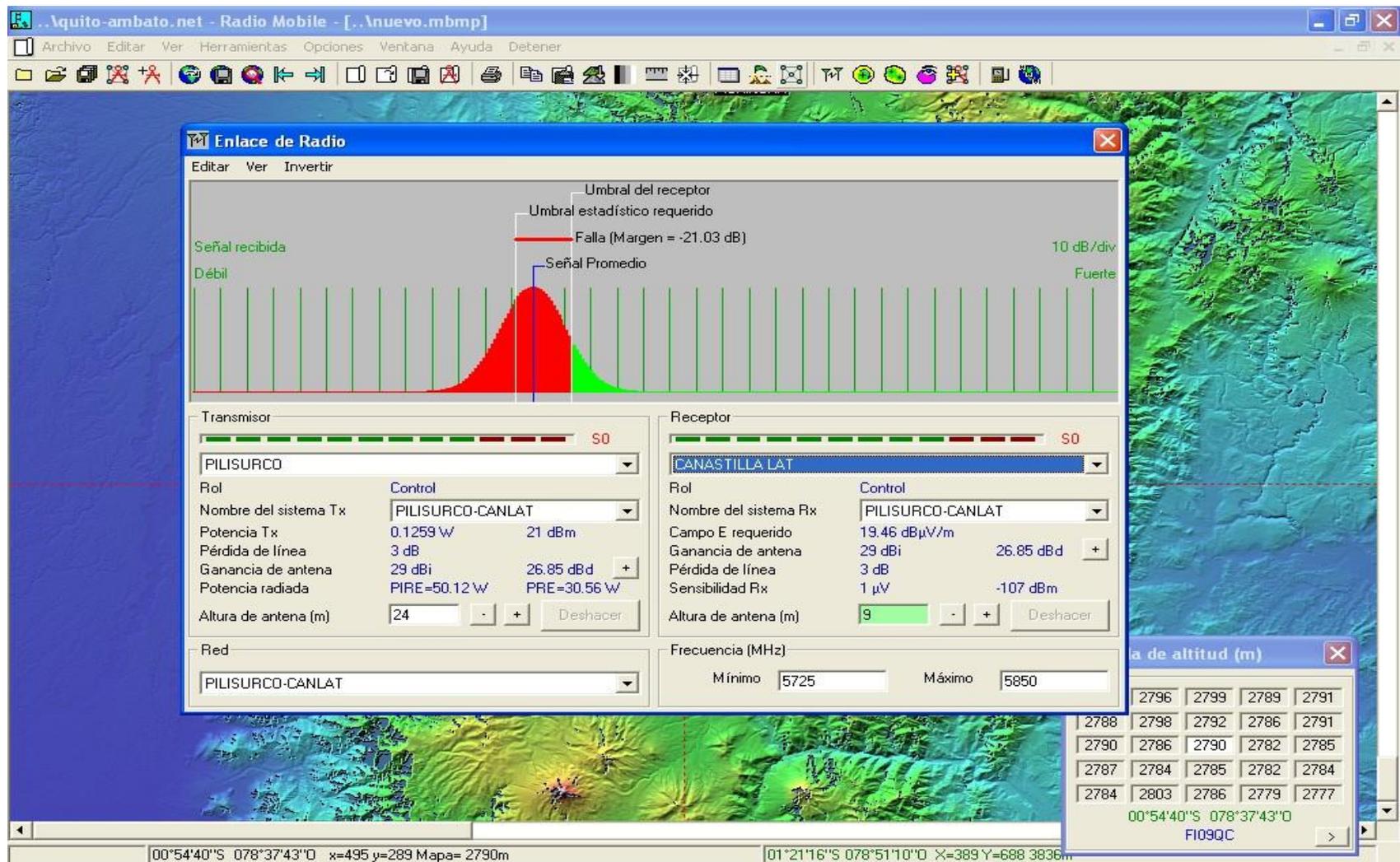


Figura No. 97: Distribución del Enlace CAN-LAT – PILISURCO

Elaborado por: El autor.

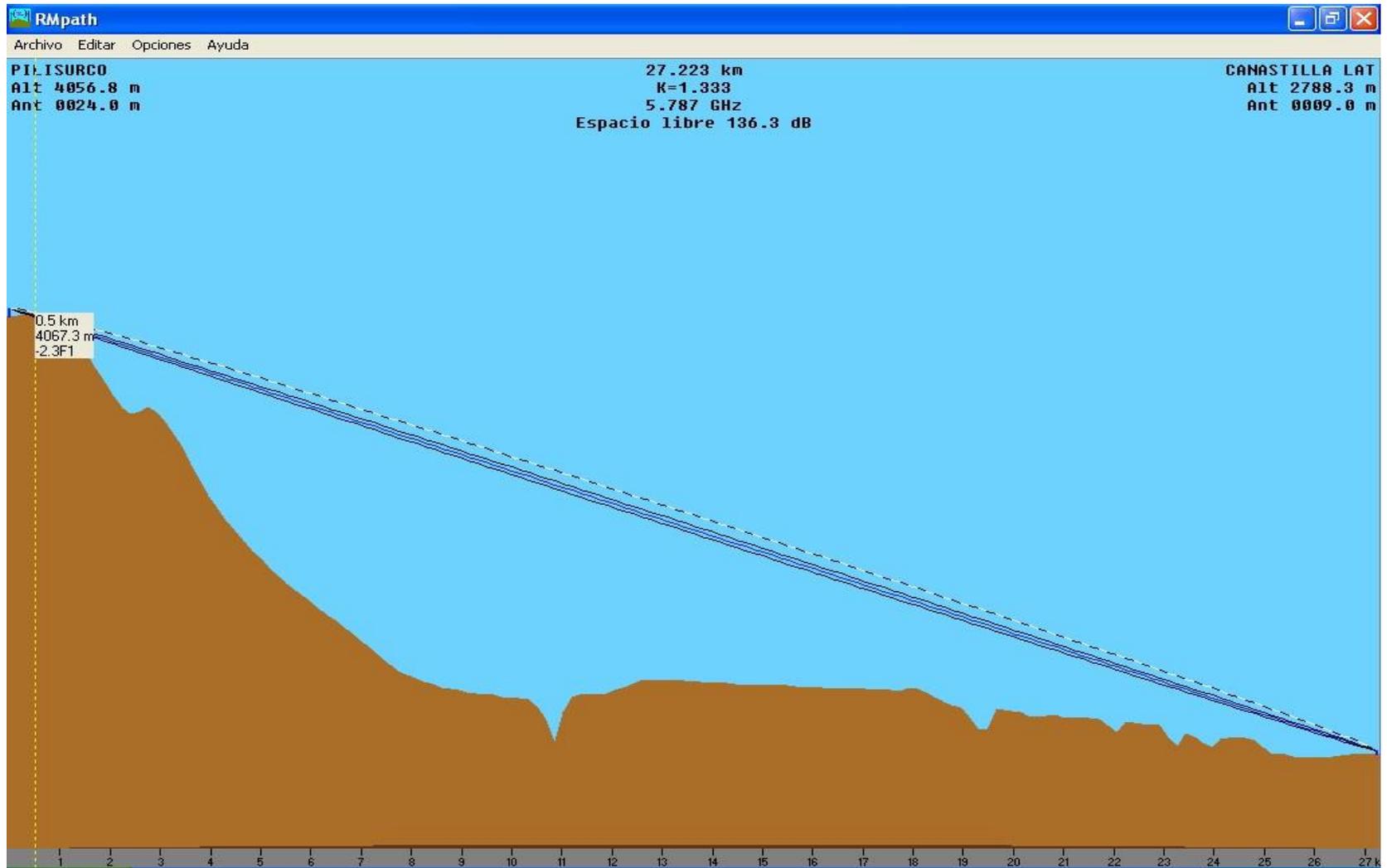


Figura No. 98: Perfil Topográfico del Enlace CAN-LAT – PILISURCO.

Elaborado por: El autor.

Cálculos del Enlace CAN-LAT – PILISURCO

Parte 1/2

CÁLCULOS REALIZADOS Y CONFIABILIDAD

Azimut norte verdadero	: 8.5°
Angulo de elevación	: -2.9°
Despeje	24.6Km
Nivel Rx	: -68.0dBm

ATENUACIONES

Espacio libre	136.4dB
Obstrucción	-2dB
Urbano	0
Bosque	0

Estadísticas 6.6dB

TOTAL 141.0dB

155

Parte 2/2

GANANCIAS

Ganancia del sistema de CANLAT a Pilisurco es de 170 dB

Ganancia del sistema de Pilisurco a CANLAT es de 170 dB

MARGEN PARA EL DESVANECIMIENTO

29

dB

CONFIABILIDAD

MD SIMULADO = 29dB

MD NECESARIO PARA UNA
CONFIABILIDAD DEL 99.99% = 23dB

(Calculado con la ecuación
de Barnett-Vignand)

29dB > 23dB cumple lo especificado.

Tabla No.14: Cálculos del Enlace CAN-LAT – PILISURCO.

Elaborado por: El autor.

3.1.11.8 Enlace CAN-RIO SALACHE – PILISURCO

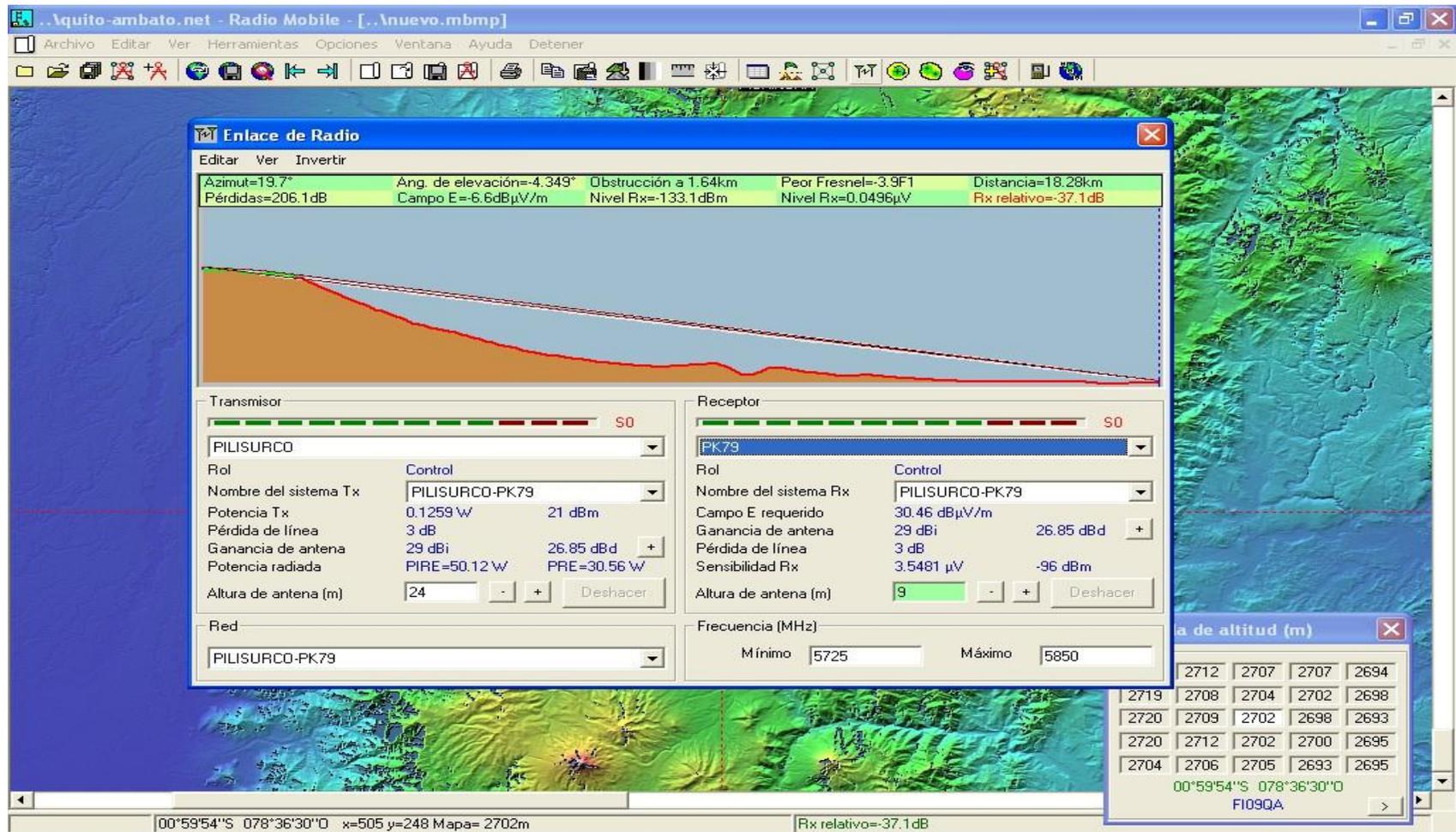


Figura No. 99: Enlace CAN-RIO SALACHE – PILISURCO

Elaborado por: El autor.

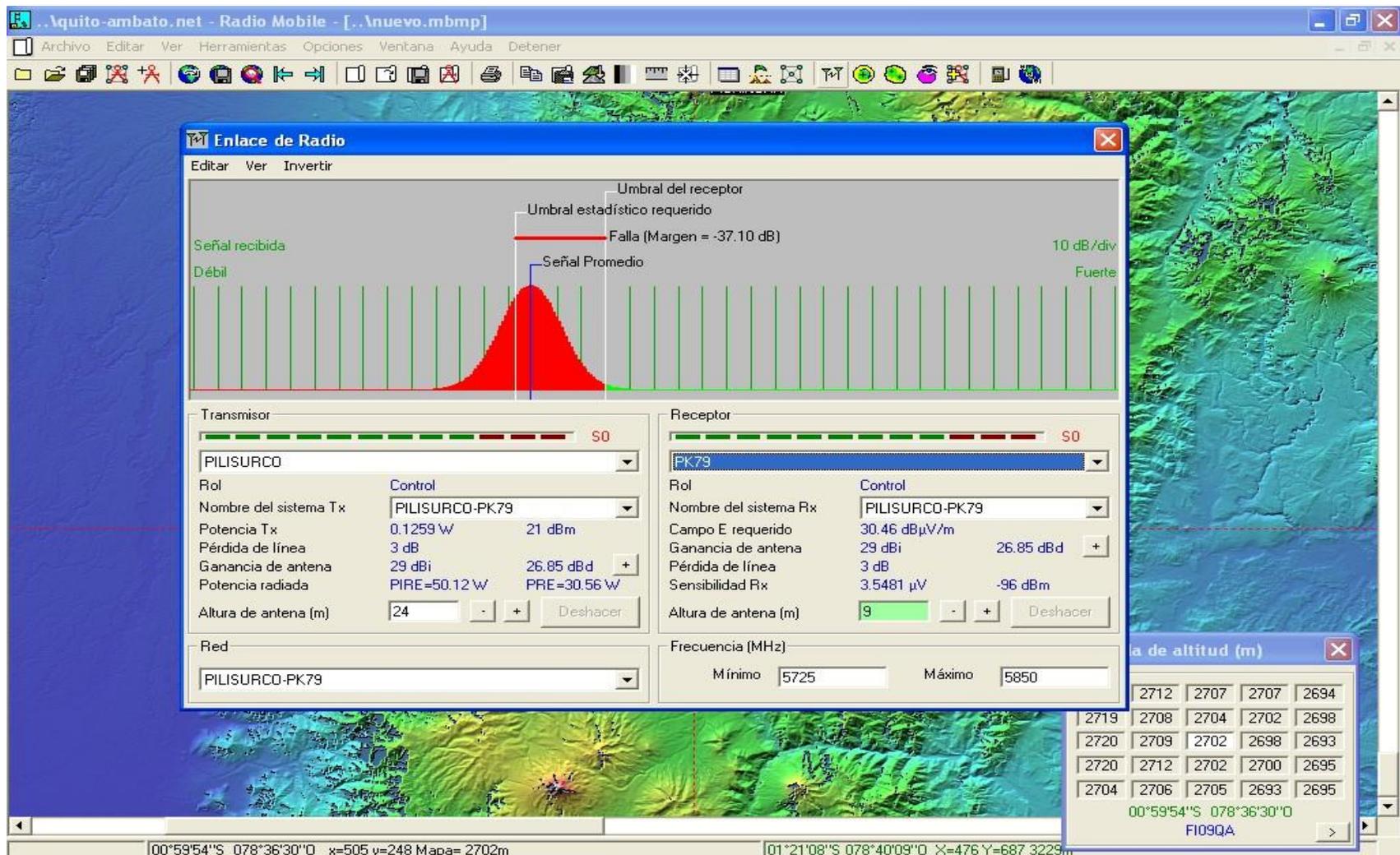


Figura No. 100: Distribución del Enlace CAN-RIO SALACHE – PILISURCO

Elaborado por: El autor.

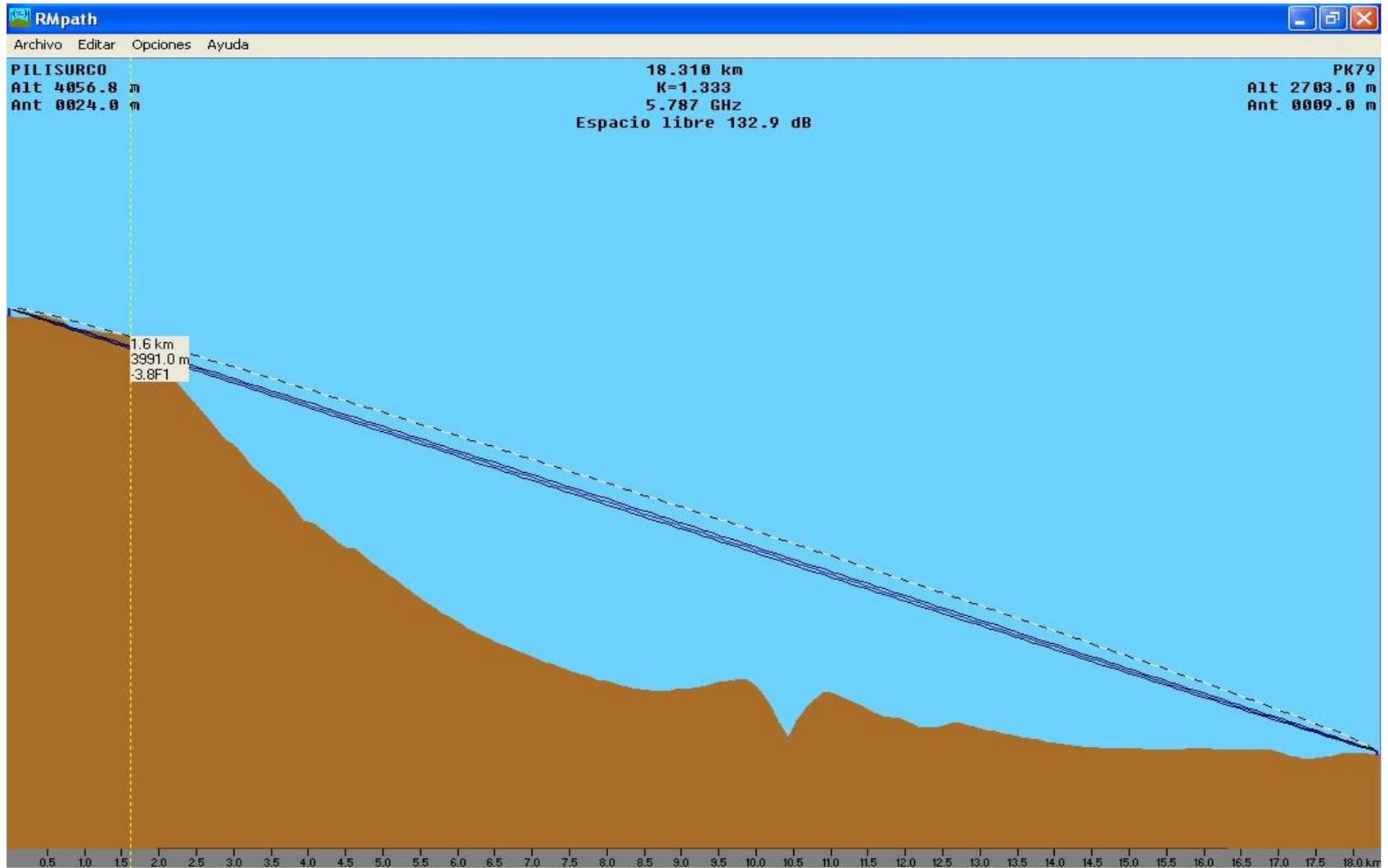


Figura No. 101: Perfil Topográfico del Enlace CAN-RIO SALACHE – PILISURCO

Elaborado por: El autor.

Cálculos del Enlace CAN-RIO SALACHE – PILISURCO

Parte 1/2

CÁLCULOS REALIZADOS

: 20.1°

Azimut norte verdadero

Angulo de elevación : -4.58°

Despeje 18.8km

Nivel Rx : -64.7dBm

ATENUACIONES

Espacio libre 132.9dB

Obstrucción -1.9dB

Urbano 0

Bosque 0

Estadísticas 6.7dB

TOTAL 137.7dB

160

Parte 2/2

GANANCIAS

Ganancia del sistema de PK79 a Pilisurco es de
171.0 dB

Ganancia del sistema de Pilisurco a Pk79 es de
171.0 dB

MARGEN PARA EL DESVANECIMIENTO

(MD)

33.3dB

CONFIABILIDAD

MD SIMULADO = 33.3dB
MD NECESARIO PARA UNA CONFIABILIDAD (Calculado con la ecuación
DEL 99.99% = 18dB de Barnett-Vignant)

33.3dB > 18dB cumple lo especificado.

Tabla No.15: Cálculos del Enlace CAN-RIO – SALACHE – PILISURCO.

Elaborado por: El autor.

3.1.11.9 Enlace CAN17 – PILISURCO

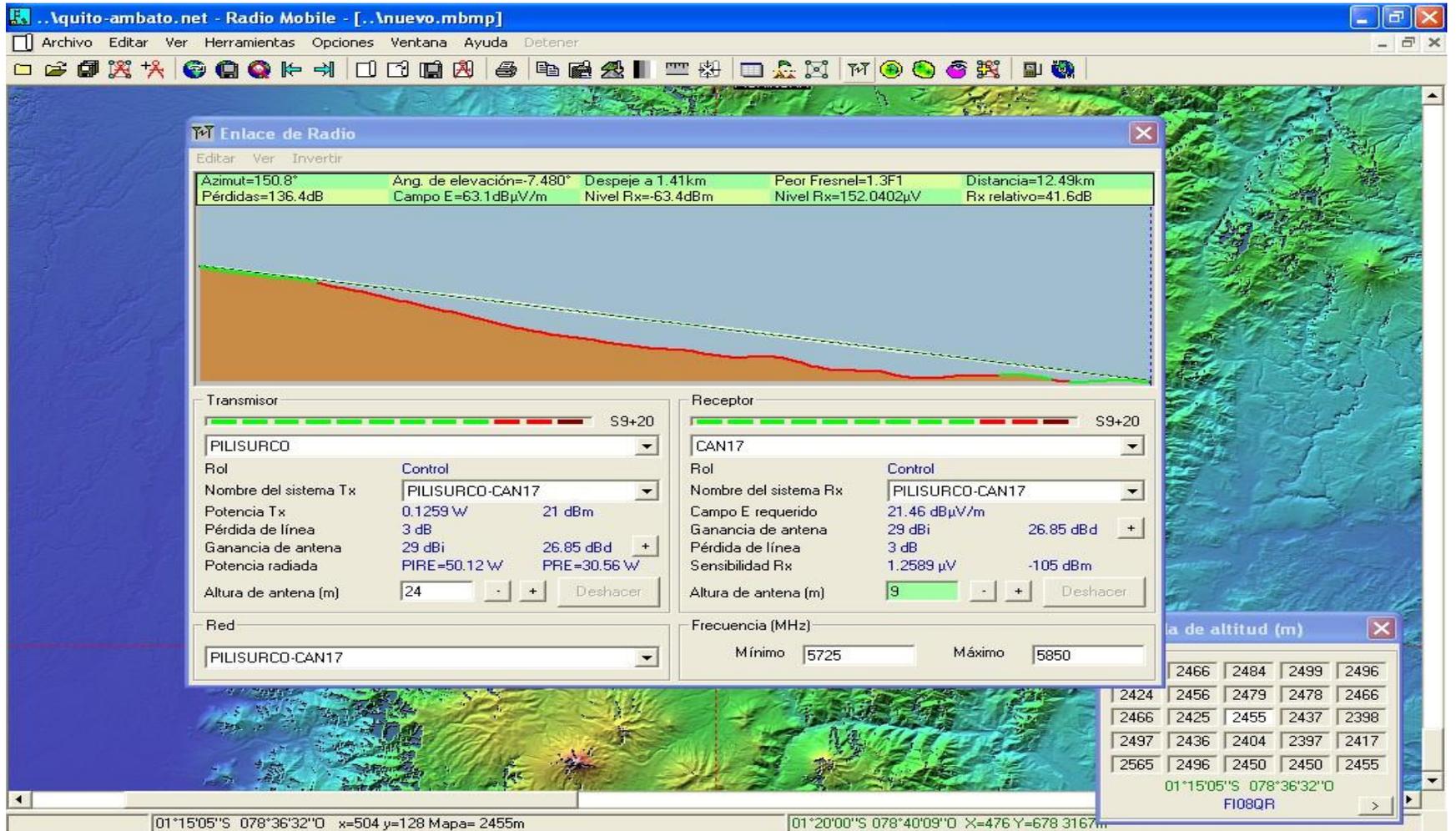


Figura No.102: Enlace CAN-17 PILISURCO

Elaborado por: El autor.

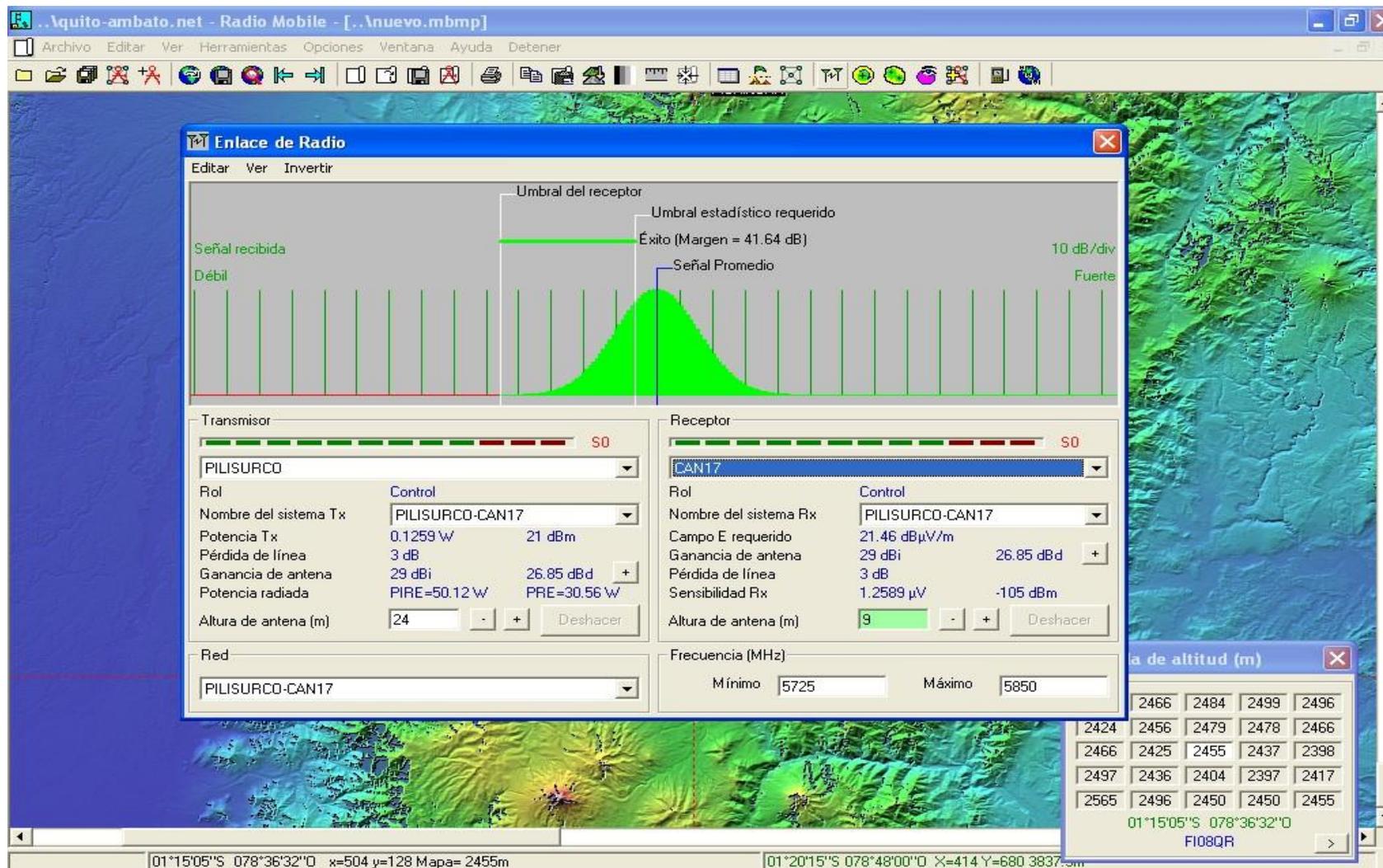


Figura No. 103: Distribución del Enlace CAN-17 PILISURCO

Elaborado por: El autor.

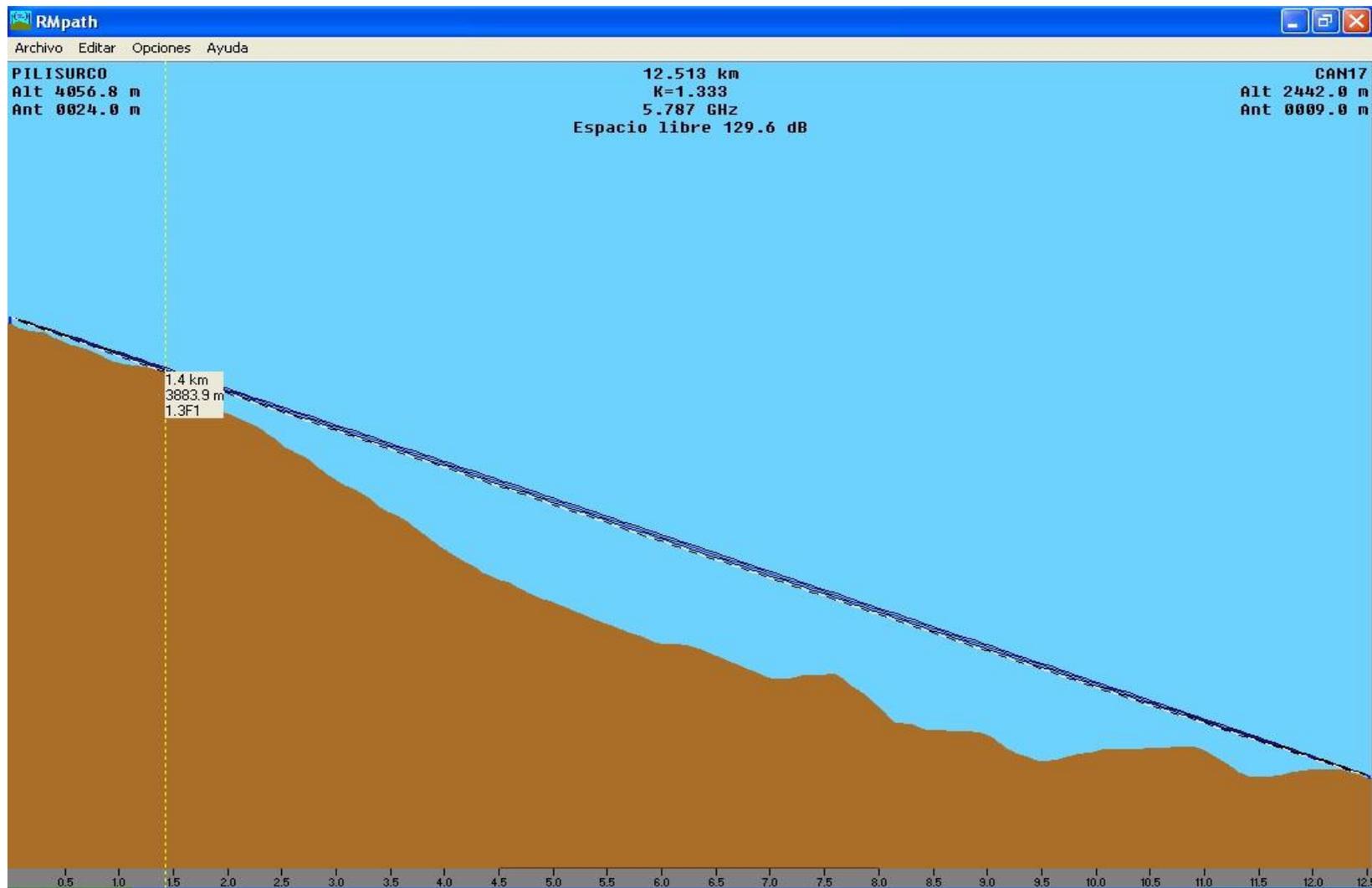


Figura No. 104: Perfil Topográfico del Enlace CAN-17 PILISURCO

Elaborado por: El autor.

Cálculos del Enlace CAN-17 PILISURCO

Parte 1/2

CÁLCULOS REALIZADOS Y CONFIABILIDAD

Azimut norte verdadero : 150.3°

Angulo de elevación : -7.8°

Despeje : 12.41km

Nivel Rx : -58.4dBm

ATENUACIONES

Espacio libre 129.7dB

Obstrucción -1.4dB

Urbano 0

Bosque 0

Estadísticas 6.6dB

TOTAL 134.9dB

165

Parte 2/2

GANANCIAS

Ganancia del sistema de CAN17 a Pilisurco es de 169.0 dB

Ganancia del sistema de Pilisurco a CAN17 es de 169 dB

MARGEN PARA EL DESVANECIMIENTO

40.6dB

CONFIABILIDAD

MD SIMULADO = 40.6dB

MD NECESARIO PARA UNA (Calculado con la ecuación de
CONFIABILIDAD DEL 99.99% = 15dB Barnett-Vignant)

40.6dB > 15dB cumple lo especificado.

Tabla No.16: Cálculos del Enlace CAN-17 PILISURCO.

Elaborado por: El autor.

3.1.11.10 Enlace CAN17 – CAN18

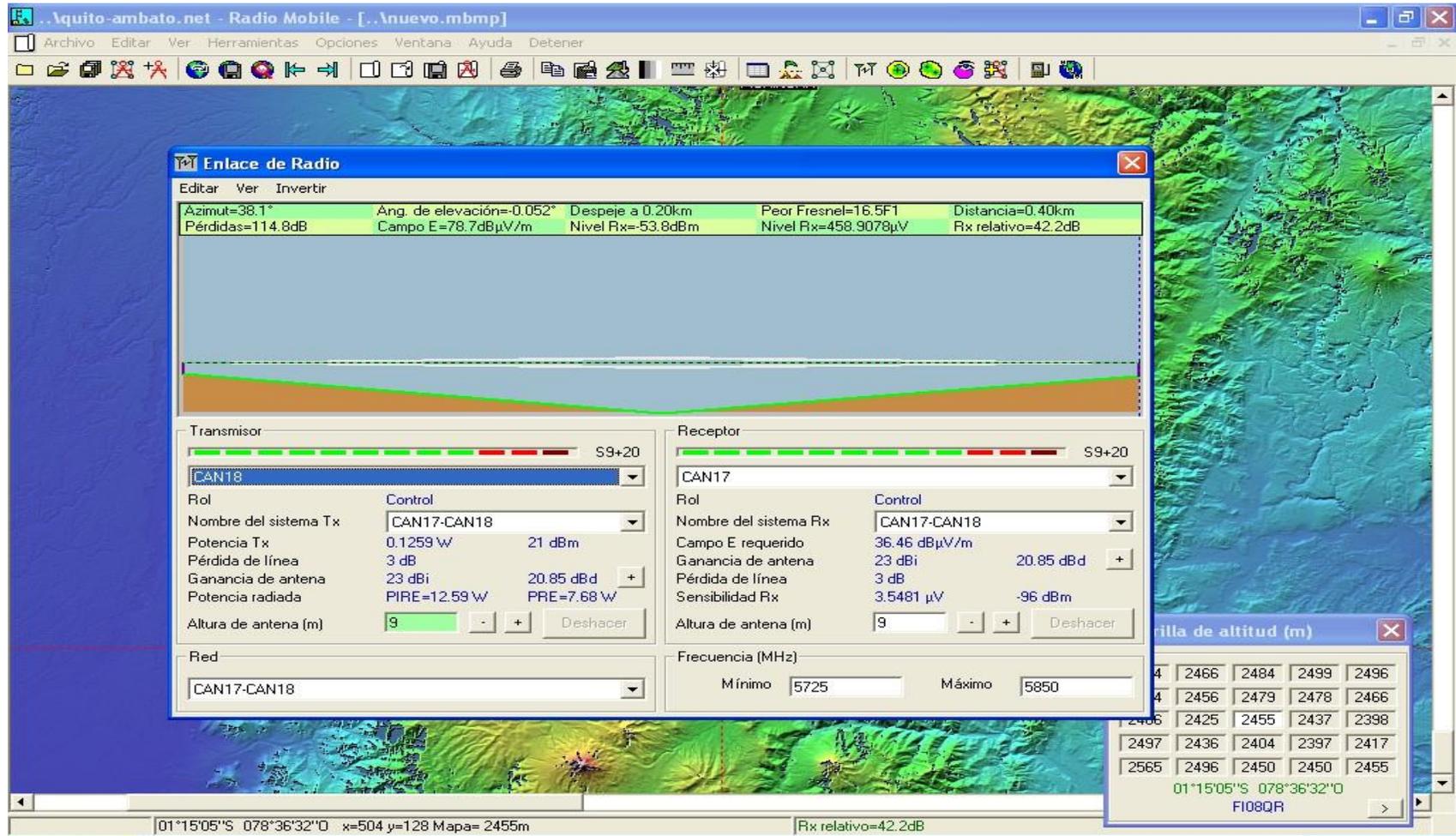
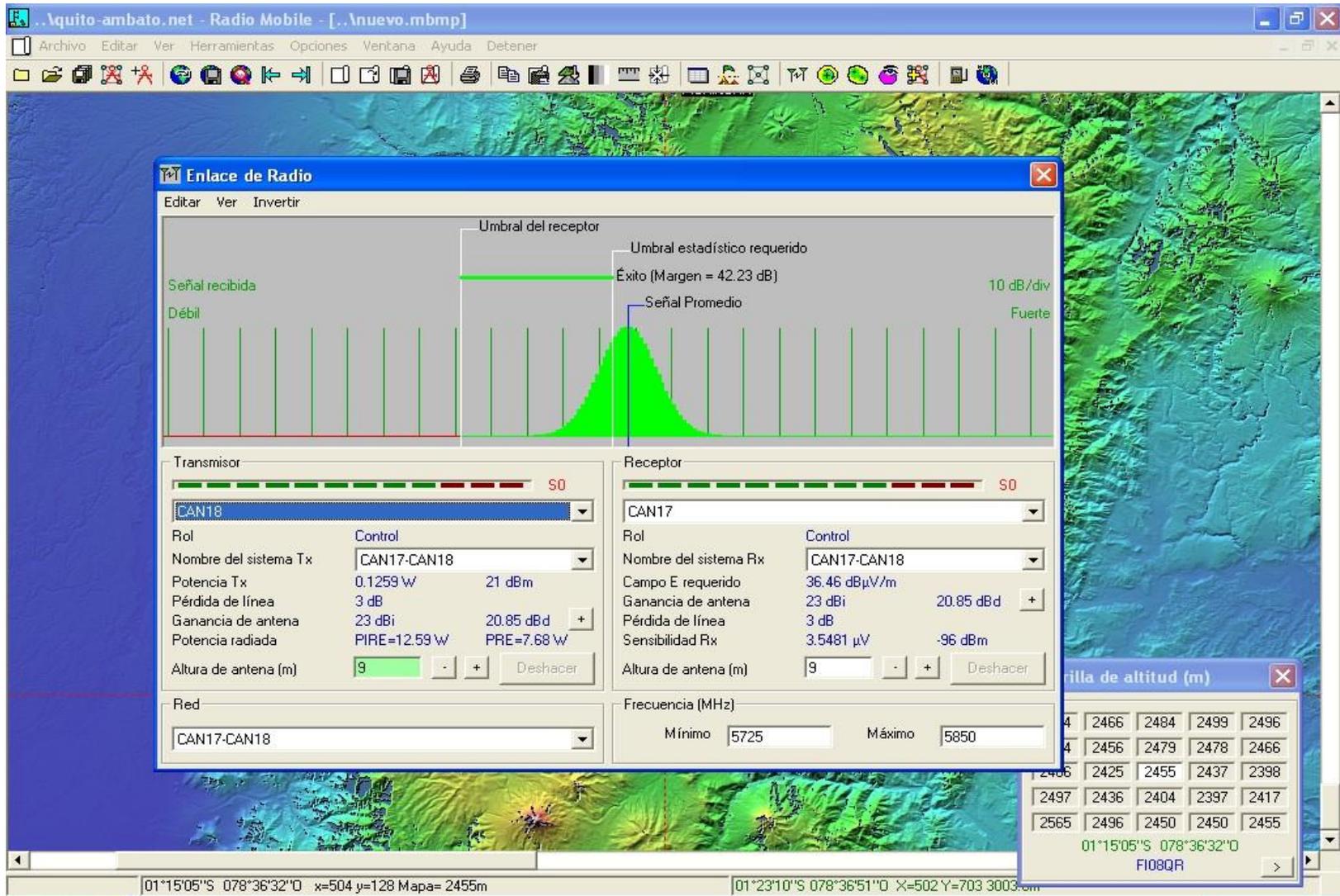


Figura No. 105: Enlace CAN-17 – CAN-18.

Elaborado por: El autor.

Elaborado por: El autor.



Elaborado por: El autor.

Figura No. 106: Distribución del Enlace CAN-17 – CAN-18.

Elaborado por: El autor.

Elaborado por: El autor.

Cálculos del Enlace CAN-17 – CAN-18

Parte 1/2

CÁLCULOS REALIZADOS Y CONFIABILIDAD

Azimut norte verdadero	: 38.7°
Angulo de elevación	: 1.859°
Despeje	0.10km
Nivel Rx	: -43.6dB

ATENUACIONES

Espacio libre	99.5dB
Obstrucción	-1.6dB
Urbano	0
Bosque	0
Estadísticas	6.7dB

TOTAL **104.6 dB** **Parte 2/2**

GANANCIAS

Ganancia del sistema de CAN18 a CAN17 es de 159.0 dB

Ganancia del sistema de CAN17 a CAN18 es de 159.0 dB

MARGEN PARA EL DESVANECIMIENTO

54.4dB

El enlace es 100% confiable

Tabla No. 17: Cálculos del Enlace CAN-17 – CAN-18

Elaborado por: El autor.

Cabe indicar que la simulación que se realizó de estos enlaces, se lo realizó con las coordenadas que la empresa SEIN instaló en los enlaces, en el enlace de CAN-RIO SALACHE existe una variación la cual es que actualmente no se tiene de manera directa sino con una repetidora en la torre de CNT y de ahí se enlaza con la torre de EP-PETROECUADOR; y los demás enlaces pueden tener así mismo cambios con el paso del tiempo.

En esta simulación que se realizo esta detallado en la parte superior de la primera fila:

- El Azimut
- Angulo de elevación
- El despeje
- La zona de Fresnel
- La distancia

En la siguiente fila tenemos otros datos que también son útiles para determinar cuan efectivo puede ser el radio enlace y para ello se tiene:

- Las Pérdidas
- El Campo Eléctrico
- El Nivel de Recepción
- Rx Relativo

Con todos estos parámetros se ha determinado la manera de funcionamiento de los radio enlaces y los problemas que se tiene en cada uno de ellos, así como también se puede determinar el direccionamiento adecuado que deben tener las antenas para estar en su óptimo funcionamiento.

Además se puede determinar la zona de fresnel que tienen cada uno de los enlaces y el despeje con el cual están diseñados estos enlaces.

3.1.12 Especificaciones Generales del Sistema de Control Instalado

3.1.12.1 General

El sistema de control en las canastillas CAN 2, CAN 3, CAN 8, RIO SALACHE y CAN 17 esta comandado por controlador, el que se encarga de recopilar todas las señales de campo y del gabinete para la transmisión de datos vía radio hacia la antena repetidora del Pichincha o Pilisurco según la canastilla.

La información del Sistema SCADA será transmitida al Sistema de Control de la Estación Reductora de Ambato, al igual a la Estación El Beaterio. El Sistema SCADA interactúa con el Sistema de Detección de Fugas vía opc

3.1.12.2 Controlador Bristol MicroWave Canastillas.

Los controladores son los encargados de recopilar toda la información generada en cada una de las canastillas y enviarla al centro de control en la estación de Bombeo Beaterio, el controlador es modelo MicroWave, tiene 1 puerto Ethernet, 2 puertos RS-232, 1 puerto RS-485, 16 entradas digitales y alimentados a 24VDC. Este equipo se encuentra instalado en las 9 canastillas de acuerdo a la arquitectura del sistema.¹³

3.1.12.3 Controlador Bristol Microwave BEATERIO.

El Controlador MicroWave instalado en el Beaterio recopila la información generada por el transmisor de temperatura y la envía al Sistema Scada ubicado en el centro de control en la estación de Bombeo Beaterio, son marca Bristol - Emerson, modelo MicroWave, 2 puerto Ethernet, 2 puertos RS-232, 2 puerto RS-485 y alimentados a 24VDC (refiérase a las Hojas de datos del equipo en la Estación de Bombeo).

3.1.12.4 Linking Device – FIM-3420

Los FIM 3420 recogen los datos FieldBus de cada canastilla y la transmiten al controlador, tienen puerto Ethernet, puerto FIELDBUS, power conditioner interno y alimentado a 24VDC. Este equipo se encuentra instalado en las 9 canastillas.¹⁴

¹³ INSTALACION DE UN SISTEMA ESTADISTICO DE DETECCION DE FUGAS POLIDUCTO QUITO - AMBATO

¹⁴ INSTALACION DE UN SISTEMA ESTADISTICO DE DETECCION DE FUGAS POLIDUCTO QUITO - AMBATO

3.1.13 Transmisores de Presión

Los transmisores de presión sirve para la medición de los valores que nos dan en PSI y para la indicación del proceso, estos transmisores son de marca ROSEMOUNT, modelo 3051T, bus de campo FOUNDATION FIELDBUS y autoalimentados por el lazo 24VDC.

Todos estos medidores de presión tienen una pantalla display en la cual se puede visualizar los valores que nos brinda dicho proceso.

3.1.14 Transmisores de Temperatura

Los transmisores de temperatura sirven para la medición y para indicación local de la variable del proceso son de marca ROSEMOUNT, modelo 3144P, bus de campo FOUNDATION FIELDBUS y autoalimentados por el lazo 24VDC.

Estos equipos también tienen una pantalla display en el cual se puede visualizar el proceso que esta llevando a cabo.

3.1.15 Actuadores

Los actuadores se utiliza para la apertura y cierre de la válvulas estos equipos son de marca REXA, modelo X2R, bus de campo FOUNDATION FIELDBUS y son alimentados a 110VAC.

Los actuadores para el control de válvulas están instalados en las canastillas:

- CAN 2 VAL 4

- CAN 3 VAL 5
- CAN 8 VAL 10
- RIO SALACHE VAL 15
- CAN 17 VAL 22

3.1.16 Switch de Comunicaciones Industriales

Los Switch son la interface de comunicación que recopilan las señales TCP/IP del controlador y FIM3420. El controlador realiza monitoreo y control a través de la red TCP/IP y el FIM3420 permitirá realizar el monitoreo y diagnóstico de instrumentos remotamente por medio de la arquitectura. Los switches se encuentran instalados en las 9 canastillas.

3.1.17 Software Sistema de Detección de Fugas

Este software para detección de fugas genera alarmas de: porcentaje del tamaño de la fuga, localización o ubicación de la fuga, tiempo en el que se detecta la fuga y alarma de comunicación.

El software del Sistema de Detección de Fugas incluye una licencia Atmos Pipe Leak Detection, una licencia Atmos Batch Tracking.

3.1.18 Software Scada

El software Scada recibe los datos del controlador y muestra los datos de las 9 canastillas de forma ordenada en el Sistema Scada. El software incluye una licencia In Touch Runtime de 1000 tags para visualización de las pantallas en el HMI.

3.2 Análisis de la Microonda.

3.2.1 Análisis de la Distribución del Poliducto QUITO – AMBATO

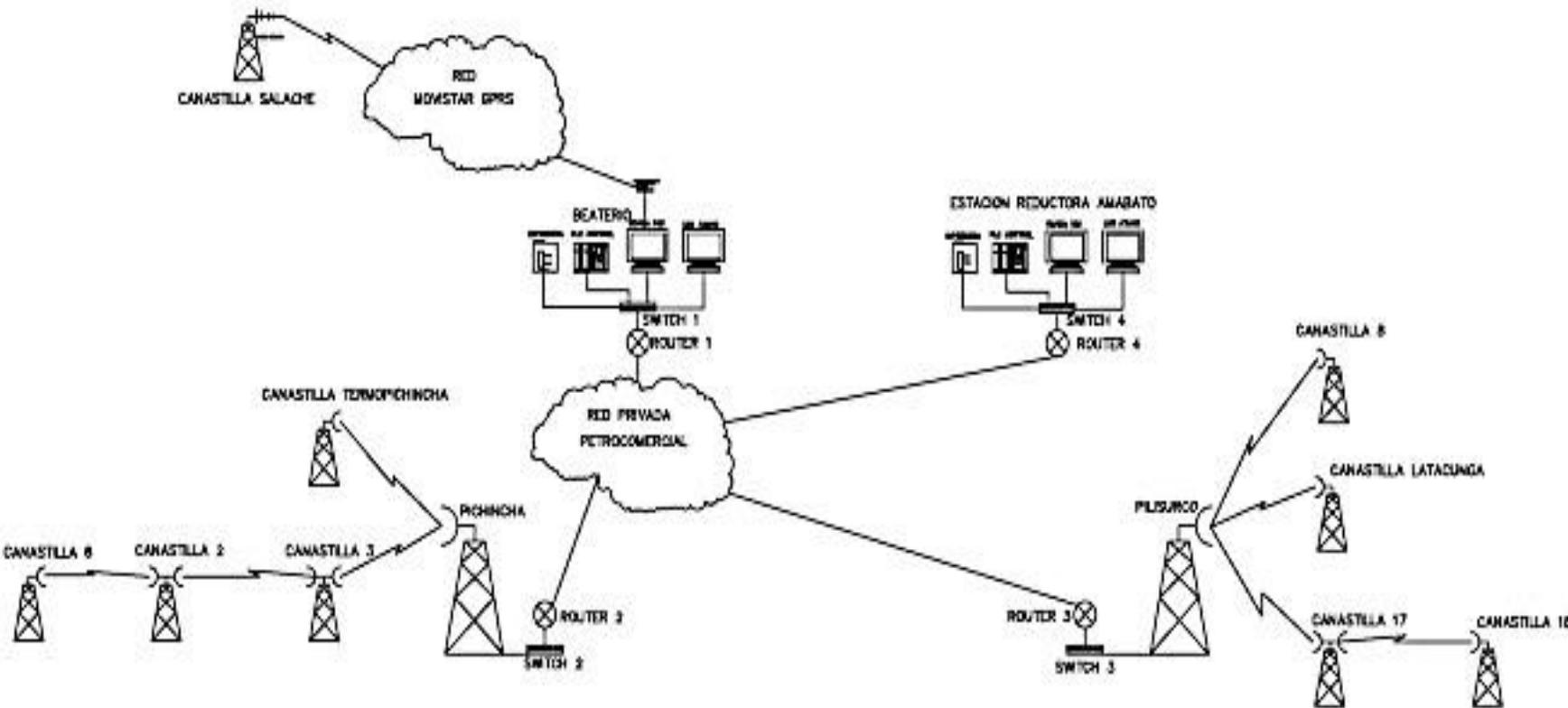
La tubería del poliducto tiene 110Km de distancia desde el BEATERIO hasta la REDUCTORA AMBATO, esta tubería fue instalada a raíz que el tren dejo de funcionar y comprendía el tramo desde Duran hasta Beaterio, la empresa ANGLO fue la que comenzó con la explotación del petróleo.

Es por esa razón que la tubería atraviesa lugares en algunos puntos inaccesibles ya que no tiene una vialidad ordenada por donde va atravesando, es por esa razón que se tiene de la siguiente manera:

Saliendo desde el BEATERIO la tubería en todo el trayecto tiene un derecho de vía de 4 metros a cada lado, y en el tramo hasta llegar a la CAN-TERM en algunas partes va enterrado y en otras partes va por encima del suelo. Además que atraviesa sembríos y terrenos baldíos ya que sale en forma recta desde el la estación de bombeo ubicado en el Beaterio.

Figura No. 108: Distribución de los Radio Enlaces.
Elaborado por: El autor.

1.- ARQUITECTURA DE COMUNICACIONES POLIDUCTO QUITO AMABATO.



178

3.2.2 Localización del Área Geográfica de la Distribución del Poliducto QUITO – AMBATO.

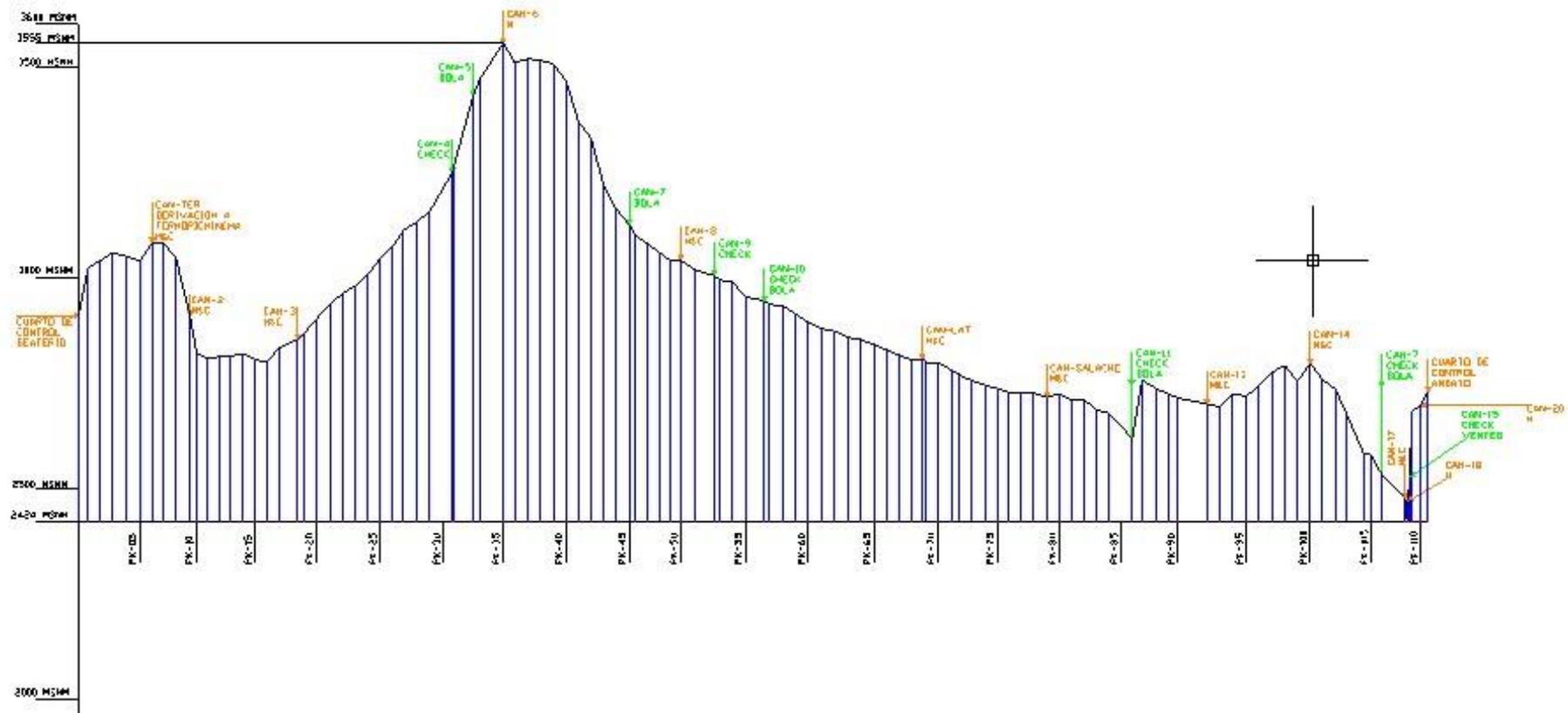


Figura No. 109: Distribución Geográfica del Poliducto.

Elaborado por: El autor.

En el plano que se muestra se puede observar de manera clara la manera de distribución del perfil topográfico de como se encuentra distribuida la tubería de 6 pulgadas en el cual es transportado combustible desde el Beaterio hasta la Reductora Ambato.

Se puede apreciar el perfil topográfico y en que partes se encuentran ubicadas las canastillas desde donde se esta monitoreando el bombeo de combustible.

Dentro de esta distribución se puede delimitar los puntos más críticos al cual se debe enfrentar el paso de combustible para poder llegar con la mayor presión posible y poder atravesar sin que el combustible se detenga y llegar sin ningún inconveniente a su destino.

Además se puede observar el punto kilométrico o distancia al cual se encuentra instaladas las canastillas tanto del monitoreo como las que se encuentran instaladas solamente con válvulas check en el poliducto Quito – Ambato.

3.2.3 Análisis del Enlace Adecuado en el Poliducto QUITO – AMBATO con el Software RADIO MOBILE.

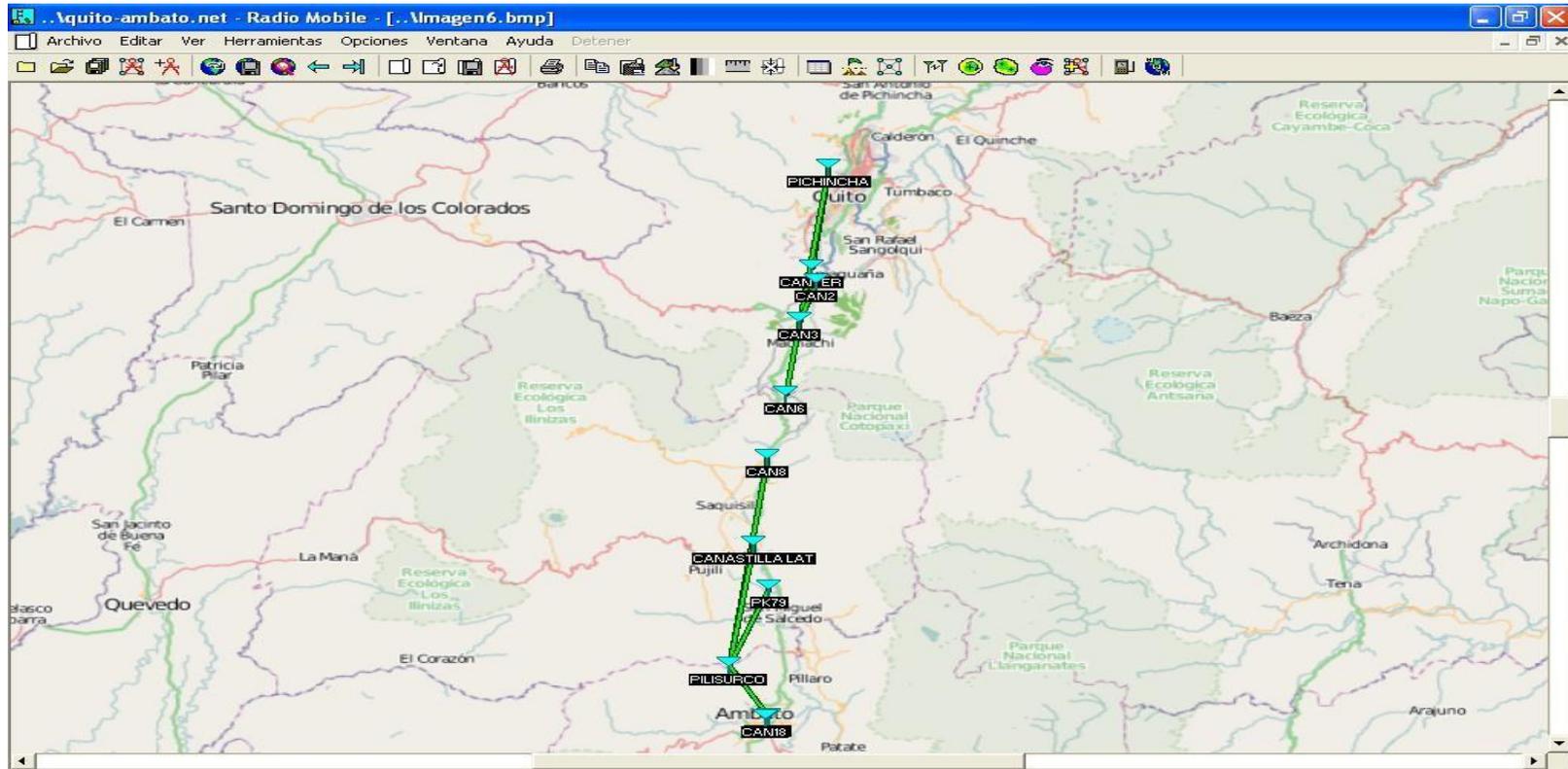


Figura No. 110: Mapa Urbano.

Elaborado por: El autor.

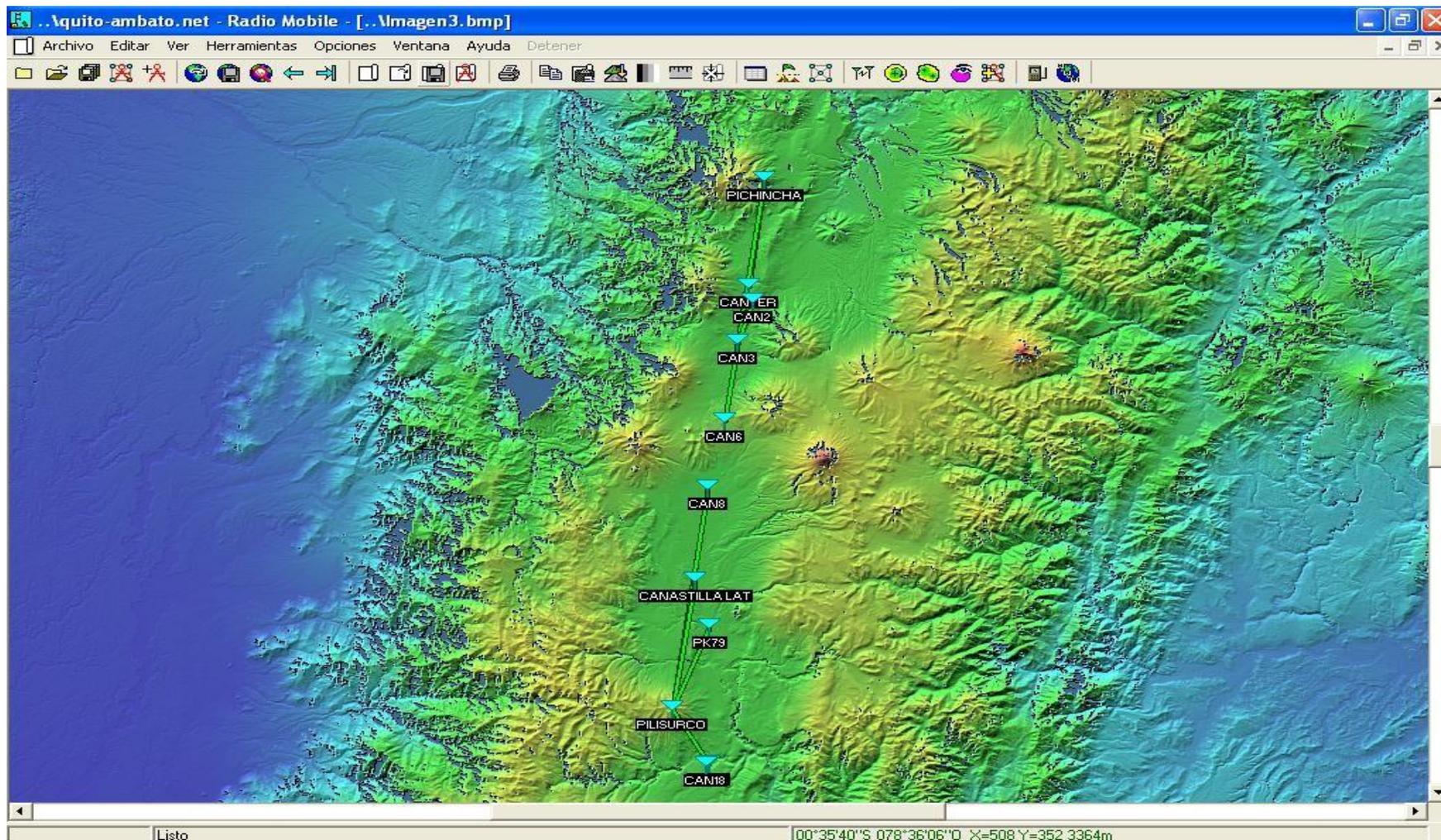


Figura No. 111: Mapa de Montañas.

Elaborado por: El autor.

3.2.3.1 Enlace CANTER – PICHINCHA

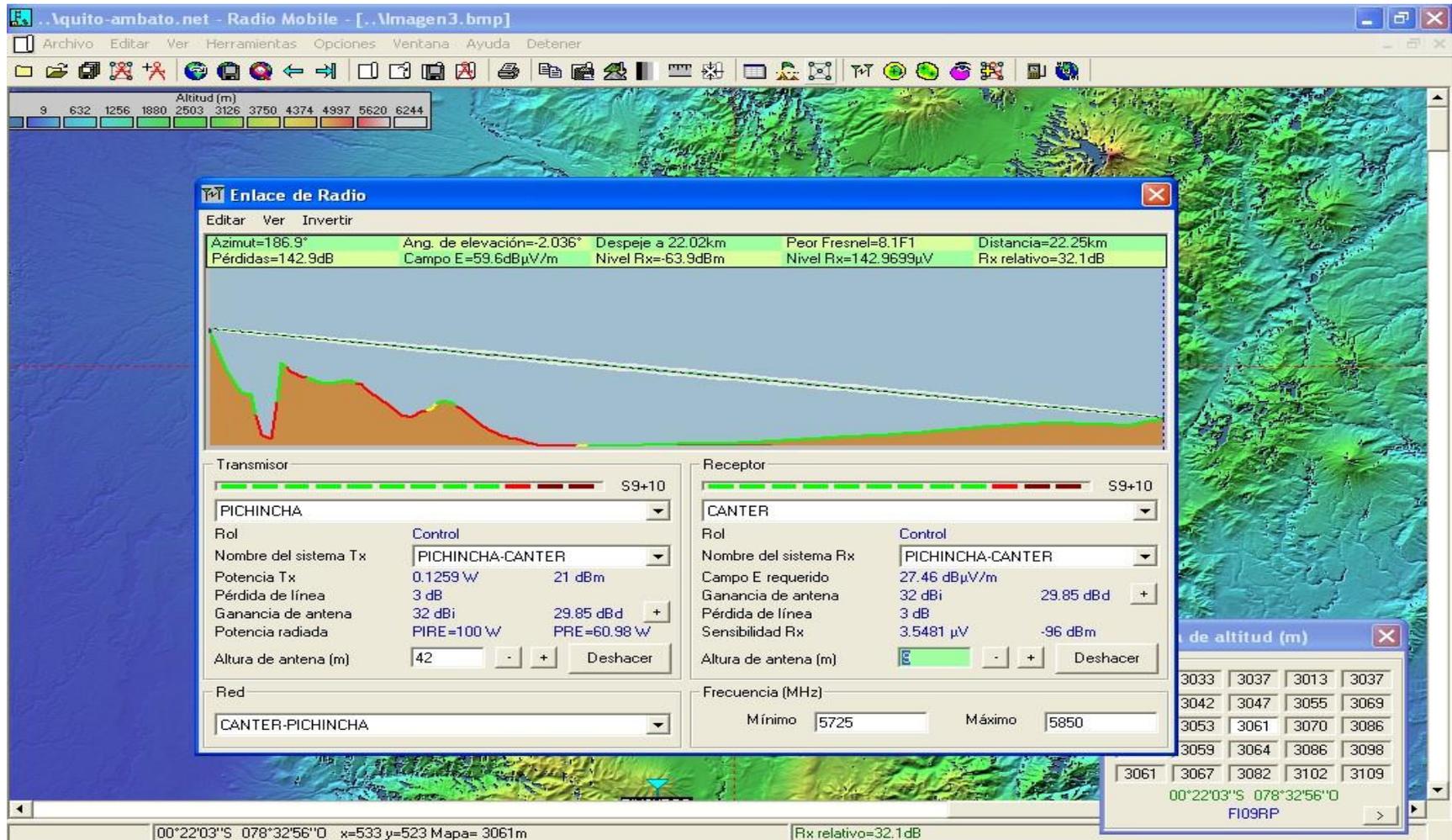


Figura No. 112: Enlace CAN-TERM

Elaborado por: El autor.

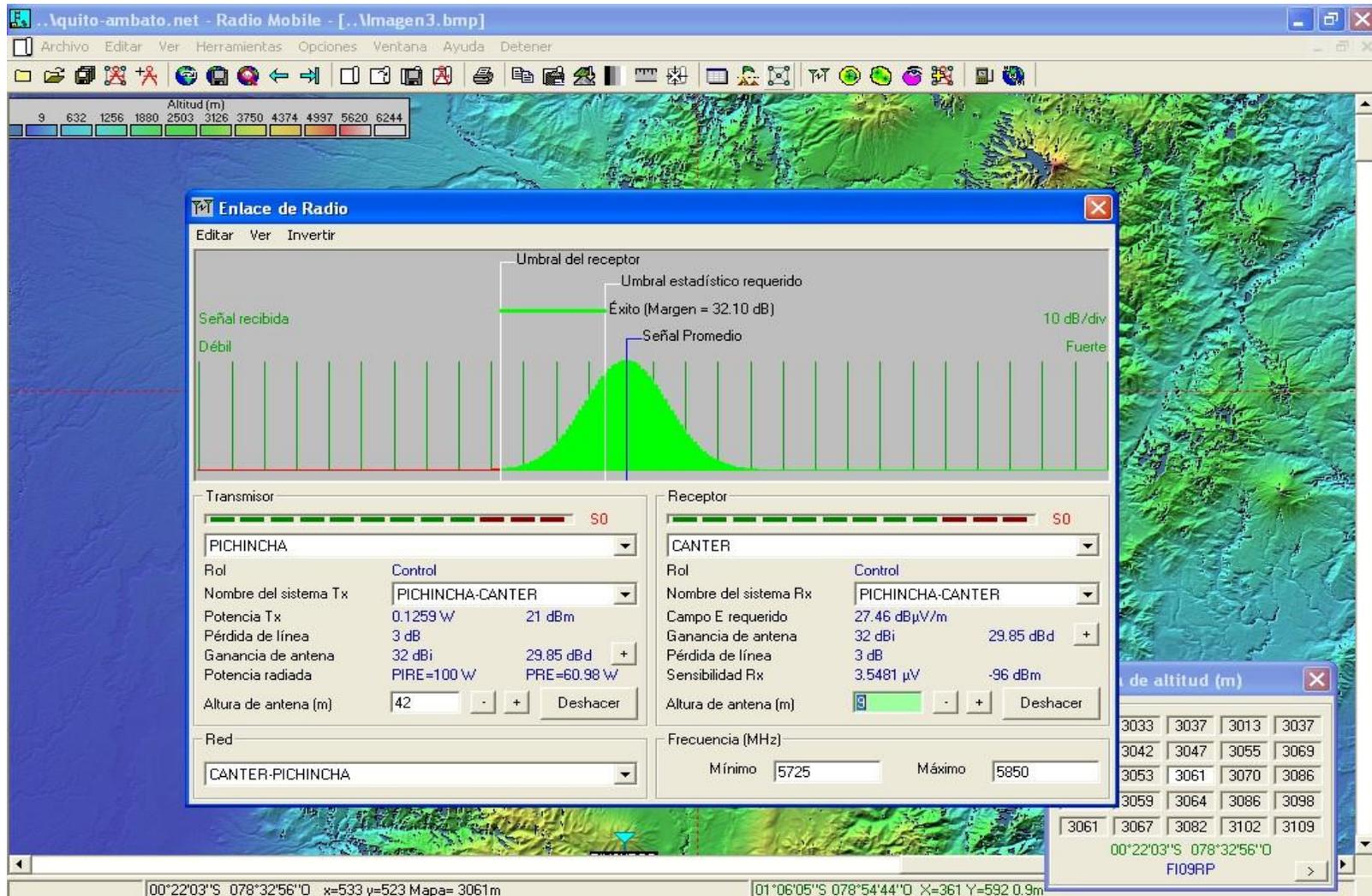


Figura No. 113: Distribución del Enlace CAN-TERM. Elaborado por: El autor.

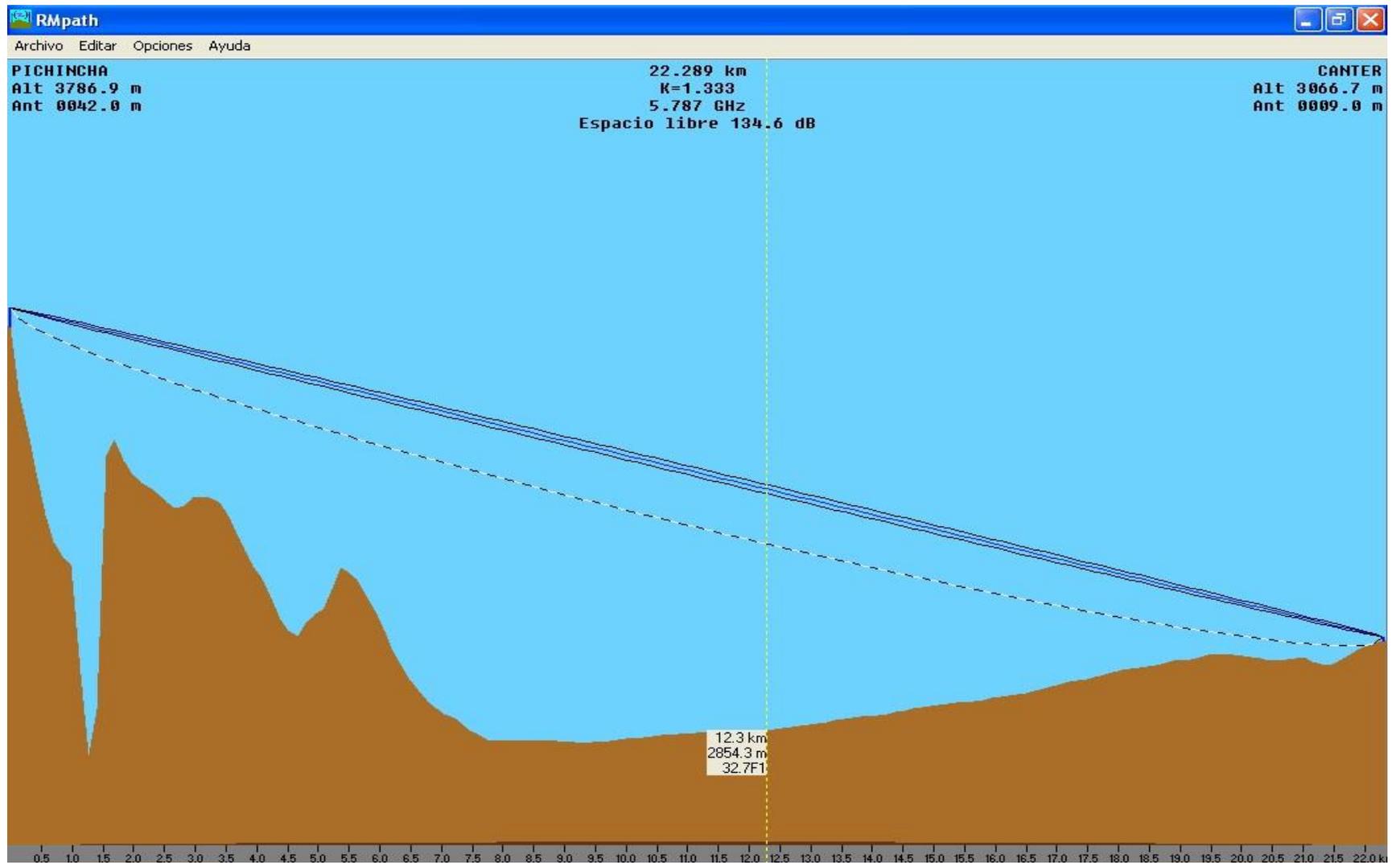


Figura No. 114: Perfil Topográfico del Enlace CAN-TERM.

Elaborado por: El autor.

3.2.3.2 Enlace CAN3 – CAN2

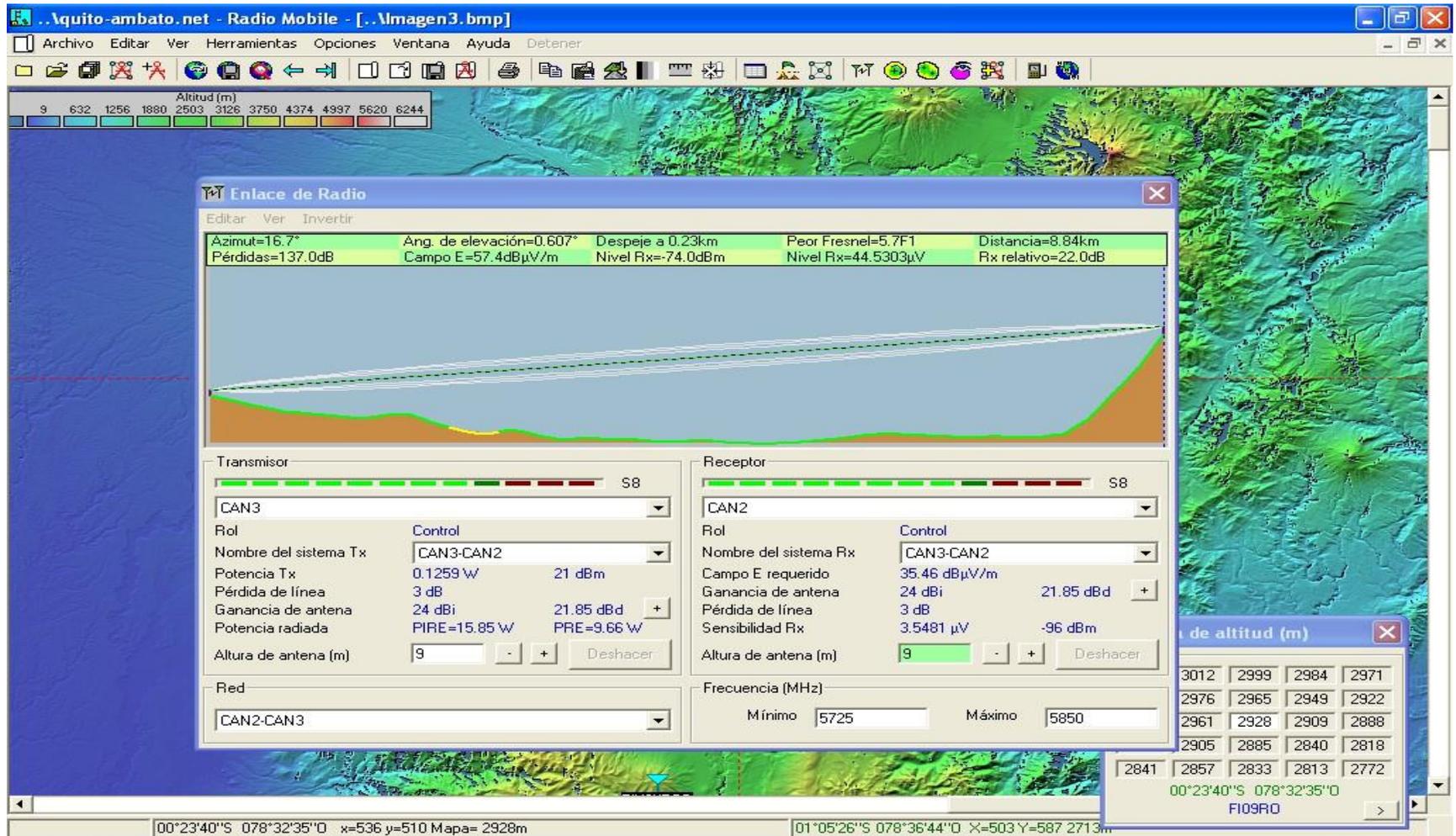


Figura No. 115: Enlace CAN-3 – CAN-2.

Elaborado por: El autor.

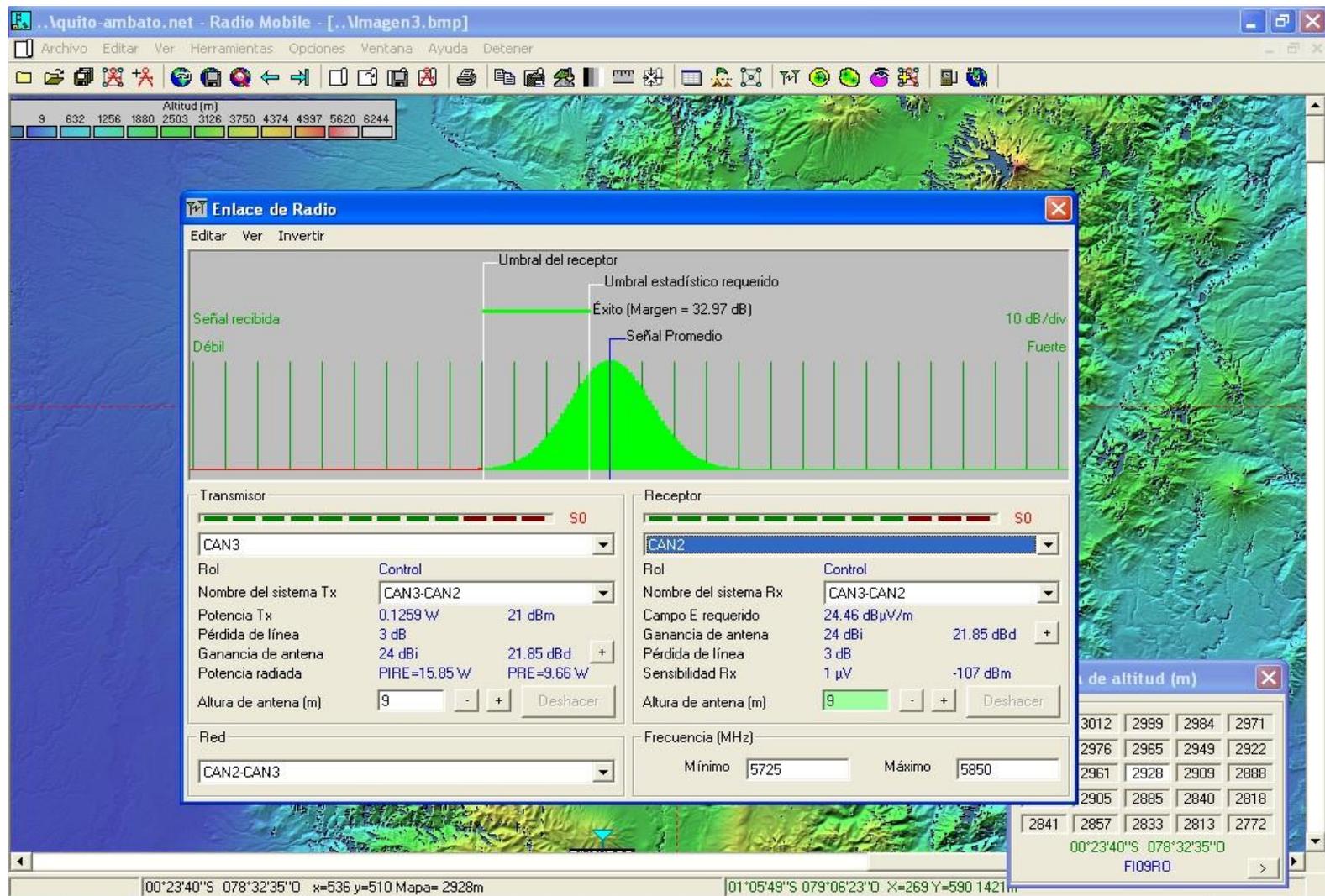


Figura No. 116: Distribución del Enlace CAN-3 – CAN-2 Elaborado por: El autor.

3.2.3.3 Enlace CAN3 – PICHINCHA

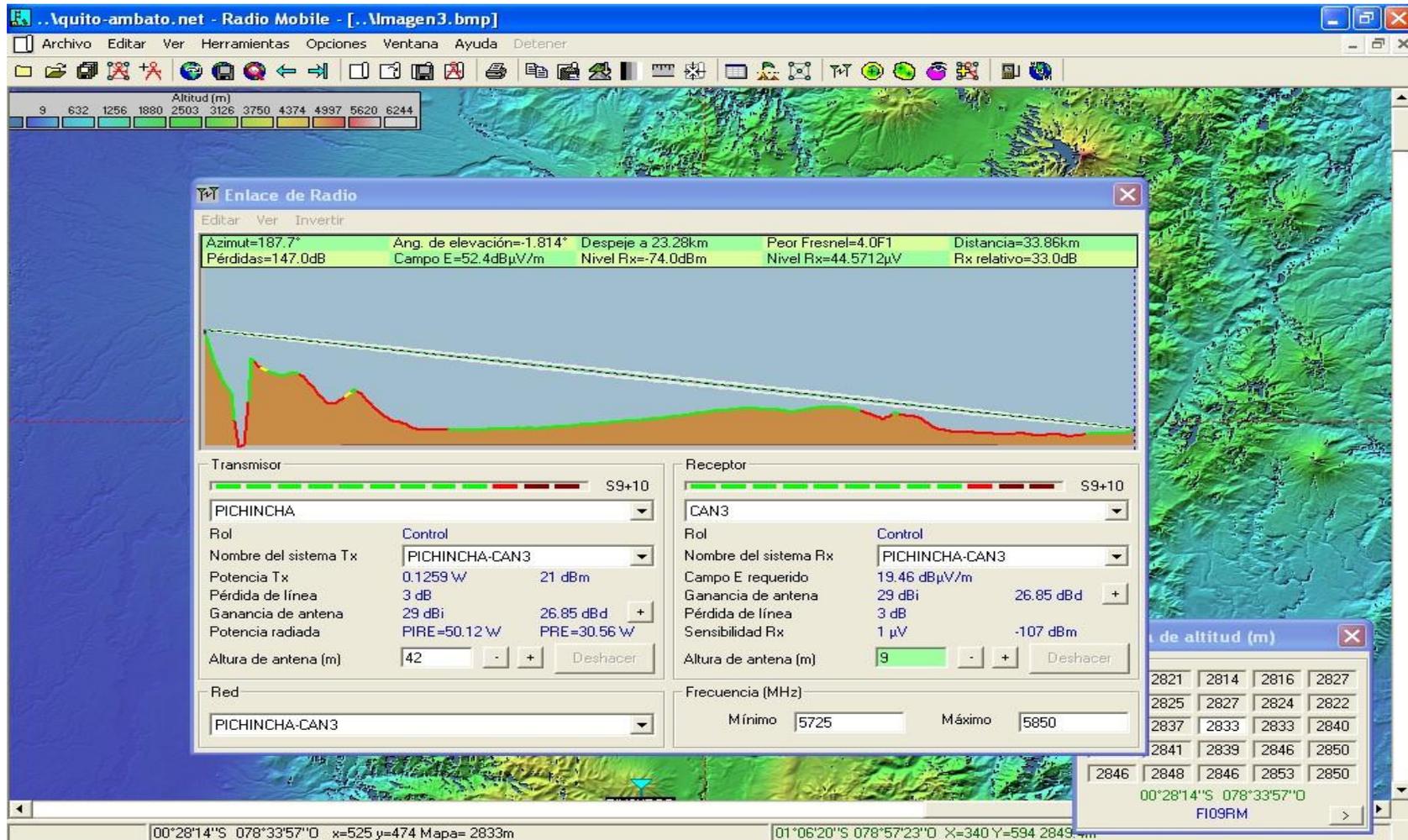


Figura No. 118: Enlace CAN-3 – PICHINCHA

Elaborado por: El autor.

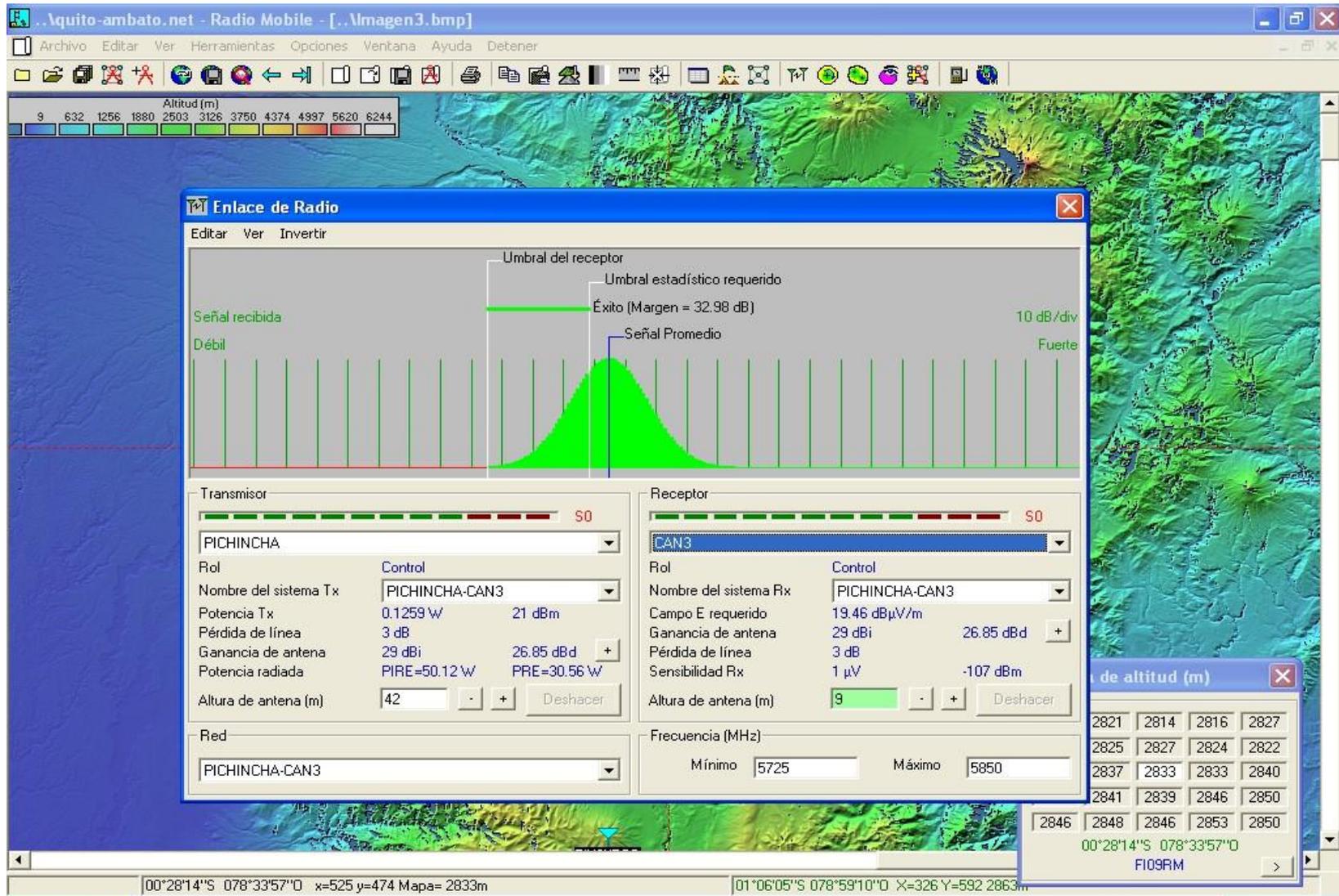


Figura No. 119: Distribución del Enlace CAN-3 – PICHINCHA
Elaborado por: El autor.

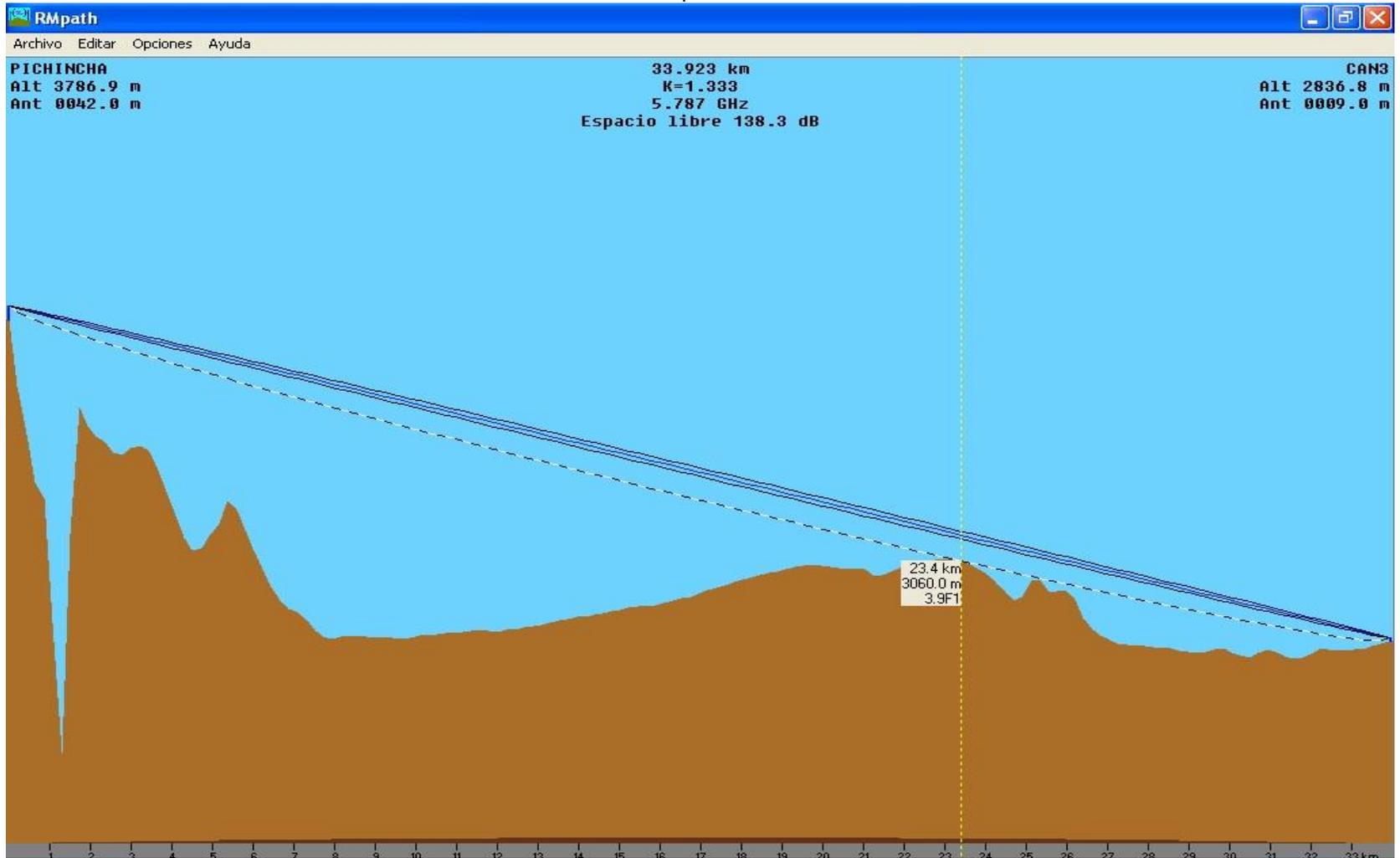


Figura No. 120: Perfil Topográfico del Enlace CAN-3 – PICHINCHA Elaborado
por: El autor.

3.2.3.4 Enlace CAN6 – PICHINCHA

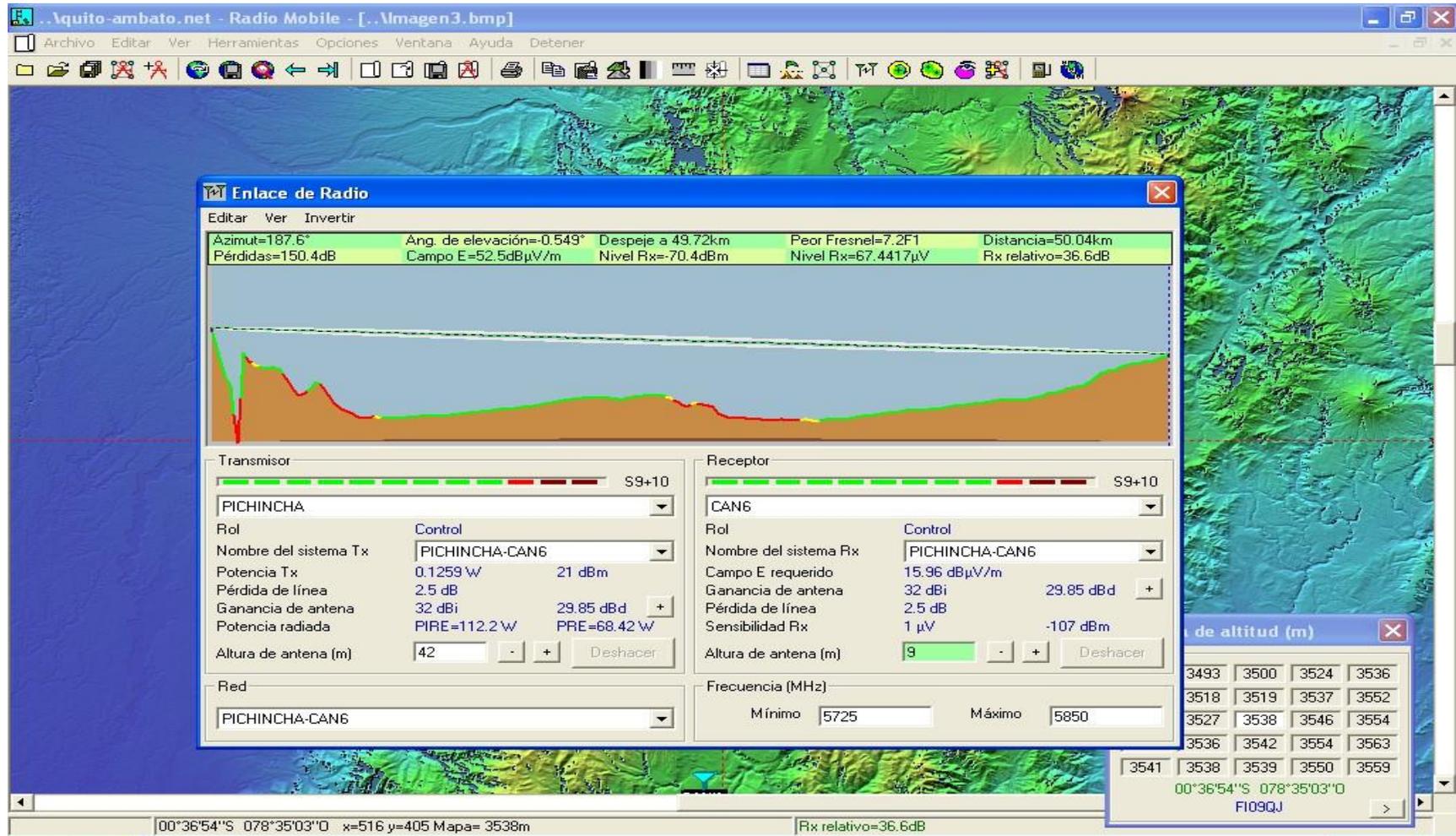
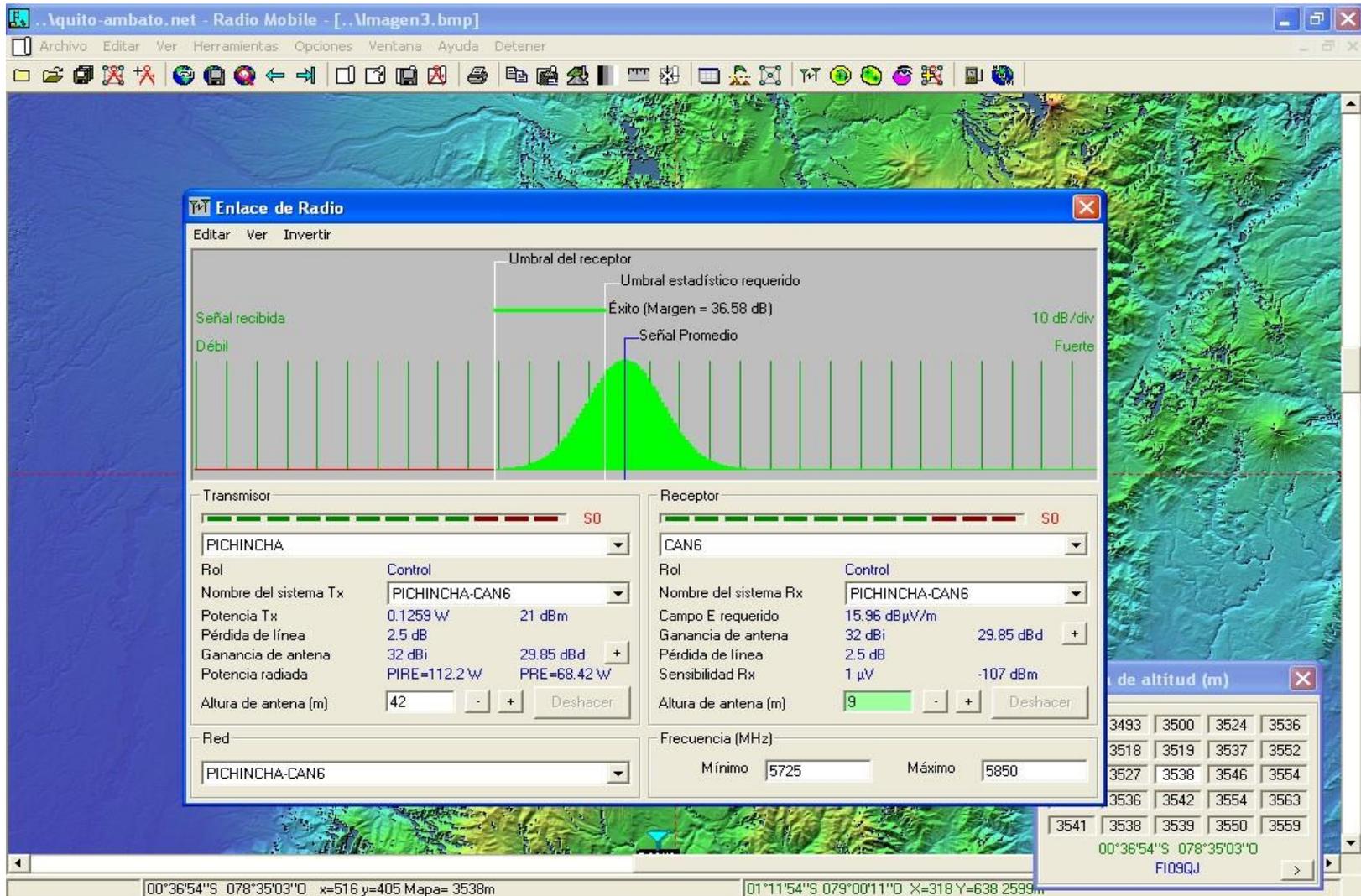


Figura No. 121: Enlace CAN-6 – PICHINCHA

Elaborado por: El autor.



Elaborado por: El autor.

Figura No. 122: Distribución del Enlace CAN-6 – PICHINCHA-

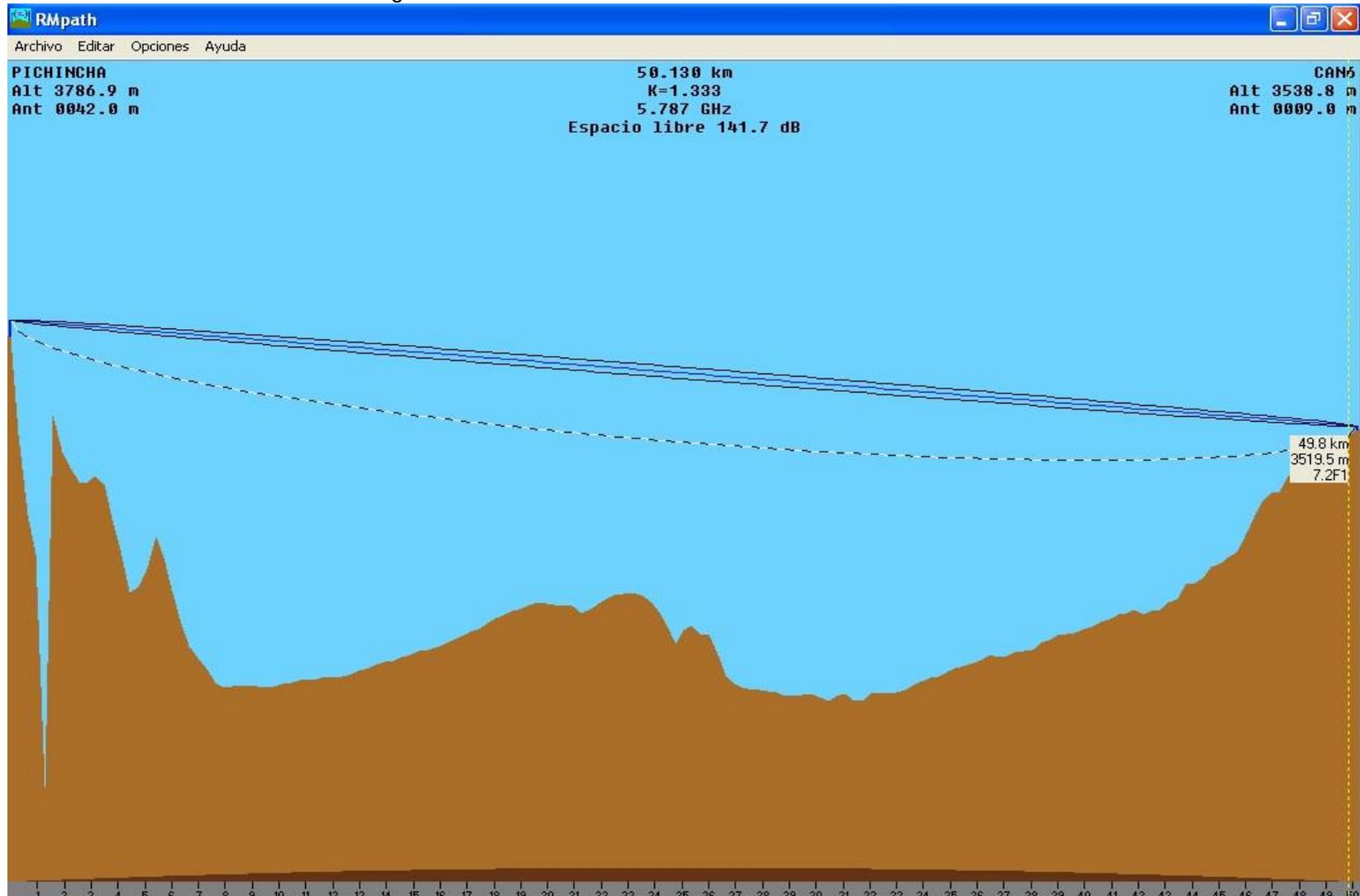


Figura No. 123: Perfil Topográfico del Enlace CAN-6 – PICHINCHA.

Elaborado por: El autor.

Elaborado por: El autor.

3.2.3.5 Enlace CAN8 – PILISURCO

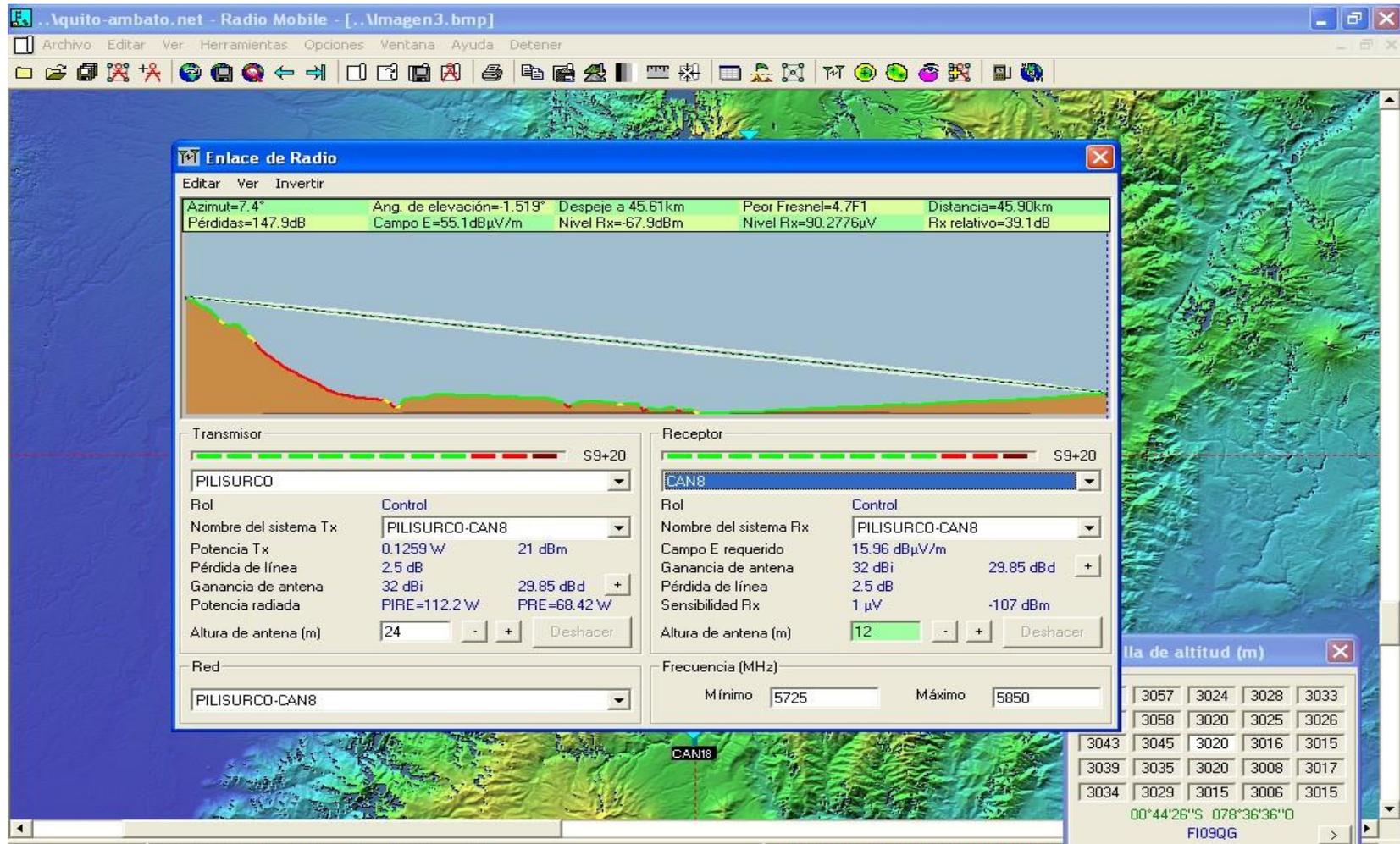
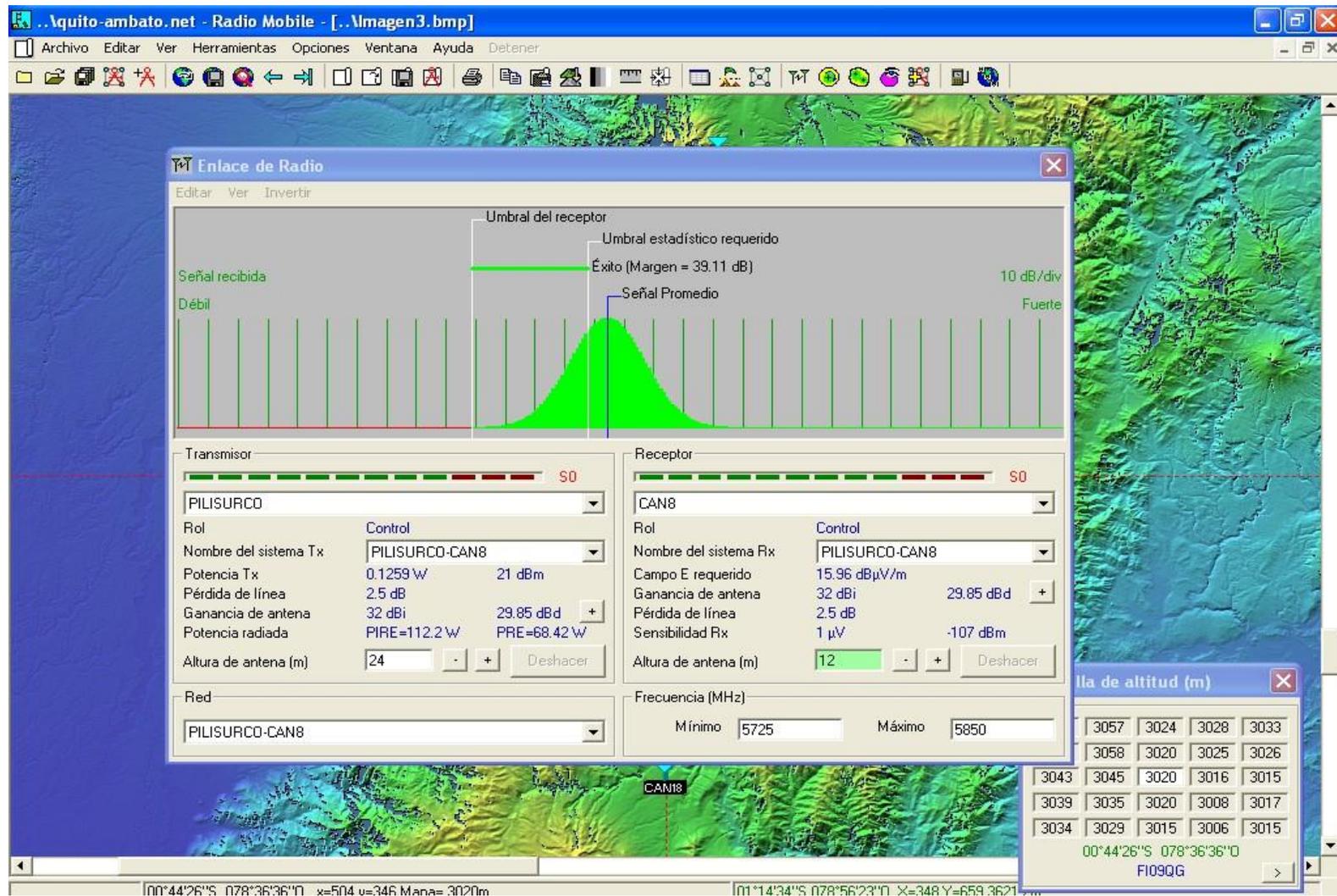


Figura No. 124: Enlace CAN-8 y PILISURCO.



Elaborado por: El autor.

Figura No. 125: Distribución del Enlace CAN-8 y PILISURCO
Elaborado por: El autor.

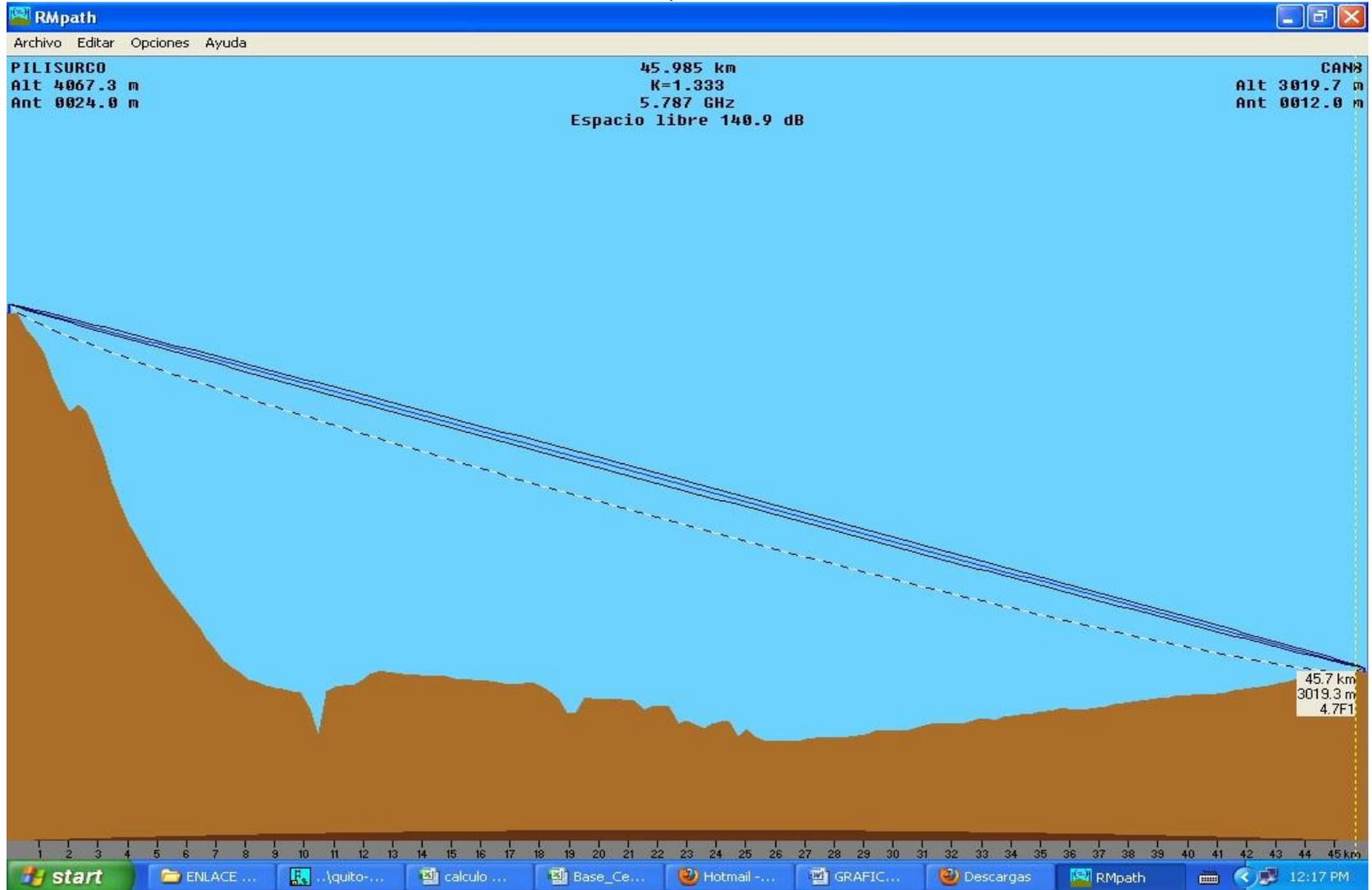
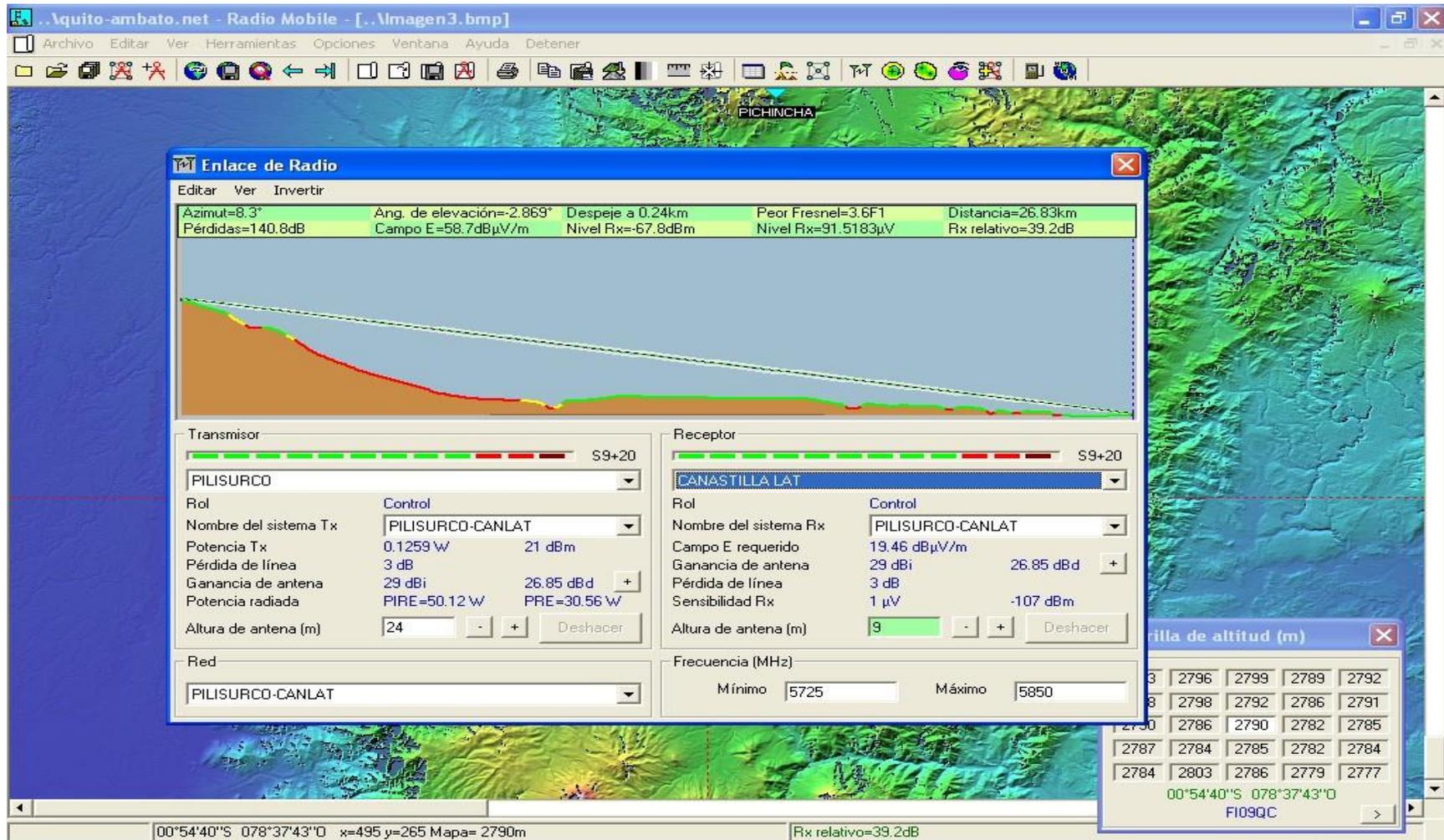


Figura No. 126: Perfil Topográfico del Enlace CAN-8 y PILISURCO.

Elaborado por: El autor.

3.2.3.6 Enlace CAN-LAT – PILISURCO



Elaborado por: El autor.

Figura No. 127: Enlace CAN-LAT – PILISURCO.

Elaborado por: El autor.

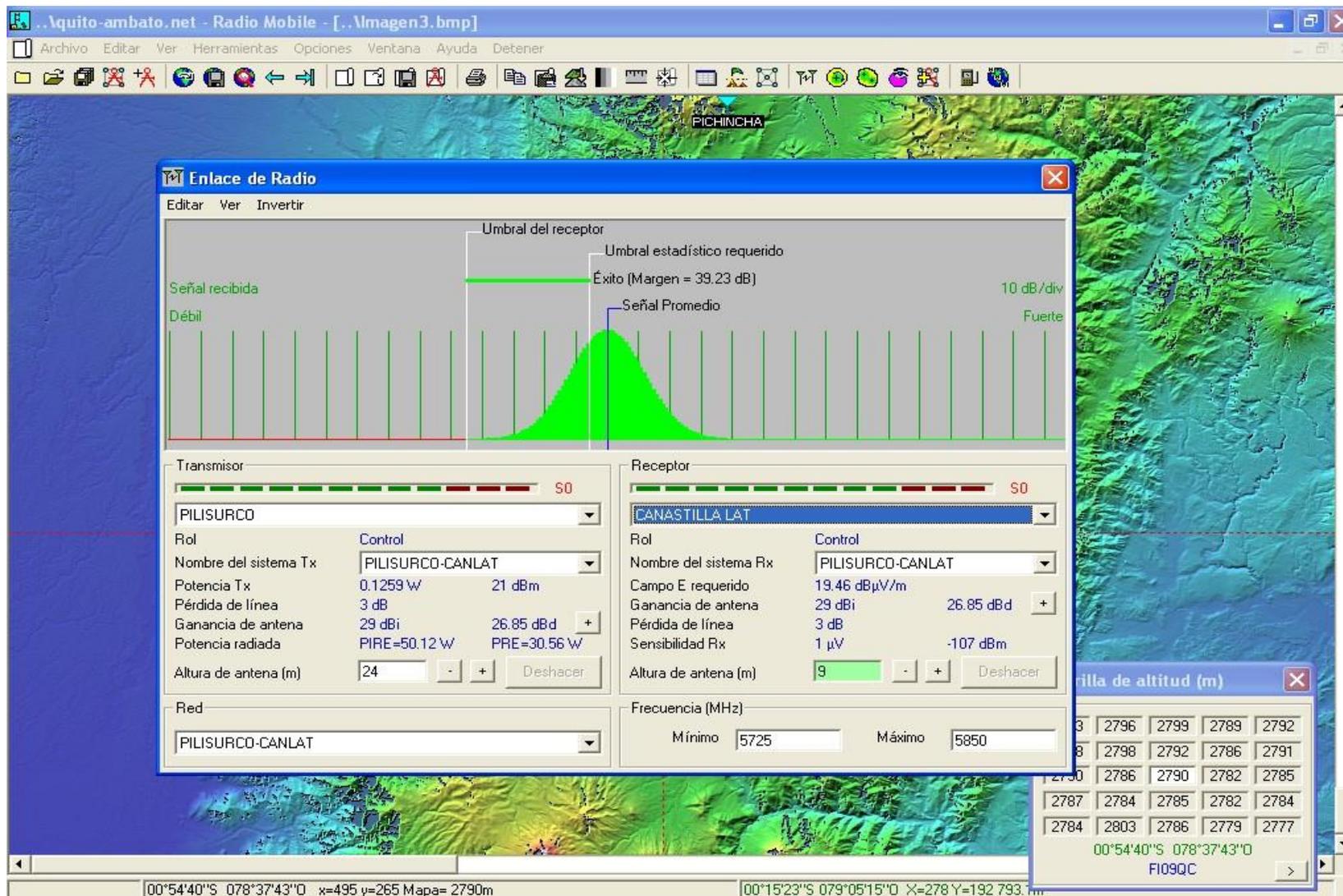
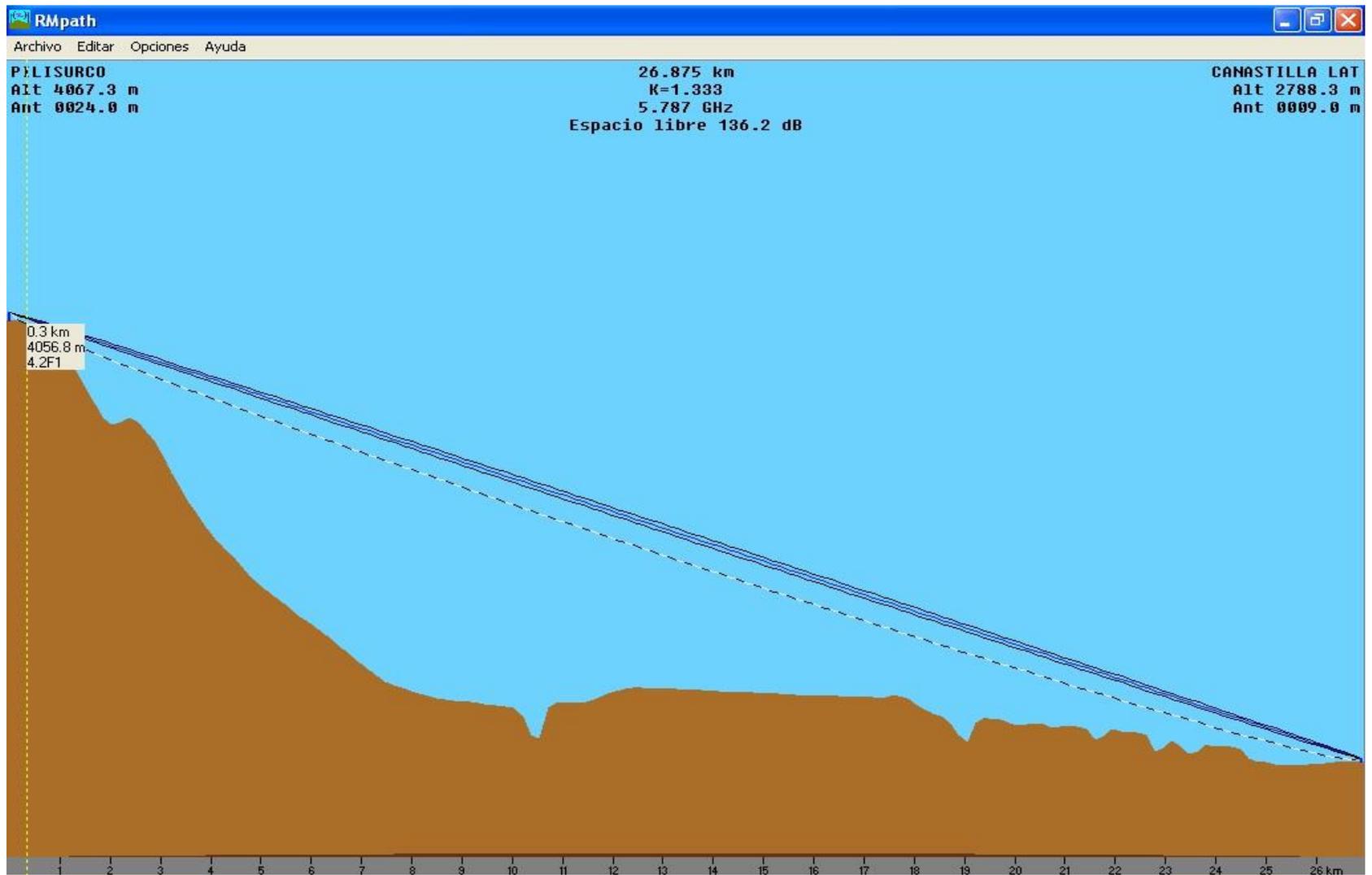


Figura No. 128: Distribución del Enlace CAN-LAT – PILISURCO.



Elaborado por: El autor.

Figura No. 129: Perfil Topográfico del Enlace CAN-LAT – PILISURCO
Elaborado por: El autor.

3.2.3.7 Enlace PK79 – PILISURCO

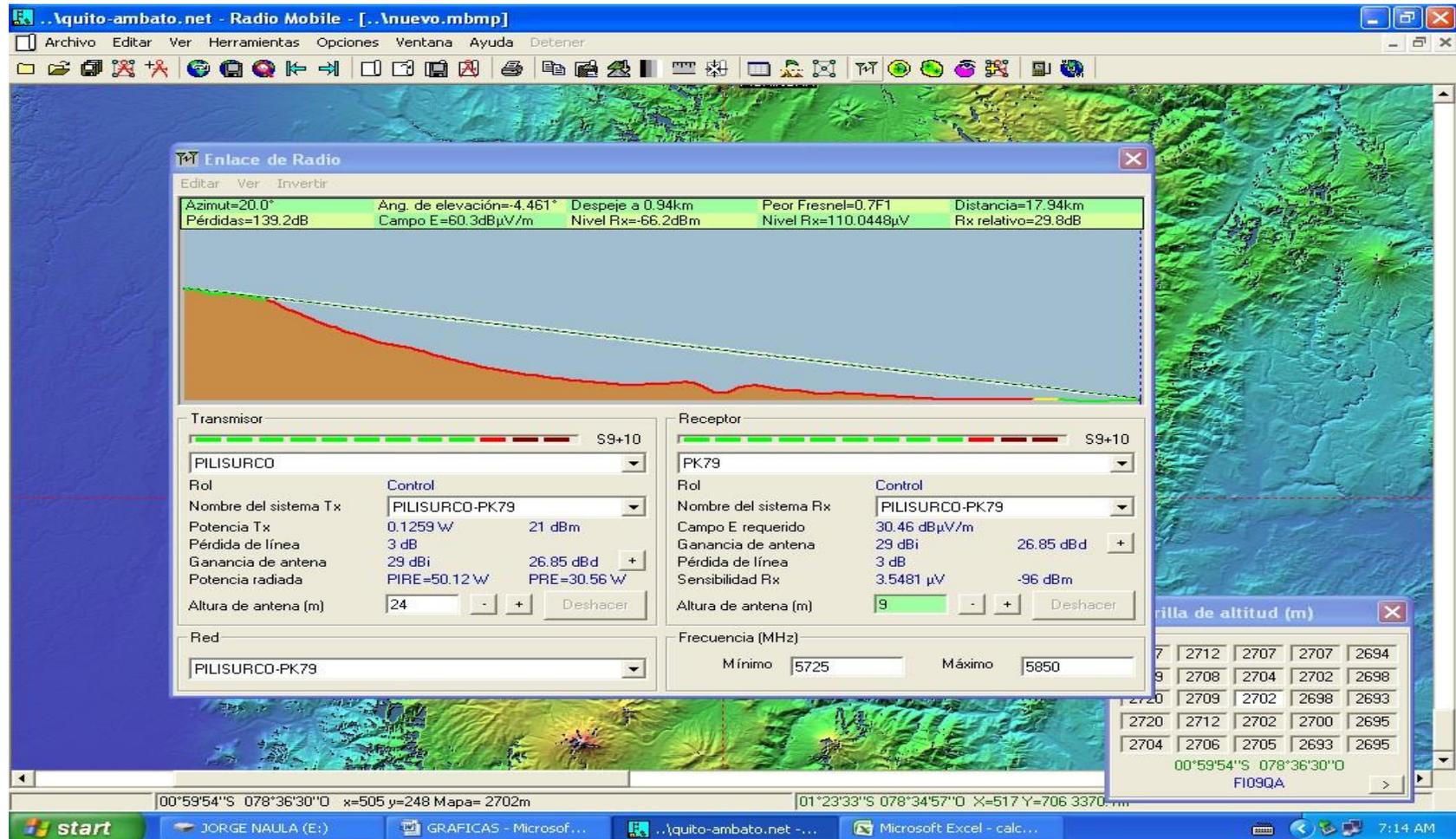


Figura No. 130: Enlace PK79 – PILISURCO.

Elaborado por: El autor.

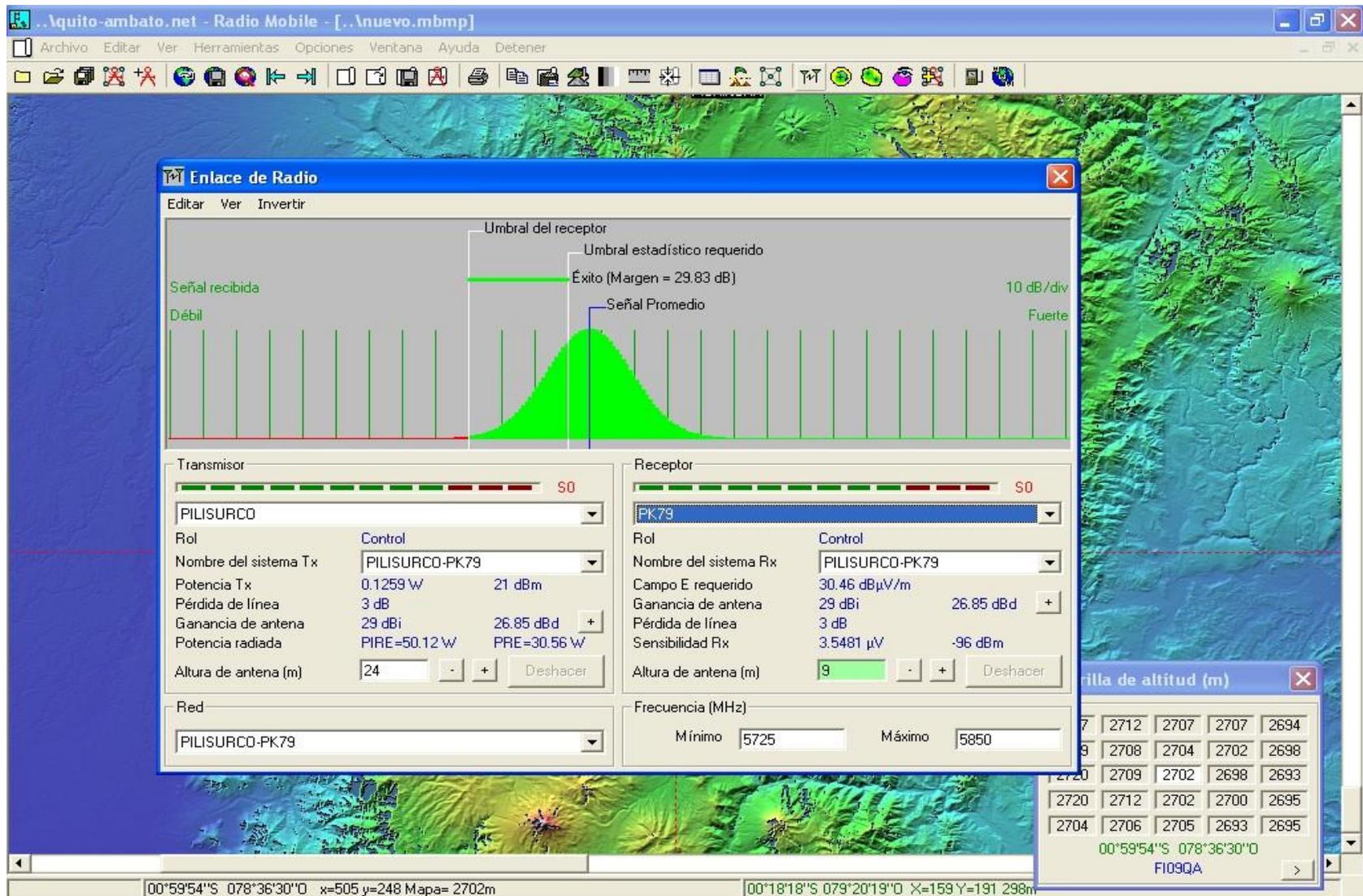


Figura No. 131: Distribución del Enlace PK79 – PILISURCO.

Elaborado por: El autor.

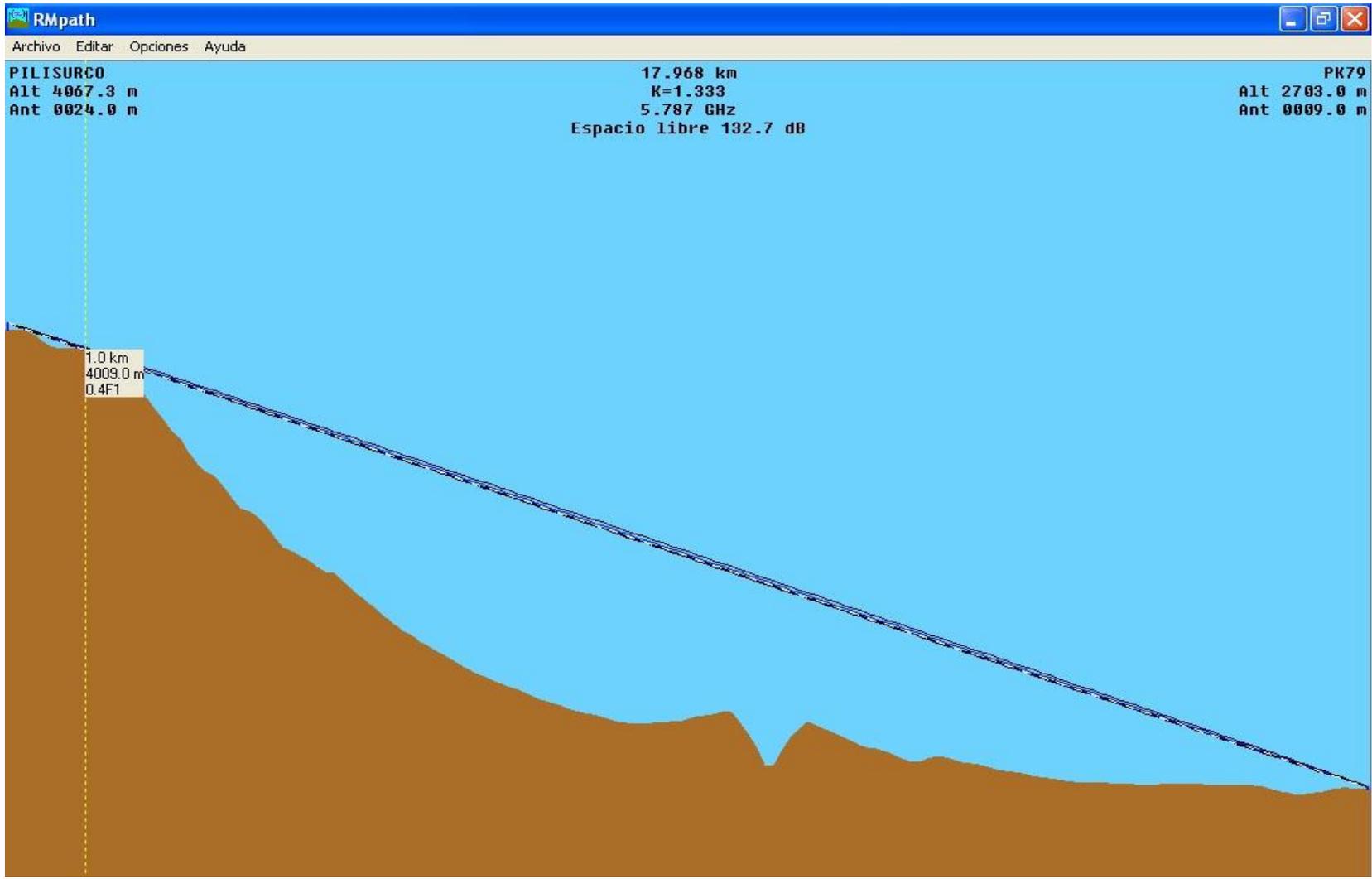


Figura No. 132: Perfil Topográfico del Enlace PK79 – PILISURCO.

Elaborado por: El autor.

3.2.3.8 Enlace CAN17 – PILISURCO

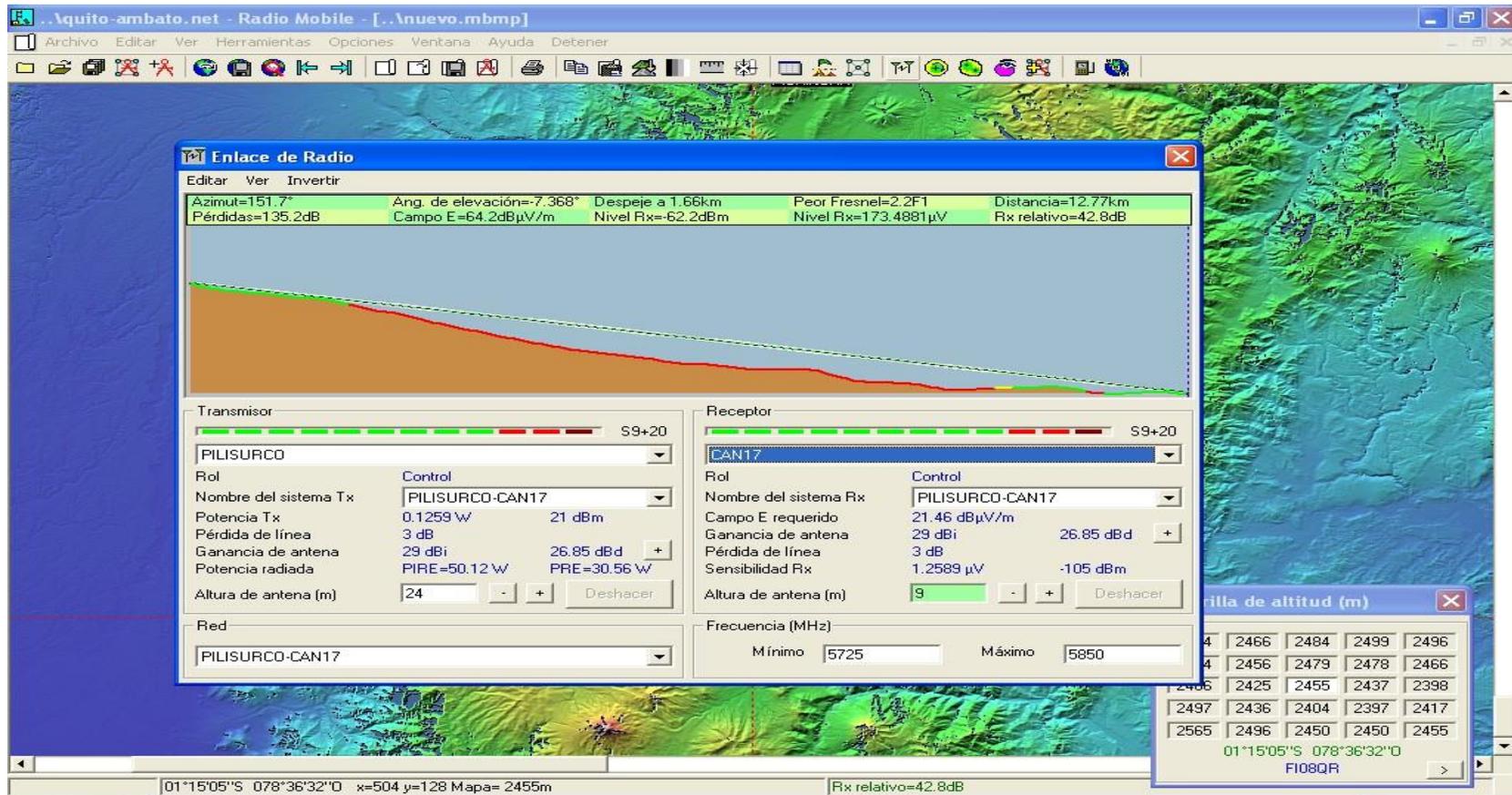


Figura No. 133: Enlace CAN-17- PILISURCO.

Elaborado por: El autor.

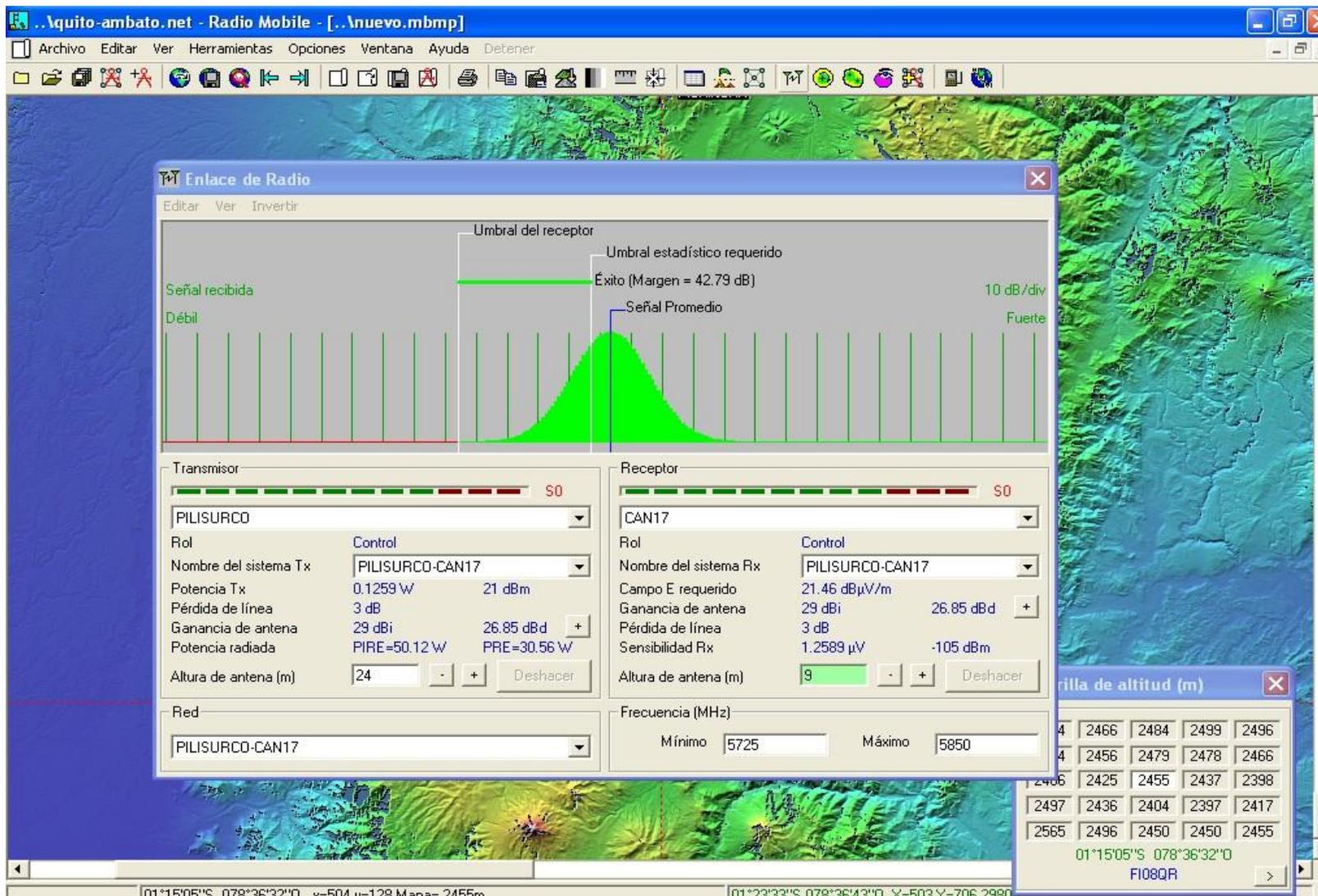


Figura No. 134: Distribución del Enlace CAN-17- PILISURCO
Elaborado por: El autor.

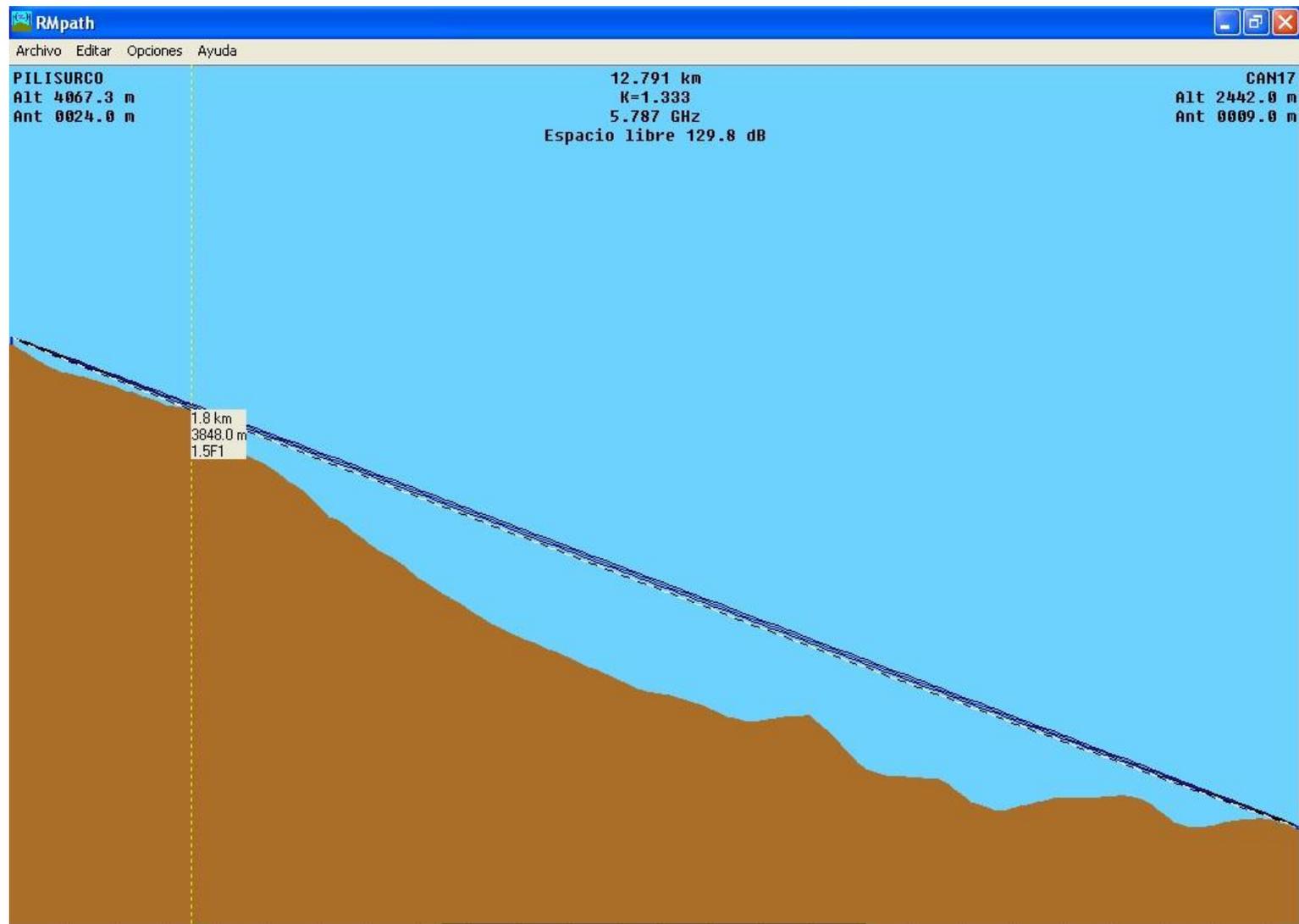


Figura No. 135: Perfil Topográfico del Enlace CAN-17- PILISURCO.

Elaborado por: El autor.

3.2.3.9 Enlace CAN17 – CAN18

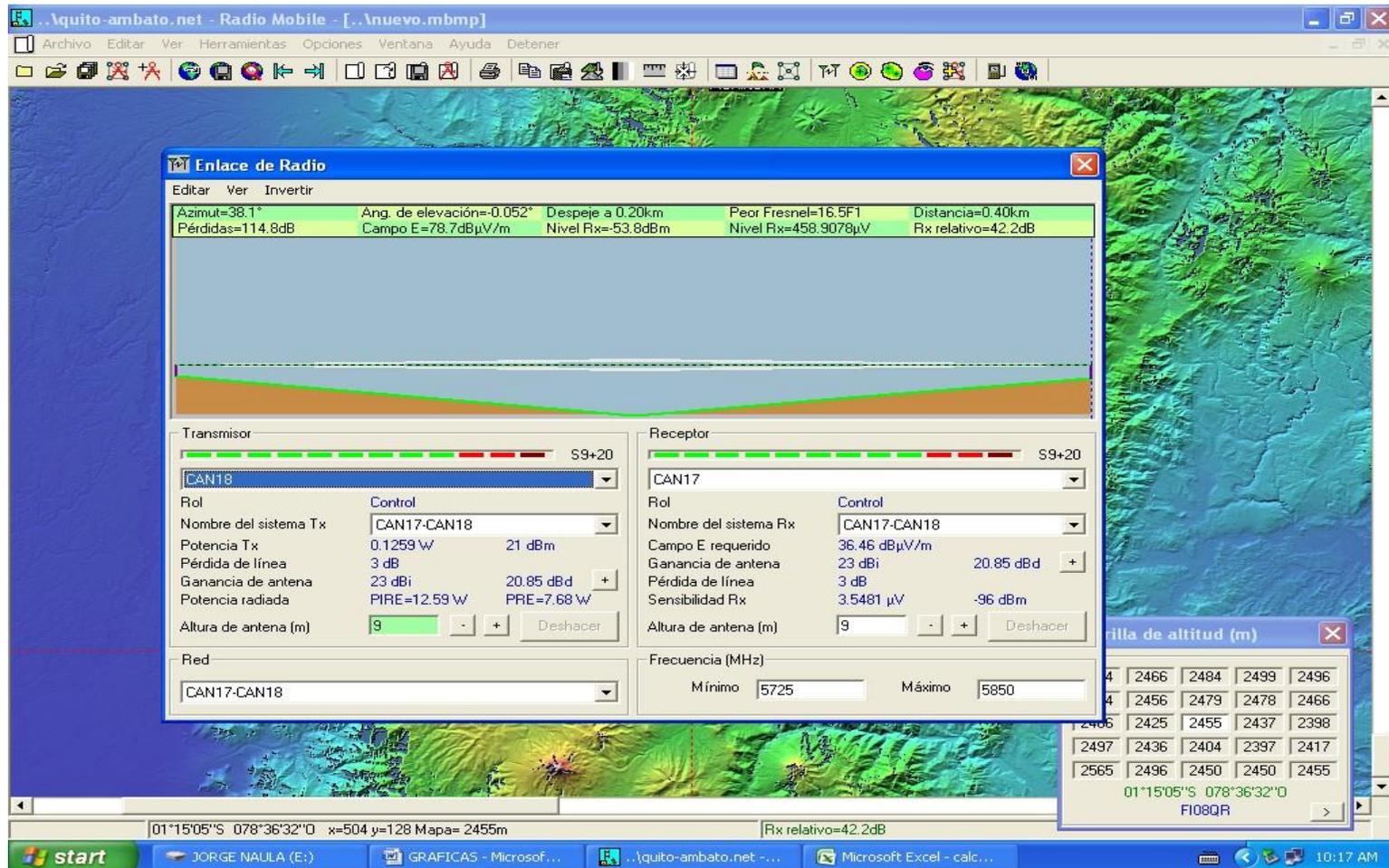


Figura No. 136: Enlace CAN 17 – CAN 18.

Elaborado por: El autor.

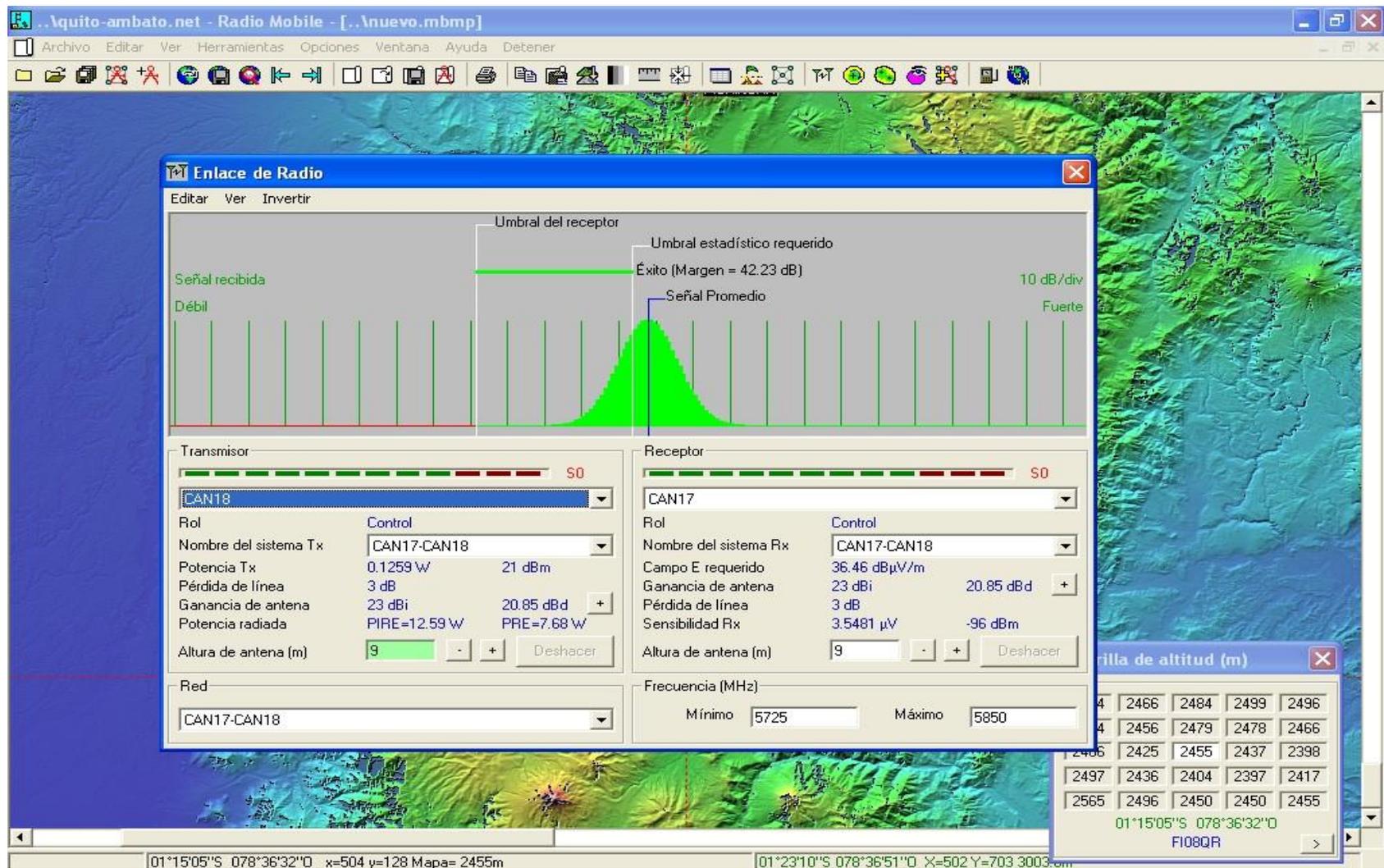


Figura No. 137: Distribución del Enlace CAN 17 – CAN 18

Elaborado por: El autor.

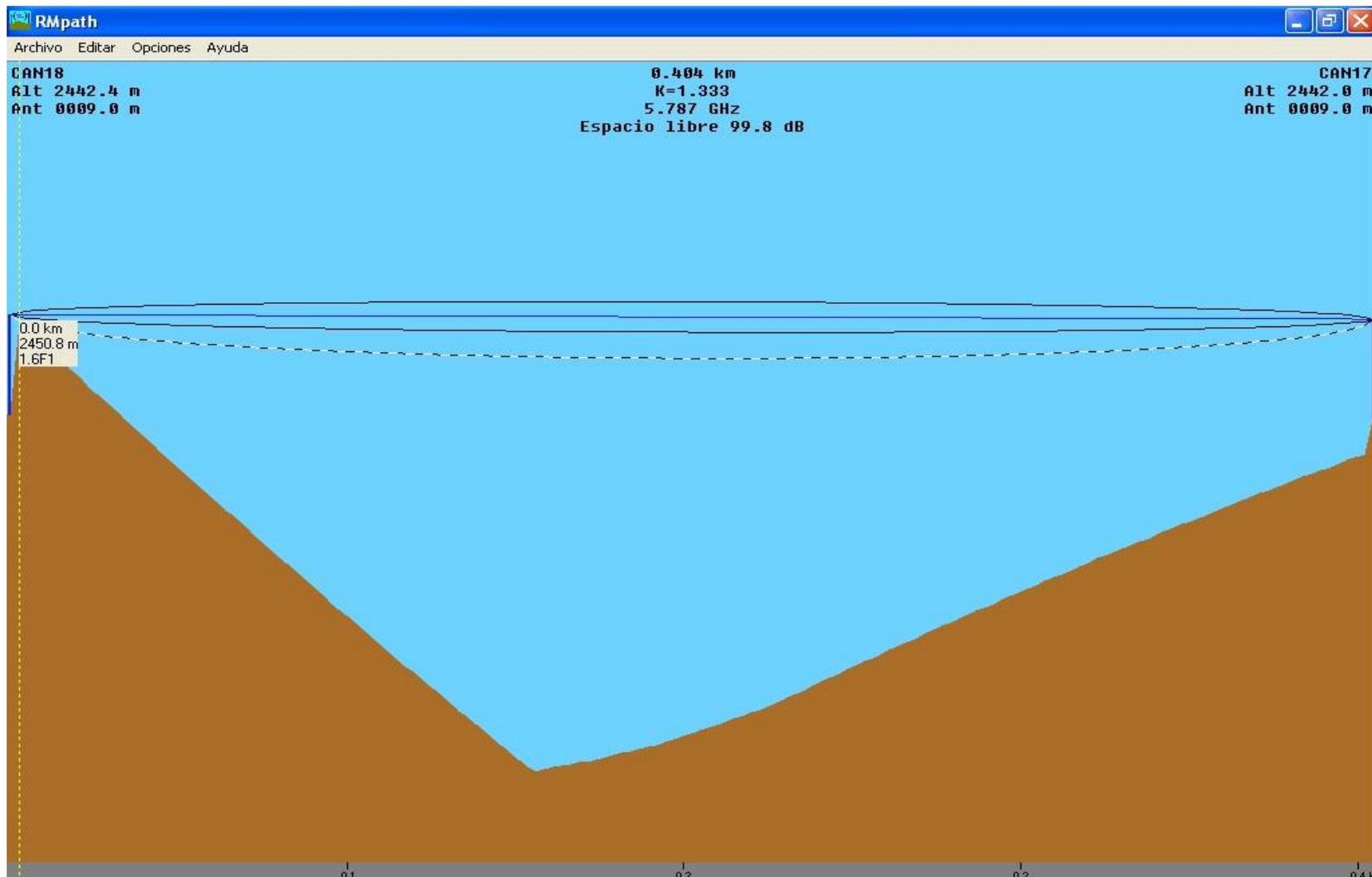


Figura No. 138: Perfil Topográfico del Enlace CAN 17 – CAN 18.

Elaborado por: El autor.

3.3 Análisis de la Fibra Óptica.

3.3.1 Cable de Estructura Holgada.

Este cable de dicha estructura holgada consta de varios tubos de fibra rodeando a un miembro central de refuerzo como se muestra en la figura.

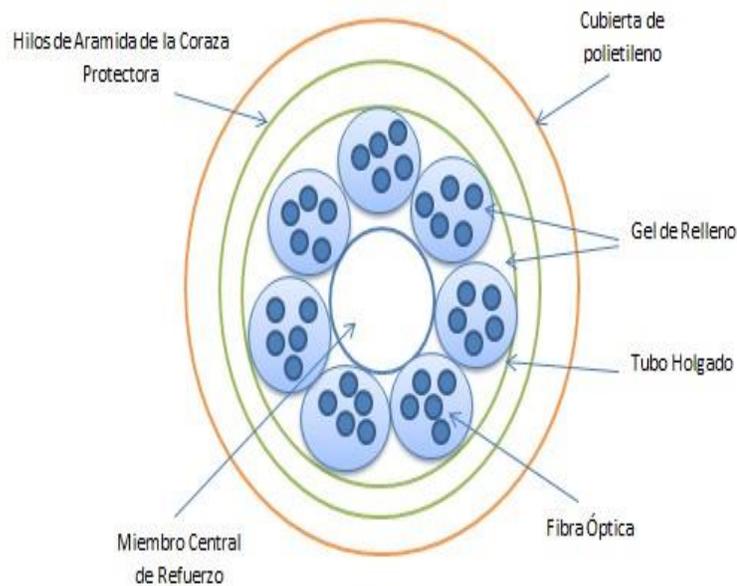


Figura No. 139: Cable de Tubo Holgado.

Elaborado por: El autor.

Lo que le distingue a esta fibra son los tubos de fibra. Estos son de 2 a 3 milímetros de diámetro, que a su vez lleva varias fibras ópticas que descansan holgadamente en él.

Estos tubos pueden ser huecos o tener en su interior un gel que no permite que el agua entre en su interior. El tubo holgado aísla de las fuerzas mecánicas externas que se generen sobre el cable.

Dentro de cada tubo los hilos de la fibra van mas largos que el propio cable, esto se da para que el momento que haya una tensión ligera sobre el cable estos hilos de fibras no se rompan y la longitud en exceso viene dada por el fabricante.

Cada uno de los tubos se encuentra coloreado o numerado para su fácil identificación.

En el centro del cable contiene un cable de acero que sirve como refuerzo y soporte durante las operaciones de tendido. Se debería amarrar siempre con mucha seguridad a la polea de tendido durante las operaciones de tendido de cable, y a los anclajes apropiados que hay en cajas de empalmes o panales de conexión.

La cubierta del cable puede estar constituida por diferentes materiales como polietileno, de armadura o coraza de acero, goma o hilo de aramida, y sirve para aplicaciones tanto interiores como exteriores.

El cable con estructura holgado no es muy adecuado para instalaciones en recorridos verticales y son mayormente usados en instalaciones externas en tubos o conductos y en instalaciones directamente enterradas.

3.3.2 Cable de Estructura Ajustada

Un cable de estructura ajustada contiene varias fibras con una protección secundaria que rodean un miembro central de tracción. La protección secundaria que tiene consiste en una cubierta plástica de 900µm de diámetro que rodea al recubrimiento de 250µm de la fibra óptica.

Para cada fibra individual se tiene una protección secundaria así como un soporte físico. Debido al diseño ajustado del cable, es más sensible a las cargas de estiramiento o tracción y se puede ver incrementadas las pérdidas por micro curvaturas. Un cable de estructura ajustada es más flexible y tiene un radio de curvatura más pequeño que el cable de estructura holgada.

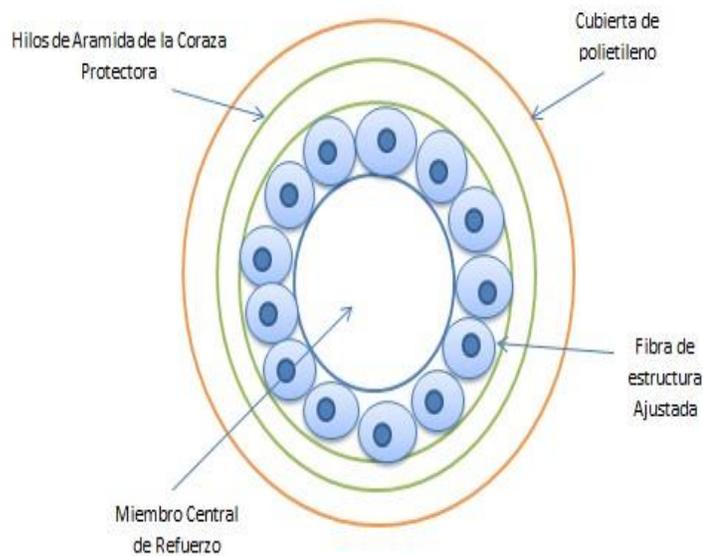


Figura No. 140: Cable de Estructura Ajustado.

Elaborado por: El autor.

Este tipo de cable es diseñado para instalaciones dentro de edificios, también es ideal para instalar en tendidos verticales mas elevados que los cables de estructura holgada debido al soporte individual de que se dispone cada fibra.

3.3.3 Cable en Figura de 8

Es un cable de estructura holgada con un cable fiador adosado. El cable fiador es el miembro soporte que se utiliza en las instalaciones aéreas. Generalmente es un cable de acero para la tracción con un diámetro comprendido entre 1/4 y 5/8 de pulgada. Se denomina figura en 8 porque su sección transversal se asemeja al número 8.

3.3.4 Cable Blindado

El tipo de cable blindado tiene una coraza protectora o armadura de acero debajo de la cubierta de polietileno. Esto proporciona al cable una resistividad excelente al aplastamiento y propiedades de protección frente a roedores. Se usa por lo general en instalaciones en entornos industriales pesadas y en enterramiento directo.

Especificaciones		Explicación
Tipo de cable:	Estructura holgada	
Numero de fibras:	18	3tubos activos, 6 fibras por tubo
Peso nominal:	166Kg/Km	166Kg/Km de cable
Diámetro:	14,4mm	Generalmente varia un 5%
Rango de temperaturas:		
Almacenamiento	-40 a 70 °C	Almacenamiento del cable en una bobina
Operación	-40 a 70 °C	Temperatura de Trabajo durante la instalación
Instalación	-30 a 50 °C	Durante la instalación y manejo
Máxima tensión aplicada:		
Instalación	2.700 N	Máxima durante la instalación
Permanente	600 N	Operacional, ningún cambio observado en la atenuación
Mínimo radio de curvatura:		
Instalación	22,5 cm	Mientras se está instalando el cable
Permanente	15,0 cm	Operacional, ningún cambio observado en la atenuación
Máxima elevación	247 m	No requiere sujeciones ni anillas
Pares de cobre:	Ninguno	Usados para las comunicaciones durante la instalación o reparación
Cubierta:	Polietileno	Material disponible a menudo

Miembro central	Dieléctrico	Miembro central de refuerzo
------------------------	-------------	-----------------------------

Tabla No. 18: Ejemplo de una Hoja de Especificaciones Típica de un Cable de Fibra Óptica.
Elaborado por: El autor.

3.3.5 Otros Cables

Existen otros tipos de cables para aplicaciones especiales:

□ **Cable Aéreo Autoportante**

Es un cable de estructura holgada es llamado autoportante o autosoportado, es diseñado especialmente para estructuras aéreas. No requiere un fiador como soporte. Para poder asegurar directamente al poste se utiliza abrazaderas especiales.

□ **Cable Submarino**

Es un cable de estructura holgada diseñado para permanecer sumergido en el agua. En la actualidad muchos de los continentes se encuentran conectados por cables submarinos de fibra óptica transoceánicos.

□ **Cable Compuesto Tierra-Óptico (OPGW)**

Es un cable que tiene fibras dentro de un tubo en el núcleo central del cable y es un cable de tierra. Es utilizado a lo largo de las rutas de las líneas de alta tensión.

□ **Cables Híbridos**

Este cable híbrido está constituido por fibras ópticas así como también contiene pares de cobre es por eso que lleva este nombre.

□ **Cable en Abanico**

Es un cable de estructura ajustada con pocas fibras es su interior y es diseñado para una conectorización directa y fácil sin necesidad de tener un panel de conexiones, y se usa en conexiones internas como en redes RAL.

TIPO DE CABLE									
Aplicación	Cordones de Conexión	Cable en Abanico	Estructura Ajustada Dieléctrico	Estructura Holgada Dieléctrico	Estructura Holgada con Armadura	Estructura Ajustada con Armadura	Figura en 8	Autoportante	Submarino
Conexión directa al equipamiento en la misma habitación o cabina ^{15,16}	x	x	x						
Terminada en el panel de conexiones			x	x	x	x	x	x	x
Entre oficinas de un mismo edificio ²		X ¹⁷	X ₃	X ₃					
Dentro de una planta industrial ²		x	x	x	x	x			
Alzadas elevadas	x	x			x				
Aérea entre edificios				x			x	x	
Subterránea en conductos				x					
Directamente enterrado					x				
Submarina				X ¹⁸	X ⁴				x
Cerca de alta tensión			x	x					

¹⁵ Cuando los cordones de conexión van por fuera del armario o cabina del equipamiento, deben situarse en bandejas.

¹⁶ Siempre se debería utilizar cable ignífugo.

¹⁷ Cable situado en un conducto metálico.

¹⁸ Algunos fabricantes de estructura holgada permiten situar el cable en aguas poco profundas. Consulte los detalles del fabricante del cable. En caso contrario, será necesario emplear un cable especial submarino.

Tabla No. 19: Tabla de Utilización de los Cables.
Elaborado por: El autor.

3.3.6 Adquisición de la Fibra Óptica

Antes de adquirir cualquier tipo de fibra óptica se debe considerar con mucho cuidado los detalles de su instalación y del equipamiento con objeto de seleccionar el mejor cable para la aplicación.

La siguiente lista de información muestra cómo hacer un pedido detallado:

1. Tipo de fibra óptica:	Monomodo o multimodo.
2. Diámetro de la fibra óptica	10/125, 50/125, 62,5/125, 85/125, 100/140µm
3. Longitudes de onda del trabajo:	850, 1.310, 1.550 nm
4. Máxima atenuación de la fibra:	Decibelios por kilómetro a las longitudes de onda de trabajo.
5. Mínimo ancho de banda modal:	Megahercio x kilómetro.
6. Longitud de onda de dispersión nula:	Longitud de onda.
7. Dispersión material de la fibra:	Nanosegundos/nanómetros por kilómetro.
8. Apertura numérica de la fibra (AN):	Valor.
9. Número de fibras ópticas:	Número.

10. Tipo de cable de fibra óptica:	Estructura holgada, estructura ajustada, figura en 8, latiguillo, cable de conexión, etc.
11. Aplicación:	Aérea, enterrada, instalación en conductos, etc.
12. Tipo de cubierta del cable:	Exterior, interior, con coraza, etc.
13. Clase del código de fuego del cable	Pleno, no pleno, elevador, etc.

14. Dieléctrico del cable:	Todo dieléctrico o no dieléctrico.
15. Longitud del cable:	Metros, o pies.
16. Precio del cable:	Por unidad de longitud, descuento/volumen, descuento/existencias.
17. Nombre del fabricante de fibra óptica:	Nombre.
18. Nombre del fabricante del cable:	Generalmente no es el mismo que el fabricante de la fibra óptica.
19. Diámetro del campo modal de la fibra:	Micrómetro (Solo para fibras monomodo).
20. Longitud de onda de corte de la fibra:	Nanómetros (solo para fibras monomodo).
21. Pares de cobre incluidos:	Número y medida de los hilos.
22. Diámetro exterior del cable (DE):	Milímetros.
23. Composición del cable:	Elementos de relleno, miembros de refuerzo, blindaje, acero, Kevlar.
24. Cubierta del cable:	Clase UV, clase de alto voltaje, composición.
25. Rango de temperaturas de trabajo:	Mínima y máxima en grados.
26. Rango de temperaturas de instalación:	Mínima y máxima en grados.
27. Mínimo radio de curvatura con carga:	Centímetros.

28. Mínimo radio de curvatura sin carga:	Centímetros.
29. Máxima elevación vertical:	Metros.
30. Peso del cable:	Por unidad de longitud.
31. Máxima tensión dinámica:	Kilopondios de fuerza.
32. Máxima tensión estática:	Newtons de fuerza.
33. Máxima extensión del cable por bolsa:	Metros (para instalaciones aéreas).
34. Marcas del cable:	Marcas secuenciales por metro o pie, nombre de la compañía, identificación del cable, tipo de cable, etc.
35. Resistencia del cable al aplastamiento:	Newtons de fuerza, resistencia a los impactos o disparos.
36. Orificio de tracción:	Instalados en fábrica, incluidos en el envío.
37. Extremos del cable:	Ambos extremos accesibles Mientras estén en los bobinados.
38. Código de colores de la fibra óptica:	Estándar o bajo petición.
39. Longitudes de bobinados envío del cable:	Metros, pies.
40. Número de bobinas de cable:	Número
41. Tipo y tamaño de los bobinados del cable:	¿Pueden los instaladores manejar el tamaño del bobinado?
42. Bobinado vacío retornable:	Algunos carretes se pueden retornar para reembolso.
43. Hoja de prueba:	Datos del examen OTDR suministrados por el fabricante.
44. Fechas de entrega y envío:	Confirmadas
45. Localización de la entrega y cargas:	Entrega al lugar indicado.
46. Precio futuro del cable:	Garantizado para una petición adicional

47. Otras consideraciones:	Otras posibles consideraciones en la gestión del cable.
-----------------------------------	---

Tabla No. 20: Ejemplo de pedido detallado.
Elaborado por: El autor.

Para aplicaciones de fibra multimodo, que usan productos y diseños estándar, como muchas redes RAL, los fabricantes de equipamiento especifican una fibra óptica estándar y un cable. La lista completa se detallar así:

1. Diámetro de la fibra óptica:	50/125,62,5/125, 85/125,100/140µm.
2. Longitudes de onda de trabajo:	850 o 1.310nm.
3. Máxima atenuación de la fibra:	Decibelios por kilómetro a las longitudes de onda de trabajo.
4. Mínimo ancho de banda modal:	Megahercio x kilómetro.
5. Apertura numérica de la fibra (AN):	Valor.
6. Número de fibras ópticas:	Número.
7. Tipo de cable de fibra óptica:	Estructura holgada, estructura ajustada, figura en 8, latiguillo, cable de conexión, etc.
8. Aplicación:	Aérea, enterrada, instalación en conductos, etc.
9. Tipo de cubierta del cable:	Exterior, interior, con coraza, etc.
10. Clase del código e fuego del cable:	Pleno, no pleno, elevador, etc.

11. Dieléctrico del cable:	Todo dieléctrico o no dieléctrico.
12. Longitud del cable:	Metros, o pies.
13. Precio del cable:	Por unidad de longitud, descuento por volumen, descuento por existencias.
14. Nombre del fabricante de fibra óptica:	Nombre.
15. Nombre del fabricante del cable:	Usualmente no es el mismo que el fabricante de la fibra óptica.

Tabla No. 21: Detalles de la Fibra Óptica.
Elaborado por: El autor.

3.3.7 Precauciones de Seguridad

Hay ciertas precauciones que se debe tomar en cuenta cuando se trabaja con fibra óptica, estas ayudan a mantener un entorno de trabajo seguro y confiable. Aparte de las precauciones también se deben seguir reglas de seguridad para el entorno de la instalación.

3.3.7.1 Corte y Pelado del Cable

Al momento de manipular las fibras ópticas el personal a llevar a cabo el trabajo debe llevar guantes y gafas apropiados para realizar el trabajo. Herramientas adecuadas como cortadoras (Cutter), peladoras, etc., estas pueden estar muy afiladas y producir lesiones.

3.3.7.2 Trozos de Fibra Óptica

Al momento de realizar cortes o marcados de la fibra óptica se debe guardar en una bolsa los residuos que quedan ya que son peligros y pueden pinchar fácilmente en la piel o afectar a la vista.

3.3.7.3 Luz de Láser

La luz de un láser puede dañar seriamente a la vista si uno se expone de manera directa, al trabajar con cualquier tipo de fibra deben apagarse todas las fuentes de luz. Nunca se debe mirar al extremo de una fibra, ya que esta puede estar acoplada a un láser.

3.3.7.4 Tensión de Cable

Al momento que se aplica una tensión a los refuerzos del cable de fibra óptica estos pueden almacenar mucha energía elástica, por lo cual hay que tener mucho cuidado porque puede dar un latigazo hacia atrás y ocasionar daños. Es por esa razón que se debe tener cuidado al momento del tendido del cable o cuando el miembro de refuerzo este bajo tensión mecánica.

3.3.7.5 Solventes y Soluciones de Limpieza

Los líquidos que se utiliza para la limpieza de las fibras ópticas y para eliminar los compuestos de relleno pueden irritar los ojos y la piel, y hay que tener precaución los vapores que estos líquidos producen ya que son inflamables y a su vez pueden producir problemas respiratorios. Al momento que se va a manipular estos líquidos se debe utilizar guantes para proteger las manos y se debe cubrir los ojos además de mantenerse en un área ventilada y no fumar o encender fuego.

3.3.7.6 Empalmadora de Fusión

La chispa eléctrica que producen las empalmadoras al momento de fusionar la fibra óptica puede ocasionar una explosión en presencia de vapores inflamables. Nunca se debe utilizar una empalmadora en lugares incomodos como una galería subterránea o áreas confinadas.

3.3.8 Instalación de Cable en Exteriores

El cable de fibra óptica se puede conectar en exteriores para conectar edificios así como también para conectar ciudades, dependiendo el requerimiento que se tenga al momento de la instalación. Para la instalación en exteriores se utiliza cable de estructura holgada y las instalaciones mas comunes son las aéreas entre poste y poste, además la instalación de cable enterrado bajo la tierra. La protección que tienen los cables para exteriores es una protección extra gruesa o llamada doble cubierta.

3.3.8.1 Instalación de Cable Enterrado

Un cable de fibra óptica se puede enterrar directamente bajo la tierra o puede ir en una canalización. Este procedimiento se utiliza cuando atraviesan países y se lo hace con un cable sin protección adicional pero se debe tener para ello un equipamiento adecuado para hacer las zanjas y poder enterrar los cables. Puede ser de gran beneficio en instalaciones dentro de las ciudades.

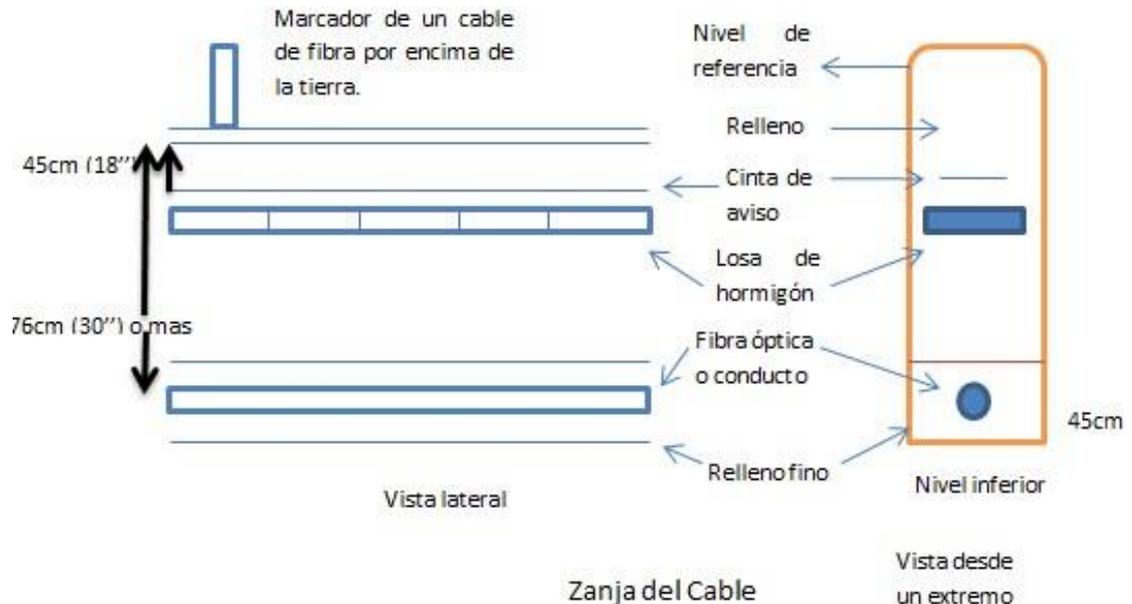


Figura No. 141: Cable de Fibra Óptica Enterrado
Elaborado por: El autor.

Antes de realizar la instalación de la fibra se debe realizar una investigación de las condiciones del suelo para utilizar el equipamiento adecuado, el tipo

de cable o conducto (si se utiliza). Todos los cables enterrados así como cañerías y otras estructuras a lo largo de la ruta, deben ser identificados y localizados.

3.3.8.2 Conductos para el Cable

El tendido de los cables de fibra óptica se puede instalar dentro de sistemas de canalización nuevos o existentes. Los conductos o tuberías proporcionan al cable protección y un medio para la instalación y eliminación futura de cables. Los conductos por donde va a ir la instalación del cable pueden ir sobredimensionados o se puede instalar conductos sobrantes para la colocación de cables adicionales en un futuro dependiendo de la necesidad que se tenga.

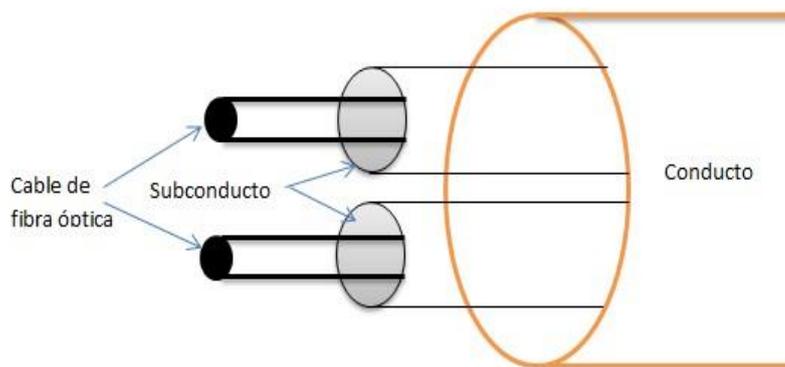


Figura No. 142: Conductos y Subconductos.

Elaborado por: El autor.

Cuando se instala un cable en sistema de canalización pública, la utilización de tuberías proporciona protección contra las operaciones de instalación de otras compañías. La mayoría de las tuberías se construyen de polietileno de alta densidad (PEAD), PVC o con un compuesto epoxy de fibra de vidrio. Estos conductos generalmente son de color gris o negro como se muestra en la figura No. 142. Los colores comunes de los

subconductos son naranja brillante o el amarillo que los identifica como conductos de fibra óptica.

Los conductos y subconductos tienen un radio de curvatura mínimo y por esa razón los conductos no se deben curvar más allá de dicho radio. Este radio puede venir especificado como *con soporte o sin soporte*. Tras la instalación del cable de fibra óptica en un subconjunto, se debe instalar tapones terminales para garantizar un sellado efectivo al agua. Los conductos deben ser dimensionados para instalación de cables presentes y futuros, una razón de llenado de 50 por 100 por área transversal. Los tamaños estándar de los conductos varían de 3 a 8 pulgadas de DI. Los tamaños de los subconductos varían desde 0,75 a 2 pulgadas.

3.3.8.3 Lubricante del Conducto

Cuando el cable de fibra óptica tiene que atravesar largos conductos o numerosas curvas, es común para el cable de fibra óptica el uso de un lubricante de altas prestaciones. La finalidad de utilizar este lubricante es reducir el coeficiente de fricción del cable y, por lo tanto, reducir la tensión que se ejerce sobre el cable durante la instalación por tracción.

Las características de un lubricante de fibra óptica incluyen:

- Adecuación a las temperaturas exteriores.
- Propiedades ignífugas.
- Un bajo coeficiente de fricción
- Casualidades consistentes durante todo el periodo de instalación
- Coeficiente de fricción seco, que se puede hacer notar para futuras tracciones del cable.
- Incapacidad de afectar a las propiedades de la cubierta del cable, tubo, conducto o subconducto durante y después de la instalación.
- Examinado y aprobado por las autoridades pertinentes.

El lubricante debe llenar el conducto por completo y debe ser aplicado:

- A todos los puntos de alimentación del cable y a los puntos intermedios de tracción.
- Justo antes de las curvas, cuando sea posible.
- Con un manguito y una bomba para el lubricante

La cantidad de lubricante que se requiere para una instalación se puede estimar, de manera aproximada utilizando la siguiente fórmula:

$$C = 0,00378 \times L \times (DIN + DEN)$$

Donde:

C = Cantidad de lubricante en litros

L = Longitud del tendido en metros

DIN = Diámetro interior nominal del conducto en centímetros

DEN = Diámetro exterior nominal del cable en centímetros¹⁹

3.3.8.4 Cinta de Tracción

Esta cinta de tracciones utilizada para tirar del cable o del conducto interno dentro del conducto enterrado. Sirve para prevenir rotura o que sufra algún daño el cable o la canalización. Las características de la cinta de tracción incluyen:

- Construcción plana, similar a la cinta de medida, lo que reduce el daño que se puede hacer al conducto.
- Cada metro (o pie) estará marcado secuencialmente para una identificación fácil de la distancia.
- Un cordón de Kevlar para mayor refuerzo.
- Diseñada para no estirarse o tensarse.

¹⁹ Instalaciones de fibra óptica, Bob Chomycz, pág. 59

- Construida para soportar una tensión de tracción mayor que la máxima prevista.

En las instalaciones nuevas de conductos, la cinta de tracción se encuentra preinstalada en los conductos y subconductos. Con el objeto de reducir uniones débiles, se cosen conexiones o uniones de la cinta de tracción al cable o al orificio de trancón. ²⁰

3.3.8.5 Instalación del Cable en Conductos

El cable de fibra óptica se puede instalar en conductos o canalizaciones nuevas o existentes, cuando se usa este tipo de instalaciones por lo general se lo utiliza dentro de los centros urbanos poblados.

El diámetro por lo general de los conductos es de 4 pulgadas, estos conductos terminan en arquetas que son los que proporcionan un medio para acceso a los conductos llamados también posos de registro.

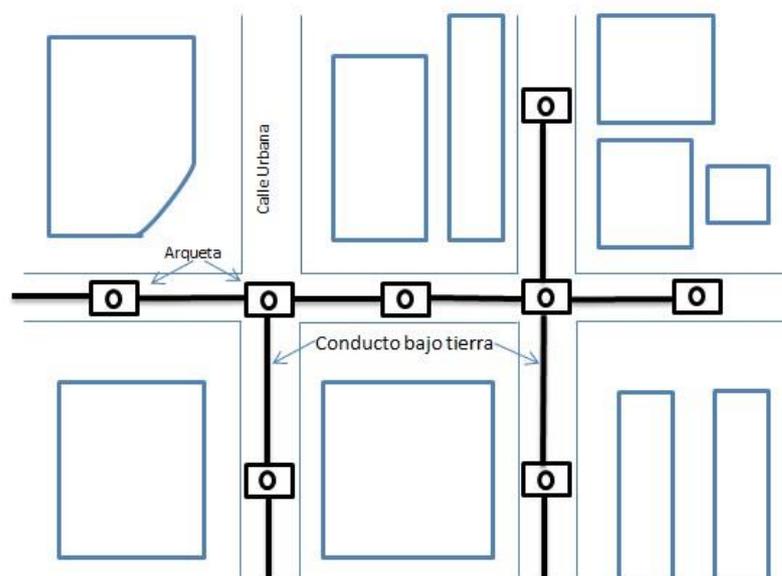


Figura No. 143: Sistema de Conductos Subterráneos Urbanos.

Elaborado por: El autor.

²⁰ Instalaciones de fibra óptica, Bob Chomycz, pág. 60

Para no tener problemas con el cable de fibra óptica se procura instalar la mayor distancia posible de cable ininterrumpido para procurar reducir el mayor número de empalmes posibles.

Antes de realizar cualquier tracción del cable se debe inspeccionar cuidadosamente todos los conductos y las arquetas de cables para controlar los posibles daños y tomar las respectivas medidas de seguridad.

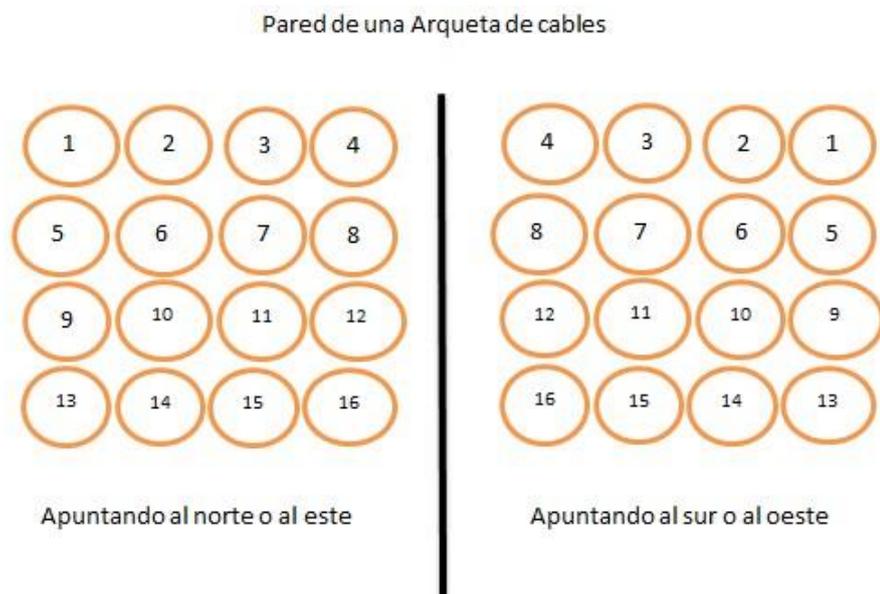


Figura No. 144: Configuración y Asignaciones en una Pared Típica de Conductos.

Elaborado por: El autor.

3.3.8.6 Procedimiento para el Tendido del Cable Subterráneo

Se debe realizar los procedimientos adecuados de seguridad antes del tendido del cable:

1. Abrir todas las arquetas de cables subterráneas y asegurarse que están seguras y despejadas.
2. Identificar todos los conductos que se van a usar para el emplazamiento del cable.

3. Asegurarse de que todos los conductos están despejados, es posible que sea necesario una limpieza de los conductos.
4. En caso de existir cables presentes en los conductos a utilizarse, se debe identificar el tipo de cable existente y se deberá llamar al propietario del cable para informarle nuestro proceder para identificar el cable.
5. Para minimizar las tensiones que el cable puede producir, se deberá planificar las localizaciones de las bobinas o carretes que alimentan las arquetas cerca de las curvas mas pronunciadas.
6. Cuando se tiende un cable alrededor de una curva, hay que recordar que existe una presión añadida sobre la pared del conducto y una presión de compresión sobre el cable.
7. Identificar las arquetas subterráneas de arrastre y las bobinas. Montar todo el equipamiento adecuadamente.

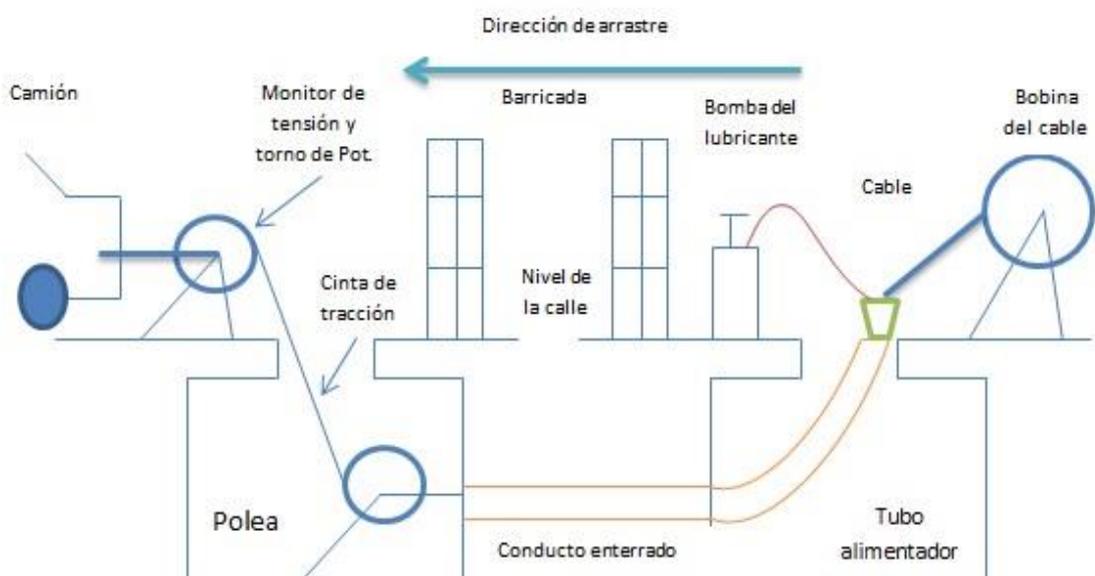


Figura No. 145: Sistema de Tracción de Cable en Conductos Subterráneos.

Elaborado por: El autor.

- La polea de tracción del cable debe equiparse con un registrador de tensión y con una pantalla electrónica dinámica; la velocidad de la polea deberá ser controlada.
 - Se debe instalar en la arqueta de alimentación un collar lubricante y un tubo de alimentación.
 - Se deberá instalar en la arqueta de tendido una polea de tamaño adecuado.
- 8.** Se deberá instalar en la ruta del conducto un largo continuo, sin empalmes, de cinta de tendido.
- 9.** Antes de arrastrar el cable y mientras éste se encuentre todavía en el carrete, se deberán examinar todas las fibras ópticas del cable con OTDR y un adaptador de fibra desnuda, para asegurarse de que son aceptables.
- 10.** Si se van a recolectar el cable en subconductos o conductos internos, primero hay que instalar el cable en subconductos:
- Posicionar el carrete en subconductos de tal manera que haya obstrucciones que lo obstaculicen para ser arrastrado dentro de la arqueta.
 - Atar al Subconducto, con un eslabón giratorio la polea de arrastre adecuada, y atar la cinta de arrastre al orificio.
 - Asegúrese de que todas las poleas, rodillos y cabrestantes tienen los radios adecuados para el subconducto.
 - Durante las operaciones de arrastre no debería haber personal en las arquetas. Se deberá extremar el cuidado durante el arrastre para que la maquinaria móvil pille prendas holgadas, manos u otros objetos.

- Las prendas sueltas deberán mantenerse bien apartadas de las piezas móviles. Todo el personal situado a lo largo de la ruta del cable deberá estar en contacto, vía radio, continuamente.
- Tire a mano del subconducto tanto como sea posible. Aplique lubricante si es necesario. Use longitudes más cortas donde fueran requeridas y entonces conecte los tramos con los conectores de subconjuntos adecuados; conecte también las cintas de tendido.
- Donde no se pueda tirar a mano el subconducto se deberá arrastrar con un torno. No es necesaria la monitorización continua de la tensión, pero no se deberá exceder la tensión máxima que es capaz de soportar el subconducto.
- En las curvas y esquinas se puede necesitar poleas para proporcionar a los subconductos el soporte adecuado. Asegúrese de que las poleas tienen el diámetro requerido para acomodar los radios de curvatura mínimos del subconducto y del cable.
- Todos los largos de las cintas de tendido y de los subconductos se conectan juntos, para proporcionar una medida de la longitud del tendido de cable.
- Si se utiliza los subconductos corrugados, no se debe cortar el cable inmediatamente. Después de que se ha completado el tendido, se debe dar al subconducto tiempo suficiente para recuperar su forma normal. Esto permitirá al subconducto la suficiente holgura para retraerse en el conducto.
- Se deberá dejar una longitud suficiente de subconducto para el montaje y para permitir que se contraiga y dilate.

11. Atar el cable adecuadamente a la polea de arrastre y al eslabón giratorio. Asegurarse de que tanto la polea como el eslabón se pueden ajustar fácilmente a todos los conductos y subconductos.

12. No usar una mordaza de cable entrelazado en lugar de una polea de arrastre.

- 13.** Atar la cinta de arrastre instalada al eslabón giratorio.
- 14.** Ajustar, si se requiere, el radio de la polea y del cabrestante.
- 15.** Tirar del cable a mano tanto como sea posible. Para la mayoría de los cables, el arrastrarse a mano no requiere la monitorización de la tensión.
- 16.** Añadir lubricante generosamente al alimentador del cable y a cualquier posición intermedia.
- 17.** Si el tendido a mano es muy difícil, tirar del cable con el torno a baja velocidad. Evite los movimientos de vibración. Mantener las tensiones de arrastre muy por debajo de la máxima del cable. Se deberán monitorizar continuamente las tensiones del cable y grabar en una cinta registradora. El cable deberá ser alimentado desde el carrete o bobina sin torsión.
- 18.** Girar el carrete del cable a mano, para mantenerla suficiente holgura entre el carrete y el collar de alimentación.
- 19.** Se requiere tensiones mayores para comenzar a arrastrar un cable que para mantenerlo en movimiento.
- 20.** Si la tensión del cable se acerca al máximo permitido durante el tendido, para el arrastre y chequear la ruta del cable por si hubiera alguna obstrucción. Bajos niveles de lubricante u otras dificultades pueden ser la causa de una tensión médica alta.
- 21.** Tras corregir el problema de la tensión del cable, recomenzar el tendido y monitorizar de cerca su tensión. Si la tensión del cable es todavía alta, parar el arrastre.

- 22.** Cuando se para el tendido, se debería observar el cable en las arquetas intermedias, para asegurarse de que está suficientemente lubricado.
- 23.** Continuar el tendido hasta que se arrastre un trozo suficientemente de cable (Necesario para los empalmes fuera de la arqueta) a la arqueta de tendido. Puede que se necesario tender mas cables, por lo que se debe almacenar suficiente cable en la arqueta intermedia.
- 24.** Dependiendo del diseño de ingeniería, se deben dejar enrollados al menos seis metros de exceso de cable en cada extremo, para futuros empalmes y almacenamiento y para reparaciones de emergencia.
- 25.** Después de que se haya dejado en el extremo un trozo suficiente de cable, se debería cortar éste de la bobina.
- 26.** Se debería examinar el cable con un OTDR para asegurarse de que no haya sido dañado en el proceso de tendido.
- 27.** Tras ser examinado el cable con éxito puede empezar su almacenamiento. Si se utiliza un subconducto, es mejor almacenar el subconducto en la arqueta sin cortarlo. Si el conducto es demasiado rígido para ser almacenado, entonces, si fuera absolutamente necesario para el montaje, habría que cortar y eliminar el subconducto utilizando las herramientas adecuadas. Hay que tener cuidado de no hacer muecas, cortar o dañar la fibra óptica que lleva dentro. Almacenar el cable como sea requerido o pinzarlo en las paredes de la arqueta o en el techo.
- 28.** Antes de cortar el subconducto asegúrese de que se deja una longitud adecuada para permitir su dilatación. Se puede usar los conectores

finales de los subconductos para sellarlos frente a derrumbamientos e infiltración de agua.

29. Las etiquetas de los cables de fibra óptica se deben situar en el cable en que cada arqueta, para así identificar el cable, el propietario y el numero de teléfono del propietario.²¹

3.3.9 Instalación Aérea

Para realizar una instalación aérea atando el cable de fibra óptica a un fiador existente de acero o instalado un cable de fibra óptica autosoportado a lo largo de la distancia entre postes.

Se debe tener extremo cuidado al momento de la instalación aérea. Se deberá contactar con el personal adecuado para que estén en el lugar en el momento en que se vaya a trabajar cerca de las líneas de alta tensión.

- Se deben desconectar todas las líneas de potencia.
- No se deben instalar los cables cuando el ambiente sea húmedo.
- Los cables que se instalan cerca de las líneas de potencia de alta tensión se debe llevar a tierra, incluyendo los cables tododieléctricos.
- Se debe mantener en todo momento una distancia de seguridad entre el cable de fibra óptica y el cable de potencia. La instalación debe permitir el pando provocado por el tiempo o por las condiciones de corriente de las líneas de potencia de alta tensión.
- Asegúrese de que todo el personal ha sido preparado adecuadamente para trabajar en postes o torres eléctricos.
- Asegurarse de que el cable cumpla las especificaciones de radiación de campo eléctrico.²²

²¹ Instalaciones de fibra óptica, Bob Chomycz, pág. 63, 64, 65, 66, 67

²² Instalaciones de fibra óptica, Bob Chomycz, pág. 68

En los postes se debe instalar un fiador de acero que servirá como un soporte para el cable de fibra óptica, el fiador deberá llevarse siempre a tierra apropiadamente. Para asegurar al fiador se utiliza una guía y un fijador de cables.

En los puntos donde se va a amarrar el cable de fibra al fiador junto con los cables ya existentes se debe asegurar que la maquina fijadora puede acomodar los otros cables. Caso contrario el cable se puede atar manualmente del camión.

El cable también se lo puede arrastrar entre postes, a lo largo del fiador. Esto requiere que se utilicen bloques con ruedas en cada poste y a lo largo del devanado. La cuerda de arrastre se enrosca a los bloques y se ata al cable. Entonces, un torno arrastra el cable de fibra óptica desde la bobina hasta el fiador, al tiempo que se monitoriza la tensión. Este método se puede utilizar en los cruces de autopistas, ríos o terrenos abruptos.

Cuando el cable ya se encuentre en la posición deseada, entonces se amarra al fiador. Para un cable autoportante hay que ajustar el pando a las especificaciones de ingeniería y luego fijarlo al poste y a las abrazaderas de los extremos muertos.

En cuestión de edificios los cables de fibra óptica pueden entrar de manera subterránea como también pueden ingresar de manera aérea; hay que tener en cuenta el numero de cables, el radio de curvatura y la ruta que va a llevar el cable dentro del edificio.

Al momento de instalar en postes se debe tomar en cuenta que se debe mantener una *vuelta de expansión* para permitir la dilatación del fiador. En cuestión de la fibra óptica de vidrio esta se dilata o contrae muy poco cuando varía la temperatura. Entonces para poder reducir la tensión del cable cuando se ha unido a un fiador de acero, se añade una pequeña vuelta de expansión.

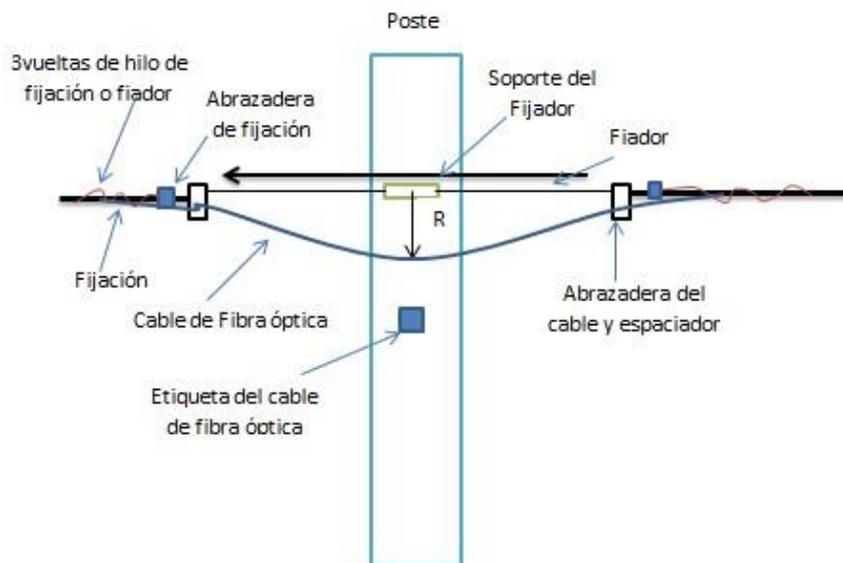


Figura No. 146: Lazo de Expansión.

Elaborado por: El autor.

Al finalizar en los postes para llevar el cable bajo tierra, a este se lo debe proteger de daños con un conducto metálico llamado canaletas. Dependiendo del diseño se deja enrollados al menos 6 metros de cable en cada extremo para futuros empalmes.

3.3.9.1 Procedimiento para la Instalación Aérea

1. Asegurarse que se tengan todas las medidas de seguridad adecuadas.
2. Instalar el fiador con la tensión de comba adecuada y asegúrese de que se lleva a tierra adecuadamente.
3. Preparar el equipamiento adecuado, instalar el cable guía y el fijador al fiador. El cable guía debe mantenerse 4 pies por delante del fijador con una

barra rígida. Hay que asegurarse que la curvatura del canalón del cable es suave y mayor que el radio mínimo de instalación del cable

4. Elevar el cable hasta el cable guía y hasta el fijador. Mantener la bobina del cable al menos 15 metros separada del fijador.
5. Instalar el fijador y asegurarlo al fiador con una abrazadera.
6. Para mantener temporalmente el cable sobre el fiador, atar el cable del fiador en la abrazadera.
7. Ajustar el fijador para una operación adecuada.
8. Fijar un cabo de tiro al fijador. Debería tirarse del cabo de tiro del fijador a mano.
9. Estirar a mano tirando del fijador a una velocidad constante y conduciendo el vehículo que lleva el carrete de tal manera que este a 50 pies del fijador.
10. El hilo del fijador se termina con una abrazadera y se forma con el cable un lazo de expansión.
11. Una vez que se ha situado el fijador y la guía en el otro lado del poste y se ha completado el lazo de expansión se continúa con la operación del fijador.
12. Instalar donde se requieran etiquetas de aviso de cable de fibra óptica.

3.3.10 La Fibra Óptica Según el Requerimiento para el Poliducto Quito – Ambato de Manera Aérea

En cuestión de fibra óptica para el poliducto Quito – Ambato existen varias maneras y caminos a tomarse en cuenta para la instalación de ésta y así poder formar un anillo redundante ya que es necesario utilizar dos medios diferentes de comunicación y según la necesidad de la empresa y el requerimiento que se tiene con pensamientos de mejoras a un futuro.

La fibra que se debe utilizar para unir cada una de las canastillas y llevar la información hacia los centros de control y monitoreo ubicados en el Beaterio y en la Reductora Ambato son indistintas pero se debe tomar en cuenta el tipo de terreno variante que se tiene por donde va atravesando la tubería.

Para este estudio se va a utilizar la fibra óptica **ITU-T ADSS G.655 TIPO C**, el tipo de cable de estructura holgada, es llamado autoportante compuesto por elemento central dieléctrico y que va a ser instalada en postes de 11 metros de altura, y van a tener una distancia entre poste y poste hasta de 120 metros ya que esta es la tensión que el cable de fibra óptica puede resistir estos tramos en tipo aéreo que se va a utilizar con mensajero para poder sostener y templar de manera adecuada el cable como se describió con anterioridad en la parte de instalación de la fibra óptica.

Se va a utilizar bobinas de 4000 metros en fibra monomodo de 48 hilos para poder empalmar y por cada 500 metros se va a dejar una reserva de 30 metros para reparaciones futuras, se debe dejar 15 metros por cada lado y para el ingreso del cable de fibra hacia los centros de monitoreo de igual manera una reserva de 30 metros por cada lados ya sea 30 metros para el Beaterio así como también 30 metros de reserva para la Reductora Ambato.

La reserva que se debería dejar en todo el trayecto son 6660 metros para poder empalmar en los puntos donde las bobinas de 4000 mil metros se terminen, pero lo ideal es dejar unas dos bobinas cada una de 4000 metros.

Se va a tener que utilizar 28 bobinas de 4000 metros para los 110Km de distancia que tiene el poliducto y se debe tomar en cuenta las reservas que se debe dejar que son de 30 metros para cada empalme que se deberá realizar.

Al final se va a utilizar unas 30 bobinas de cable de fibra óptica de 48 hilos de fibra óptica que sería lo más ideal ya que el requerimiento es una fibra dedicada para cada uno de los puntos que se tiene en las canastillas para formar nuestro enlace redundante, que este sería como alternativa si se caen los radio enlaces que se tiene instalado en las 9 canastillas.

De acuerdo al requerimiento que tiene la EP-PETROECUADOR se utilizará postes propios y para la fibra que se deberá montar, se tomará como referencia la instalación de 120 metros de distancia entre poste y poste, necesitando 97 postes sin contar con las curvas y los puentes que la tubería atraviesa a lo largo de los 110Km ya que es un estimado en postes que se va a utilizar, pero hay que dejar al menos 15 postes adicionales ya que el perfil topográfico no permitirá que en todos los puntos se instale a la misma distancia entre poste y poste, por lo cual es necesario reducir para que no exista mucha tensión en el cable y para que no se produzca una inclinación en los postes.

3.3.11 La Fibra Óptica Según el Requerimiento para el Poliducto Quito – Ambato de Manera Enterrada

Para la instalación del cable de fibra óptica de manera enterrada de igual manera que en la aérea se utilizara la fibra **ITU-T ADSS G.655 TIPO C**; tipo de cable armado, compuesto por elemento central dieléctrico, fibras ópticas en tubos termoplásticos holgados; esta fibra será reforzada y propia para el enterramiento se lo realizara con cable blindado con armadura para que pueda soportar las diferentes variaciones climáticas que se tiene, el cable de fibra deberá ir enterrado de manera directa entre el derecho de vía que

se tiene que son de 8 metros para la tubería que son 4 metros por cada lado a una distancia de 1 metro de profundidad y va a ir señalado en una capa de tierra indicando que por ahí atraviesa el cable y por fuera de la tierra indicando que existe un cable de fibra óptica enterrado para que en un futuro si se va a realizar excavaciones no le dañen ni tenga una mala manipulación el cable. Para éste tipo de cable se utilizará bobinas de 4000 metros en fibra monomodo y será un cable con 48 hilos de fibra óptica que a su vez el exceso de los otros hilos pueden quedar como reserva para mantenimiento o para añadir más funciones dependiendo de las necesidades futuras que se tenga, como puede ser que se incorpore cámaras de vigilancia porque la fibra nos da un ancho de banda ilimitado es posible incorporar estas funciones adicionales para un mejor monitoreo del poliducto.

En este tipo de fibra enterrada también deberá dejarse las respectivas reservas cada 500 metros como se indico de manera aérea y esto servirá para dar mantenimiento y las reservas que también se dejará para los empalmes que sean necesarios que son de 15 metros por cada lado.

Para el enterramiento del cable de manera directa se debe tener el equipo apropiado para hacer las zanjas y un correcto enterramiento del cable, el inconveniente que se va a tener es que en muchos puntos se ha vuelto inaccesible el ingreso por medio de algún vehículo ya que con el tiempo que a pasado a partir de que se construyo el poliducto se a perdido los caminos de libre acceso es por esa razón que se deberá abrir camino en los lugares que sean necesarios para el ingreso del equipo adecuado para realizar los trabajos de enterramiento del cable y poder ingresar con las bobinas de fibra óptica que es necesario un libre acceso para trabajar en condiciones favorables para la correcta instalación del cable enterrado.

3.3.12 La Fibra Óptica Según para el Poliducto Quito – Ambato Utilizando Canalización.

Una de las alternativas que se tiene es que el cable de fibra óptica a instalarse no es necesario que vaya siguiendo una trayectoria paralela a la que lleva la tubería del poliducto, una de las opciones es el arrendamiento de la infraestructura que tienen otras empresas como son la canalización o a su vez la propia fibra en si, esta alternativa seria con la única finalidad de avatar costos en la instalación de la fibra propia para la EP-PETROECUADOR.

Si se utilizara la opción del arrendamiento de la canalización la fibra óptica deberá ir por los ductos de la empresa privada o publica y a su vez ellos serian los encargados de dar el mantenimiento respectivo en caso de ser necesario, la desventaja de este posible arrendamiento seria que la seguridad que requiere la EP-PETROECUADOR no estaría acorde ya que se estaría dependiendo en todo momento de la otra empresa y lo que se busca es confiabilidad y seguridad ya que se trata del control y monitoreo del bombeo de combustible para que no exista robos futuros o derramamiento involuntario del mismo.

Si se decidirá arrendar la canalización de otras empresas, pues las reservas de cable que se debe tener serian similares a los que se utiliza en la instalación de cable aéreo o en el cable enterrado. Se debería utilizar bobinas de 4000 metros y cada 500 metros dejar la reserva de 30 metros por cada lado para poder empalmar en el caso de que sea necesario.

En el caso que se instale la fibra óptica propia por medio de canalización seria de mayor costo porque se deberá instalar en todo el trayecto canalización con ductos para canalizar el cable de fibra y esto seria un trabajo costoso y de mayor tiempo para la instalación, además la canalización deberá tener las normas necesarias para la correcta instalación del cable. Esta es una de las alternativas que se propone ara tener un sistema de comunicación alterno. De igual manera que en los otros casos de instalación de la fibra se deberá dejar las respectivas reservas

para futuros empalmes en caso que la fibra sufra algún daño o ruptura del mismo.

Es por este motivo que para fibra se debe siempre dejar reserva en las cámaras cada 500 metros de distancia en los cuales se instale el cable, el beneficio que se tendría al instalar la propia canalización y fibra óptica sería que no se dependería de ninguna empresa cuando se tenga algún inconveniente con la fibra aunque este proceso es de mayor costo para la empresa por cuestión de infraestructura.

La fibra óptica que se utilizaría será de 48 hilos en fibra monomodo porque el trayecto es de larga distancia el cual deberá ir paralelo con la tubería y se deberá instalar por el derecho de vía que se tiene por todos los lugares que va atravesando la fibra.

3.3.13 Equipos y Materiales para la Instalación de Fibra Óptica

Cuando ya se llegue con el cable de fibra óptica hacia los puntos de control y monitoreo se necesitará bandejas para el cable o si se dispone bandeja de cables para colocarlo. Para la instalación en interiores se utilizara la fibra con armadura que sea capaz de soportar aplastamientos y así se puede eliminar el coste de bandejas o conductos para el cable. Los dobleces que se realicen deben seguir curvas suaves. En caso que se vaya apilar otros cables sobre los de fibra óptica, deberá utilizarse un cable armado de alta resistencia al aplastamiento o añadir un conducto ranurado para mayor protección.

- Se debe utilizar una caja de tracción para evitar longitudes de conductos grandes, con la finalidad de facilitar el arrastre y rebajar las tensiones de tracción. Hay que situarlos en curvas o cerca de

ellas y en largos tramos rectos, todo esto dentro de los lugares que vaya a realizarse el control y monitoreo.

- Las cajas de empalmes se debe utilizar para proteger del entorno tanto el cable de fibra óptica pelado como los empalmes, existen cajas para montajes interiores como para montajes exteriores. La envoltura de la fibra óptica se detiene en las abrazaderas de la caja de los empalmes.
- Las bandejas de empalme se utilizan para mantener los empalmes individuales tanto mecánicos como por fusión, la bandeja de empalme debe adaptarse al tipo de empalme realizado.
- Los paneles de conexión sirven para la terminación del cable de fibra óptica y permite que el cable sea conectado al equipo mediante cordones de conexión. Este panel es diseñado con dos equipamientos, el uno contiene los receptores de cabecera y el segundo se usa para la bandeja de empalmes y el almacenamiento del exceso de fibra.
- Los conectores son variados que se pueden usar ya que no se encuentra estandarizado con tipo en particular de conector, así que es indispensable requerir del fabricante el tipo de conector adecuado. El conector esta compuesto por un casquillo o férula, un cuerpo, una cápsula o corona y un manguito descargador de tensión. A continuación se detallara los tipos de conectores mas comunes que se utiliza para terminar una fibra óptica:
- **ST*** Sirve para conectar fibra monomodo y fibra multimodo, con unas pérdidas promedio, tiene una conexión con cierre en giro que no pierde en ambientes con vibraciones.
- **FC** este tipo de conector sirve para fibra monomodo, tiene muy bajas pérdidas
- **Bicónico** es un método antiguo pero se utilizó para fibras monomodo, pero ahora se encuentra obsoleto y es susceptible a las vibraciones.

3.3.14 Terminación de un Cable de Fibra Óptica

Para terminar un cable de fibra óptica se lo puede hacer sin una caja y este tipo de terminación es la mas barata y simple. Esto se utiliza especialmente en interiores y con un cable de estructura ajustada.

Para esto se debe pelar el cable aproximadamente un metro para exponer las fibras individuales con protección. Esto se suele hacer cuando se tiene un bajo número de fibras.

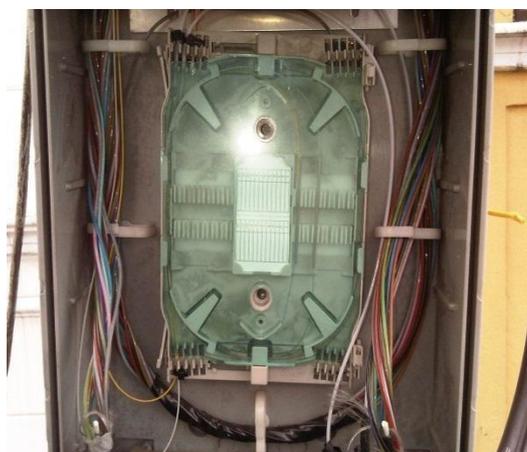


Figura No. 147: Bandeja de Empalme.

Elaborado por: El autor.

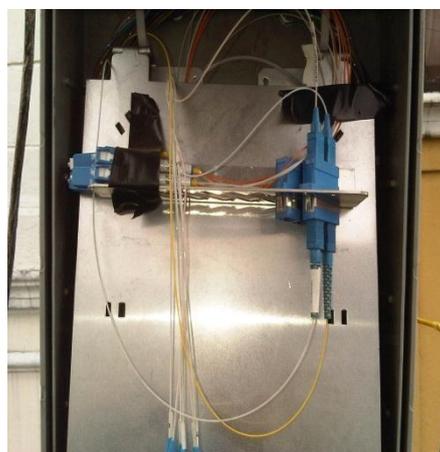


Figura No. 148: Caja Terminal.

Elaborado por: El autor.

Pero además de la terminación del cable sin caja pues se lo puede hacer también en una caja de empalmes sea con cable de estructura holgada o de estructura ajustada. Este trabajo no es tan efectivo como se lo realiza en un panel de conexiones. En el panel de conexiones se puede terminar el empalme usando la técnica del latiguillo o la del conector instalable en campo. Las fibras ópticas del cable se empalman a los latiguillos, que a su vez se conectan con los adaptadores de la cabecera del panel de conexiones.

3.3.15 Cordones de Conexión y Conectores

Estos cordones de conexión de fibra óptica son analógicos a los cables de conexión eléctrica. Es un cable de corta longitud con una protección recubierta. La cubierta para fibra multimodo es de color naranja y para la fibra monomodo es de color amarillo. El radio de curvatura para este generalmente va de 2,5 y 5 cm. Se los deberá depositar en las bandejas para evitar que sufran daños y se debe amarrar con abrazaderas levemente para asegurarlos de manera ordenada. Si se parte por la mitad un cordón de conexión este se convierte en un latiguillo y se lo puede usar para terminar una fibra óptica con un conector.

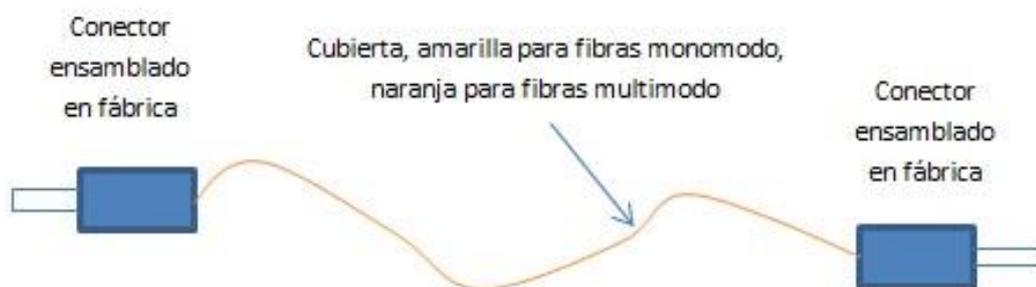


Figura No. 149: Cordón de Conexión de Fibra.
Elaborado por: El autor.

En cuestión de los conectores se tiene un sinnúmero de conectores disponibles en el mercado ya que no se encuentra estandarizado el equipamiento y se debe requerir del fabricante el tipo de conector. El conector se compone de un casquillo o férula, un cuerpo, una cápsula o corona y un manguito descargador de tensión.

El casquillo es la porción principal central del conector que contiene la fibra óptica. La fabricación de este puede ser en cerámica, acero o plástico. El mas recomendable usar es el casquillo cerámico ya que ocasiona menores

pérdidas por inserción y una mejor repetitividad. Así mismo la cápsula y el cuerpo pueden estar hechos de acero o plástico; la cápsula se la puede atornillar, cerrar girando o ajustar con un muelle, esto ya es opcional de la persona que lo instale.

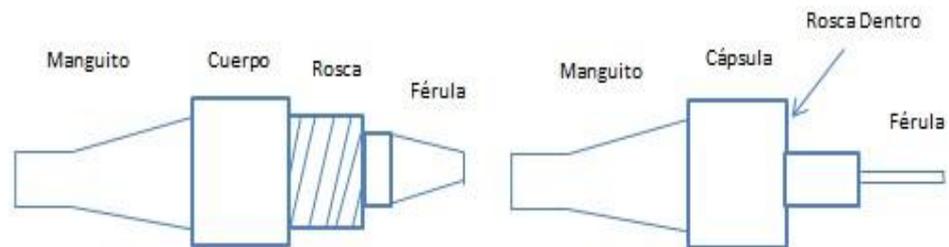


Figura No. 150: Conectores Típicos de Fibra.
Elaborado por: El autor.

EL primer conector es llamado Bicónico este fue utilizado, aunque ahora se encuentra anticuado es susceptible a las vibraciones y tiene muy poca repetitividad además de tener altas pérdidas sobre el 1dB.

El segundo conector es llamado FDDI este es un conector estándar de fibra óptica y es del tipo Dúplex con llave y puede conectar dos fibras a la vez.

La limpieza de los conectores es importante ya que el polvo o las pequeñas partículas afectan al funcionamiento de un conector, es por ello que es indispensable la limpieza de estos.

Para la limpieza de los conectores se utiliza una botella de aire comprimido limpio, con inyector libre de estática, bastoncillos limpios libres de residuo, un paño o bayeta sin pelusa, disolvente de limpieza con alcohol isopropílico y guantes protectores con gafas de seguridad.

El procedimiento es sencillo y se debe realizar de la siguiente manera:

- Eliminar el capuchón anti polvo del receptáculo o clavija del conector y restregar con un bastoncillo limpio de algodón empapado con alcohol y se debe restregar las caras del conector y en el interior del manguito.
- Soplar con aire comprimido limpio la superficie del conector.
- Inspeccionar visualmente la limpieza del conector.
- Soplar con aire comprimido y situar el capuchón anti polvo con el conector.

Para el sistema de control mediante PLC se debe utilizar 2 fibras ópticas así como también para comunicación de datos, para un futuro si se desea incrementar la seguridad y tener mayor aplicaciones mediante las fibras como por ejemplo un sistema de seguridad por video, para esto se requiere una sola fibra; esto sería por cada una de las canastillas que se tiene en el poliducto.

El requerimiento de la empresa EP-PETROECUADOR es el tener una fibra dedicada para el monitoreo en cada una de las canastillas a lo largo del poliducto Quito – Ambato pero el costo es más elevado, una de las opciones que se puede utilizar para reducir costos es el utilizar un multiplexor, esto nos permite combinar varias señales en una única fibra óptica y de esta manera se reduciría el costo. La adquisición de un multiplexor de fibra suele ser costosa y a la vez complicada la instalación y estos manejan una cierta capacidad de administración de la red.

Hay que tener en cuenta que donde exista un multiplexor al otro extremo se debe tener un demultiplexor para separar las señales que vienen empaquetadas.

Las señales de video utilizan cables coaxiales. Las señales de ordenador de tipo punto a punto pueden utilizar varios interfaces, incluyendo los cables RS232, RS449 o V.35. Si se desearía también conexiones telefónicas pueden realizarse con los interfaces POTS estándar a dos hilos, señalización E&M o conexión T1-DS1.

En este caso la utilización de amplificadores no es necesaria ya que un amplificador se utiliza para grandes distancias por encima de los 200 Km y esto evita que la señal se degenere.

Se deberá utilizar un generador de luz para los equipos ópticos en transmisores estos pueden ser diodos emisores de luz (LED) y los láseres.

Los LED son económicos y se los debe utilizar en conexiones de corta distancia, se utiliza los que van desde 850nm y 1310nm, los de menor rango serán los más baratos. Los láseres son más caras pero la ventaja es que se tiene un gran ancho de banda de modulación por encima de los 2GHz.

Para la recepción de la señal transmitida se utilizara los detectores ópticos que se los utiliza en los receptores. Los fotodiodos PIN son más económicos, pero se necesita un elevado nivel de potencia de señal eléctrica. En cambio los receptores APD son más sensibles a los niveles de luz óptica y se puede utilizar en transmisores de larga distancia que es lo ideal para nuestro requerimiento.

3.3.16 Cálculos para el Cable de Fibra Óptica

Para una correcta planificación de las instalaciones de cables con fibras ópticas es necesario considerar la atenuación total del enlace y el ancho de banda del cable utilizado.

Para el cálculo de atenuación de enlace se consideran 2 métodos:

- Cálculo del cable de fibra óptica
- Cálculo del margen de enlace con cable de fibra óptica seleccionado

Cálculo del cable

La atenuación total del cable considerando reserva será:

$$a_t = L a_L + n_e a_e + n_c a_c + a_r L$$

= longitud del cable en Km.

a_L = coeficiente de atenuación en

dB/Km . n_e = número de empalmes. a_e =

atenuación por empalme. n_c = número

de conectores. a_c = atenuación por

conector.

a_r = reserva de atenuación en dB/Km .

La reserva de atenuación (margen de enlace), permite considerar una reserva de atenuación para empalmes futuros (reparaciones) y la degradación de la fibra en su vida útil (mayor degradación por absorción de grupos OH).

La magnitud de la reserva depende de la importancia del enlace y particularidades de la instalación, se adopta valores entre 0.1 dB/Km y 0.6 dB/Km.

Las pérdidas en los empalmes se encuentran por debajo de 0.1 dB/Km no superan 0.5 dB/Km.

$$a_t = (112Km) \left(\frac{0,1dB}{Km} \right) + (28) \left(\frac{0,075dB}{Km} \right) + (36)(0,1dB) + (0,0375dB / Km)(112Km) = P_m$$

$$a_t = 11,2dB + \frac{2,1dB}{Km} + 3,6dB + \frac{4,2dB}{Km} = P_m$$

$$a_t = \frac{21,1dB}{Km} = P_m$$

El enlace será proyectado para un margen de potencia igual a la máxima atenuación antes de ser necesario un repetidor.

$$P_M = P_t - P_u$$

Donde:

P_M = Margen de potencia en dB (máxima atenuación permisible)

P_t = Potencia del transmisor en dB

P_u = Potencia de umbral en dB (dependiente de la sensibilidad del receptor)

La potencia de salida del transmisor es el promedio de la potencia óptica de salida del equipo generador de luz empleando un patrón estándar de datos de prueba.

El umbral de sensibilidad del receptor para una tasa de error de bit (BER) es la mínima cantidad de potencia óptica necesaria para que el equipo óptico receptor obtenga el BER deseado dentro del sistema digital. En los sistemas analógicos es la mínima cantidad de potencia de luz necesaria para que el equipo óptico obtenga el nivel de señal a ruido (S/N) deseado.

Por lo tanto de la expresión de:

$$a_t = P_M$$

$$aL = (P_m - n_e a_e - n_c a_c - L_a r) / L$$

Fija la máxima atenuación por Km para el cable a ser seleccionado.

$$aL = (21,1dB - 2,1dB - 3,6dB) / 112Km$$

$$aL = 0,13dB$$

Se puede elegir un cable con una atenuación menor o igual a 0,13dB/Km.

Cálculo del Margen

La atenuación total en dB sin considerar reserva del cable será:

$$a_t = La_L + n_e a_e + n_c a_c$$

Siendo: $a_t = (112Km)(0,1dB) + (28)(0,075 dB) + (36)(0,1dB)$ $P_M = P_t - P_u$

El $a_t = 11,2dB + 2,1dB + 3,6dB$ margen de enlace M_e en dB será:

$$M_e = P_m - a_t$$

Será la atenuación $M_e = 21,1dB - 16,9dB$ máxima adicional permisible

para degradaciones $M_e = 4,2dB$ futuras del enlace.

3.4 Análisis Satelital.

Para el análisis del sistema satelital que se puede aplicar para el monitoreo de las canastillas es necesario el aclarar que el arrendamiento de los satélites es de un costo elevado si se trata de telecomunicaciones, con esto se quiere decir que el costo se da siempre y cuando se quiera transmitir señales como para un canal de televisión o señales que vayan incluido voz y video.

El requerimiento que se tiene es simplemente para el monitoreo de la presión que tiene en cada uno de los puntos indicados con anterioridad en las nueve canastillas, este monitoreo de la presión no demanda que sea necesario ocupar un canal entero en el satélite y se debe tener en cuenta que cuando se trata de meteorología o para el monitoreo en este caso de las canastillas el costo no va a representar de mayor impacto. Se puede solicitar a la empresa dueña del satélite que condonen un canal del satélite ya que la aplicación para la cual se solicitaría no es para adquirir ganancias de ninguna manera y además se puede añadir el monitoreo de la temperatura que se tiene en los puntos de control y monitoreo; los dueños de dichos satélites dedicados a las prestaciones de estos servicios no usufructúan de manera alguna ya que hay muchas empresas dedicadas al monitoreo del clima que utilizan como fundamento los principios de presión, temperatura y vigilancia por video y no pagan alquiler alguno, solo es

cuestión de llegar a un consenso con los que prestan estos servicios satelitales.

En este caso la necesidad es el monitoreo de la presión que atraviesa por las válvulas y esta no es una aplicación gratuita por lo cual se debe cancelar los valores que los dueños de los satélites impongan y se puede tener un monitoreo constante con un retraso en las transmisiones por la distancia que tiene hacia el satélite desde el punto de monitoreo y control.

3.4.1 Sistema de Transmisión a Utilizarse.

Para la transmisión de la señal de información ya sea analógica o digital vía satélite típicamente se inicia con un proceso de modulación en los módems posteriormente se debe aumentar la frecuencia de la señal modulada a través de los conversores de subida, seguido de esto mientras aumente la potencia de la señal por medio de los HPA'S, ya modulada la señal, aumentada en potencia y frecuencia es radiada en dirección del satélite por la antena transmisora.

El equipo para la transmisión es:

- Módem o Encoder.
- Convertidor de subida.
- Amplificador de alta potencia (HPA).
- Antena transmisora.

Los módems son los encargados de generar la señal modulada a transmitirse, teniendo las características deseadas de la señal moduladora y la portadora, la primera es en formato digital proveniente de las fuentes de información y la segunda señal, la portadora, generalmente es una

señal senoidal generada internamente en el módem. La señal portadora es modulada digitalmente en fase (PSK) empleando en la mayoría de los casos la modulación QPSK. Por lo que son necesarias las siguientes características.

- Pasos de Sintonía: Este parámetro se refiere a la frecuencia mínima que es capaz nuestro módem de registrar o sintonizar, generalmente son de 125 Hz.
- Velocidad de Información: Es la cantidad de bits de información que se acepta en el dispositivo en que se recibe la información entre el tiempo total que se requiere para la aceptación de los bits.
- FEC (Forward Error Correction): En este tipo de corrección de error se agrega a la señal de información como una serie de bits que corresponden a un código, se asignan Fec's de $\frac{3}{4}$, lo que quiere decir que por cada 4 bits que se envían 3 bits son de información y un bit es de detección de error.
- Roll Off: Es una característica de la calidad de los filtros pasabajos de los módems para una selección adecuada de la frecuencia de corte.
- BER (Bit Error Rate): La tasa de bits erróneos se define como la relación entre la cantidad de bits que se reciben incorrectamente contra los bits que se transmiten.

El convertidor de subida es el equipo que eleva la frecuencia de la señal modulada desde el rango de frecuencia intermedia hasta el de radio frecuencia ya sea banda KU o C.

El amplificador HPA es el que le proporciona a la señal modulada la potencia necesaria para llegar al satélite con el nivel adecuado para lograr el enlace, los circuitos amplificadores de alta potencia son usados de acuerdo a la potencia de transmisión y al ancho de banda que manejan. Existen tres tipos de principales de amplificadores de alta potencia que son el TWT (Traveling Wave Tube), el SSPA (Solid State Power Amplifier) y la válvula KLISTRON.

Una antena parabólica tiene la propiedad de reflejar las señales que llegan a ella y concentrarlas como si fuera un lente en un punto en común llamado foco, así mismo si las señales provienen del foco este las refleja y las concentra en un haz muy angosto de radiación. Este foco coincide con el foco geométrico del paraboloide, el tipo de alimentador define la ganancia final de la antena y las características de los lóbulos.

3.4.2 Tipo de Antena a utilizarse.

Las antenas para la recepción satelital deben cumplir con ciertos requerimientos para que las señales recibidas no sufran cambios.

- Alta ganancia y gran eficiencia.
- Alta directividad.
- Buena polarización.
- Poca influencia de ruido.

Para la ubicación correcta de las antenas se utiliza ajustando los ángulos que son el azimut y el ángulo de elevación para un correcto apuntamiento, los valores de estos ángulos depende de la posición geográfica que son la longitud y latitud además de la ubicación del satélite.

Para la transmisión de la señal se recomienda utilizar una antena Yagui de no muy grande tamaño ya que en la recepción es donde se va a necesitar calidad y una antena robusta para tener una buena señal.

3.4.3 Cálculos para el Apuntamiento de las Antenas Mediante el Azimut y Ángulo de Elevación.

Para calcular el ángulo de azimut basándose en lo mencionado anteriormente tenemos:

$$A' = \text{Tan}^{-1} \left\{ \frac{\text{Tan} (\text{LONG SAT} - \text{LONG E/T})}{\text{SEN} (\text{LAT E/T})} \right\}$$

Para calcular la elevación, primero tenemos:

$$A = \text{Tan}^{-1} \{ \text{HCS} - R \cos \square \}$$

Donde:

HCS = Distancia promedio del Centro de la Tierra hacia el Satélite = 36000 km

R = Radio Promedio de la Tierra = 6378.155 km

Cos \square = { Cos (Latitud E/T) (Cos (Long SAT – Long E/T)) }

Y para el cálculo de elevación tenemos:

$$E = A - \square$$

Utilizando las coordenadas del satélite Satmex V

Latitud de la Estación Terrena = 0,168611S

Longitud de la Estación Terrena (Cerro Pichincha) = -78,64139W

Longitud del Satélite = 116,8W

Se calcula Primero el ángulo el **Cos** \square

$$\text{Cos} \square = \{ \text{Cos} (\text{Latitud E/T}) (\text{Cos} (\text{Long SAT} - \text{Long E/T})) \}$$

Sustituyendo valores tenemos:

$$\begin{aligned} \text{Cos} \square &= \text{Cos} (0,168611) \text{Cos} (116,8 - 78,64139) \\ &= 0,99999 (0,7863) \\ &= 0,78629 \end{aligned}$$

$$\square = \text{Cos}^{-1} 0,78629$$

$$\square = 38,1596 \square$$

Por lo tanto:

$$A = \text{Tan}^{-1} \left\{ \frac{HCS - R \cos \square}{R \text{sen} \square} \right\}$$

$$A = \text{Tan}^{-1} \left\{ \frac{36000 - (6378.155)(0.17237)}{6378.155 (\text{Sen} 38,1596)} \right\}$$

$$A = \text{Tan}^{-1} \left\{ \frac{34900.597}{3940,769} \right\}$$

$$A = 83,557 \square$$

Sustituyendo:

$$E = A - \square$$

$$E = 83,557 - 38,1596 \quad E = 45.3974 \square$$

Y el azimut, sabiendo que el satélite está al Oeste de la estación:

$$Az = 180 + A$$

$$A' = \text{Tan}^{-1} \left\{ \frac{\text{Tan} (\text{LONG SAT} - \text{LONG E/T})}{\text{SEN} (\text{LAT E/T})} \right\}$$

$$Az = 180 + \left\{ \text{Tan}^{-1} \left\{ \frac{\text{Tan} (116.8 - 78.64139)}{\text{Sen} (0,168611)} \right\} \right\}$$

$$Az = 180 + \left\{ \text{Tan}^{-1} \left\{ \frac{0,78575}{0.0029} \right\} \right\}$$

$$Az = 180 + 89.78$$

$$Az = 269.8 \square$$

3.4.4 Montaje para la Antena Satelital

Se ha descrito el método matemático para hacer el apuntamiento de una antena hacia el satélite. A continuación se va a describir cómo hacer el apuntamiento en forma práctica.

Después que ya se tiene los ángulos de azimut y elevación obtenidos para forma matemática o gráfica, pues se procede a realizar el apuntamiento en forma práctica.

En la practica, los métodos más empleados para orientar una antena parabólica en azimut son el solar, el de estrella polar, y el de brújula, siendo este ultimo el más popular y el que se sugiere utilizar, para esto es necesario que la antena esté emplazada en un lugar donde no exista ningún obstáculo para recibir la señal del satélite.

Primero de debe montar la antena, la cuál servirá para facilitar su orientación, se puede apuntar de forma aproximada con la ayuda de la brújula, sin embargo la falta de precisión de la medida dada por la brújula hace que el punto calculado no sea más que una aproximación. Así mismo, al hacer la medida del azimut utilizando la brújula, debe situarse lejos de cualquier objeto metálico, por ejemplo el mástil de la antena, que pueda perturbar la indicación de la aguja.

Lo más recomendable es ajustar primero el ángulo de elevación por ser el más preciso. Con la ayuda de un analizador de espectros o medidor de intensidad de señal encontramos el máximo nivel de señal para éste punto, y posteriormente se gira la antena ligeramente hacia el Este o el Oeste según el azimut calculado, hasta observar que se recibe un máximo de señal.

Una vez localizado el máximo, se fijará la parábola y se hará un nuevo ajuste del ángulo de elevación, hasta conseguir un nuevo máximo en el

nivel de recepción. Finalmente, los procesos de ajuste de azimut y elevación se pueden repetir a fin de optimizar el apuntamiento.

3.4.4.1 Instrumento Utilizados para la Orientación de la Antena

Después de que ya se han determinado los ángulos para orientar la antena, es necesario conocer un poco de los equipos que nos ayudarán para realizar el apuntamiento en forma práctica, como son el inclinómetro, la brújula, el analizador de espectros o medidor de intensidad de señal y el equipo de recepción de satélite, y a continuación hacemos una breve descripción de algunos de ellos y como nos ayudan a realizar el apuntamiento.

- **La Brújula.-** La brújula es un dispositivo magnético, que siempre nos indica la dirección de las líneas de fuerza del campo magnético terrestre, o sea de Norte a Sur. Ahora, teniendo en cuenta, por una parte, la ley de las atracciones y las repulsiones magnéticas y, por otro lado, que el polo norte de una brújula se dirige hacia el polo norte geográfico de la Tierra, se deduce que el polo magnético de la Tierra que se encuentra en el Norte de la misma es el polo sur magnético, ya que atrae al polo norte de la brújula. Recíprocamente, el polo magnético que se encuentra en el sur geográfico es el polo norte magnético, ya que atrae el polo sur de la brújula.

Sin embargo las brújulas no apuntan directamente al Norte, sino que en realidad la dirección de la brújula forma un cierto ángulo con el meridiano terrestre. Al ángulo que forma la brújula con el meridiano terrestre se le llama declinación magnética en el lugar considerado. Por lo que al hacer el apuntamiento de la antena es necesario considerar éste valor.

- **El Inclínómetro.-** Para encontrar el ángulo de elevación de una antena, el instrumento utilizado es un inclinómetro. Una de las formas de realizar la medida consiste en colocar el listón sobre el plato y el inclinómetro encima. Dado que el ángulo medido y la elevación difieren en 90° , el ángulo medido deberá ser:

$$\text{Ángulo medido} = 90^\circ - \text{ángulo de elevación}$$

- **El Medidor de Intensidad de Señal.-** Este instrumento debe ser colocado a la salida de la antena por medio de un cable coaxial, este equipo nos servirá para detectar si el apuntamiento de la antena hacia el satélite es el mas óptimo ya que tiene un visor el cual puede ser analógico como digital y no indicara con que intensidad se esta apuntando al satélite, es decir que si no tenemos un buen enganche al satélite la señal en este equipo será débil y mientras se vaya mejorando el ángulo de elevación y el azimut ira incrementando la señal de la recepción en este instrumento, por lo cual nos es de gran ayuda para determinar si nos encontramos realizando un buen enlace con el satélite.

3.4.5 Enlaces Necesarios para Cubrir Todos los Puntos.

Para cubrir con todos los puntos se recomienda utilizar una antena por cada una de las canastillas que se tiene en el poliducto, es decir que se va a colocar nueve enlaces satelitales, que nos van a servir para el monitoreo y control de la presión que esta siendo generada en cada una de las válvulas.

Se utilizara nueve antenas tipo Yagui para el envío de las señales hacia el satélite Geo-Estacionario ya que es suficiente para la aplicación para lo cual

es el requerimiento, y dos antenas parabólicas para la recepción de los datos; la una se instalara en el Beaterio y la otra en la Reductora Ambato. El satélite será el encargado de receptar las señales enviadas por las nueve antenas que es en casi tiempo real, que se va a tener un poco de tiempo tardío por la distancia que se maneja al cual se encuentra el satélite. En el satélite se va a tener 9 canales individualmente para la recepción de cada uno de las señales trasmitidas desde las canastillas, además de ser necesaria para la recepción de los datos una tarjeta de recolección de datos instalados a un computador.

Se va a trabajar en el orden de los GHz en la banda Ku para el envío y recepción de los datos, es una banda sin muchos conflictos, no se podrá enviar lo que es video si se requiere monitorear las canastillas ya que los satélites GEO-ESTACIONARIOS que se piensa utilizar no permiten video por la saturación del canal, hay que tener en cuenta que este tipo de satélites no cobran el arrendamiento del canal ya que la aplicación para la que se esta solicitando no tiene fines de lucro cuando se trata del clima pero para monitorear diferentes aplicaciones ya tiene costo, ya que se trata de un monitoreo de la presión que mantiene la tubería del poliducto. Ahora que si los requerimientos de la empresa es en un futuro mantener un monitoreo por medio de video se debe contratar los servicios de un satélite que permita transmitir video pagando arrendamiento del número de canales que sea necesarios para la transmisión de video y los datos serán transformados de video a datos numéricos para poder ser transmitidos.

Para realizar el envío de datos el principal elemento dentro de esta sección es el transmisor. Un transmisor de la estación terrena consiste de un modulador de IF, un convertidor de microondas de IF a RF, un amplificador de alta potencia (HPA) y algún medio para limitar la banda del último espectro de salida (por ejemplo, un filtro pasa-bandas de salida).

Banda	Ejemplos de atribución (GHz)*	Designación alternativa
L	1.525 - 1.71	Banda de 1.5 GHZ

S	1.99 - 2.20** 2.5 - 2.69	Banda de 2 GHz Banda de 2.5 GHz
C	3.4 - 4.2, 4.5 - 4.8, 5.15 - 5.25, 5.85 - 7.075	Banda de 4/6 GHz Banda de 5/7 GHz
X	7.2 - 8.4	Banda de 7/8 GHz
Ku	10.7 - 13.25, 13.75 - 14.8	Banda de 11/14 GHz
Ka	27.0 - 31.0	Banda de 30 GHz
V	50 – 51	Banda de 50 GHz

Tabla No. 22: Frecuencias de Funcionamiento Satelital. Elaborado por: El autor.

El modulador de IF convierte las señales de banda base de entrada a una frecuencia intermedia modulada en FM, en PSK o en QAM. El convertidor (mezclador y filtro pasa-bandas) convierte la IF a una frecuencia de portadora de RF apropiada. El HPA proporciona una sensibilidad de entrada adecuada y potencia de salida para propagar la señal al transponder del satélite. Los HPA comúnmente usados son klystons y tubos de ondas progresivos.

Para la recepción de los datos se va a necesitar de un receptor de estación terrena que incluye un BFP de entrada, un LNA y un convertidor de RF a IF. Nuevamente, el BFP limita la potencia del ruido de entrada al LNA. El LNA es un dispositivo altamente sensible con poco ruido. El convertidor de RF a IF es una combinación de filtro mezclador/pasabandas que convierte la señal de RF recibida a una frecuencia de IF.

Las antenas que enviaran los datos hacia el satélite GEOESTACIONARIO se deberán montar en plataformas adecuadas para que las antenas se mantengan estables y no se pierda los enlaces, se deberá tener en cuenta

que los sistemas satélites son a larga distancia y es por esa razón que los datos se tardaran en retornar.

Para la recepción de los datos del satélite se deberá utilizar dos antenas parabólicas de 6 pies de foco offset para tener una mejor recepción de la señal, en esta antena el reflector parabólico esta ligeramente desplazado en relación al foco de la parábola. Este tipo de antenas, son de menor tamaño que las de Foco Primario al tener mayor rendimiento. Su ajuste es menos delicado que las de foco primario al ser de menor superficie y tener un haz algo más ancho.

Los proveedores de los satélites son indistintos y a continuación se detalla para conocimiento de con quienes se va a tener relación al momento de solicitar nuestros enlaces y los proveedores de segmento espacial son:

PROVEEDOR	SATELITES
INTELSAT	INTELSAT V, VI
EUTELSAT	EUTELSAT I, II
FRANCE TELECOM	TELECOM 1 A, 1C
S.ES (Luxemburgo)	ASTRA 1 A, 1B
BSB	Marco Polo 1,2
INMARSAT	INMARSAT-2
TELESPAZIO	ITALSAT
HISPASAT	HISPASAT 1 A, B
INTERSPUTNIK	STATSIONAR

Tabla No. 23: Proveedores de Satélites.
Elaborado por: El autor.

3.4.5.1 Orientación de la Antena

Este tipo de antenas se utiliza cuando queremos recibir varios satélites.

Permite de forma automática (con un motor) recorrer los satélites en órbita geoestacionarias con la rotación de un sólo eje polar.

Su ajuste es más delicado y complicado y resulta más cara.

Se fabrican tanto de Foco Primario como en Offset.

Su principio de funcionamiento se basa en las antenas radiotelescópicas.

Su orientación se realiza siguiendo los pasos siguientes:

- Primero se orienta la antena hacia el cielo casi unos 80° (estando en el hemisferio Sur) y se eleva un número de grados igual a la latitud del lugar de recepción.
- Se ajusta el ángulo de declinación para encontrar la órbita geoestacionaria.
- Se dota a la antena de un eje polar y un eje de rotación y ajuste del Offset de declinación.

Para la Recepción de la Señal es Necesario Tener:

- Un alimentador o iluminador
- Conversor LNB (de baja frecuencia de ruido)
- Unidad para recibir la señal y enviarla a la central
- Rotor de parábola
- Cable

3.5 Mejoras para los Radio Enlaces y la Propuesta para Realizar un Enlace de Fibra Óptica

La propuesta que a continuación se va a detallar tiene como finalidad el dejar planteado el estudio y que en algún momento dado que exista los recursos necesarios se pueda aplicar este proyecto y se tenga el anillo redundante deseado utilizando Fibra Óptica, para lo cual la recomendación que se realiza será para tener un enlace robusto y confiable, además de las recomendaciones para el mejoramiento de los radio enlaces

actualmente instalados y se recomendará, detallará el cambio de equipos para mejorar el sistema.

3.5.1 Características de Diseño de la Fibra Óptica.

Para este estudio se va a utilizar la fibra óptica **ITU-TADSSG655 TIPO C** y la velocidad de integración será Diez Gigabit Ethernet que va a ser instalado de forma enterrado el cable de fibra óptica por lo cual se necesita que tenga la respectiva protección para que no se deteriore el cable a futuro.

3.5.2 Normas a Aplicar

El cable de fibra óptica a suministrar debe cumplir con las normas establecidas para construcción de cables de fibra óptica y obligatoriamente con las normas:

- Estándar ITU-T G.655
- EIA/TIA-455 EC 793-1 Norma internacional (fibras ópticas) – Parte 1: Especificación genérica IEC 794-1 Norma internacional (cables de fibra óptica).
- Norma de Aseguramiento de Calidad ISO 9001 o equivalente en el país de origen
- Estándar de Funcionamiento Probado por Exigencias Aplicables de ANSI/ICEA S-87-640.

3.5.3 Especificaciones Técnicas de la Fibra Óptica

La fibra óptica a utilizar en el presente proyecto será monomodo, tipo de cable armado, compuesto por elemento central dieléctrico, fibras ópticas en tubos termoplásticos holgados, compuesto repelente a la humedad, cinta o hilos bloqueadores de agua, cubierta interna de polietileno de media densidad. Instalaciones físicas especialmente para ser directamente enterradas, teniendo en cuenta los diferentes tipos de suelos de acuerdo a las condiciones del terreno y contra roedores.

La recomendación describe una fibra monomodo con un coeficiente de dispersión cromática (valor absoluto) mayor que algún valor non-zero a lo largo de longitudes de onda mayores que 1530 nm.

Esta dispersión reduce el crecimiento de efectos no lineales particularmente perjudiciales en sistemas Dense Wavelength División Multiplexing (CWDM), a longitudes de onda menores, el coeficiente de dispersión puede cruzar Zero pero los valores del coeficiente de dispersión cromática a esta longitudes de onda se pueden especificar para soportar sistemas Coarse Wavelength División Multiplexing (CWDM), que no tengan desbalances significativos debidos los efectos no lineales.

Especificaciones de Fibra Óptica

Generales

Número de hilos	48	
Tipo	Monomodo	
Longitud de onda	1310/1550 nm	
Desempeño de	0.35/0.31/0.25 dB/km (1310/1385/1550 allwave) transmisión	
Construcción de la vaina	Doble chaqueta 1 armadura, Protección bloqueo contra ingreso de agua	
Tensión de carga	600 lb (2700 N)	
Perdida óptica	1260nm hasta 1625nm	
Radio de curvatura	Mínimo 15 x diámetro del cable	estático
Radio de curvatura	Mínimo 20 x diámetro del cable	dinámico
Rango de temperatura de operación, almacenaje y temperatura y	-10°C a +85 °C hasta 98% RH. Ciclo de transporte	
	Humedad	



Longitud nominal de la 4Km (30 bobinas) bobina

Características Ópticas

Atenuación	Fibra no cableada	Fibra cableada
A 1550 nm	≤ 0,22 dB/km	≤ 0,24 dB/km
A 1625 nm	≤ 0,25 dB/km	≤ 0,26 dB/km

Atenuación en función de la longitud de la onda

La atenuación en la longitud de onda no excede la atenuación de la referencia de longitud de onda (λ) por mas del valor de α

Rango (nm)	Referencia (nm) λ	α
1525-1575	1550	0.02
1460-1625	1550	0.04

Atenuación de la Macrocurvatura

La máxima atenuación con curvatura no supera los valores especificados bajo las siguientes condiciones de tendido:

Condiciones de Tendido	Longitud de Atenuación inducida Onda
1 vuelta, diámetro 32 mm (1,2 plg)	1550 nm ≤ 0,50 dB
100 vueltas, diámetro 50 mm (2 plg)	1550nm ≤ 0,05 dB
100 vueltas, diámetro 60 mm (2,4 plg)	1625nm ≤ 0,05 dB
Fuerza de pelado (F) (Valor de MEDIO)	1,3 N ≤ F ≤ 8,9 N
Fuerza de pelado (F) (Valor de MEDIO)	1 N ≤ F ≤ 3 N
Fatiga Dinámica (nd)	20 (valor tipico)
Fatiga Estática (ns)	30 (valor tipico)

Discontinuidad Puntual

A 1550 nm ≤ 0,05 dB

Dispersión Cromática:

Punto de dispersión cero (λ_0)	1500 nm
Pendiente de dispersión cero $Ps/nm^2 - Km$	≤ 0,092
1530 – 1565 nm $Ps/nm - Km$	≤ 2,0 – 6,0
1565 – 1625 nm	≤ 4,5 – 11,2 $Ps/nm - Km$

Dispersión puntual en 1550 nm	4	<i>Ps/nm - Km</i>
PWD fibra individual	≤ 0,10 – 11,2	<i>Ps/√ Km</i>
PWDq (Q=0,01%, N=20)	≤ 0,08	<i>Ps/√ Km</i>
Parámetros Geométricos:		
Diámetro de campo modal a 1550 nm	9,60 ± 0,40 μm	
Área efectiva	65 – 72 μm Error	concentricidad
≤0,64 μm núcleo/cladding		
Diámetro cladding	125,0 ± 1,0 μm Error	
concentricidad	≤ 12 μm	coating/cladding
No circularidad cladding	≤ 1,0%	
Diámetro coating	247 ± 7,0 μm	
Longitud de onda de corte (λ _{cc})	≤ 1450 nm	
Características Ambientales (a 1550 y 1625 nm) Atenuación		
Ciclo de Temperatura (-60°C + 85 °C)	≤ 0,05 dE / km	
Calor Seco (+85 ± 2 °C)	≤ 0,05 dB / km	
Temperatura & Ciclo de Humedad (de -10°C a + 85 °C y 95% HR)	≤ 0,05 dE / km °C	
Inmersión al Agua (+23 ± 2 ° C)	≤ 0,05 dB / km	
Índice de Refracción de grupo efectivo		
1150 nm	1,4691	
Características Mecánicas:		
Nivel de prueba de tensión	1,0%	(100kpsi, 0,70 GPa)
Radio de Curvatura mínimo	30 nm	

Tabla No. 24: Especificaciones de fibra óptica.

Elaborado por: El autor.

3.5.4 Característica de la Fibra Monomodo.

- Fibra óptica monomodo de 48 hilos.

- Totalmente compatible con todos los estándares internacionales para fibra óptica monomodo convencional.
- Pérdida óptica más baja en su clase en el espectro desde 1260nm hasta 1625nm.
- Un 50% de aumento en el espectro óptico utilizable que soporte CWDM de 16 canales y DWDM.
- Para sistemas de comunicación de largas distancias.
- Cables ópticos constituidos con cintas bloqueadoras del agua y protección externa contra ataques biológicos.
- PMD (Dispersión de modo de polarización) de fibra ultra baja que permite mejoras en velocidad y distancia.
- Cubiertas de polietileno y una armadura de acero en medio de ellas.
- Capacidad de transmisión en 1310nm y 1550nm.
- Cubierta interna de polietileno, para ser instalado directamente enterrado.
- Excelente performance óptica y mecánica (De acuerdo a especificaciones).
- Fibras ópticas en tubos termoplásticos holgados.
- Cable totalmente dieléctrico.
- Cubierta interna con protección de roedores y termitas.
- Baja pendiente de dispersión.
- Baja polarización en modo de dispersión.
- Envuelto por un ducto externo que aumenta aún más la confiabilidad de la red por roturas accidentales.

3.5.5 Protocolo de Pruebas para la Fibra.

Todas las especificaciones técnicas serán verificadas por la EPPETROECUADOR y efectuadas en los laboratorios del fabricante. El Oferente deberá adjuntar a su propuesta los protocolos de prueba que se ejecutan en fábrica para comprobar el cumplimiento de las especificaciones técnicas solicitadas, según aplique. A continuación se presenta las pruebas para el diseño de la fibra óptica:

- Mode field diameter.

- Geometric parameter.
- Attenuation (OTDR).
- Spectral attenuation.
- Chromatic dispersión.
- Cut-off wavelength (cable cut off).
- Otras.

Además de las pruebas de la fibra óptica se debe realizar las respectivas pruebas para el diseño del cable que se detalla a continuación:

- Modelfielddiameter
- Geometricparameter
- Attenuation (OTDR)
- Spectral attenuation
- Chromatic dispersión
- Cut-off wavelength (cable cut off)
- Otras

El proponente debe anexar las pruebas del diseño del cable tipo ó de diseño realizadas a cada familia de cable solicitada. En estas pruebas se deben incluir:

- Fuerza para retirar el recubrimiento de la fibra (Coating Strip Force).
- Tensión de halado (Pulling Tensión).
- Diámetro externo del cable y espesor de la chaqueta (Cable Outer Diameter and Jacket Thickness).
- Prueba de bloqueo de agua (wáter blocking test).
- Prueba de impacto (Impact test).
- Prueba de resistencia a la compresión (crush test).
- Torsión del cable (Cable Twist).
- Flexión cíclica del cable (Cable Cyclic Flexing).
- Prueba de envejecimiento del cable (Cable Aging test).
- Resistencia a los rayos UV (UV resistance test).
- Prueba de Galopeo.

- Ciclo de temperatura.
- Pruebas de Intemperie, con cerramiento hermético.
- Prueba de humedad.
- Pruebas de presión.

Luego de realizadas las pruebas del cable y de la fibra óptica, el contratista debe suministrar los resultados de las pruebas realizadas en fábrica sobre cada bobina de cable y elementos de instalación terminados.

El cable de fibra óptica y demás materiales que se requieran deben ser completamente ensamblado, ajustado en fábrica y sujeto a las pruebas de rutina del fabricante, en cada bobina de fibra óptica.

Al momento de receptar cada bobina de fibra óptica, en la bodega en la que se reciba la misma y luego previamente a la puesta en servicio del cable de fibra, además de cualquier prueba adicional recomendada por el fabricante:

- Pruebas de continuidad
- Pruebas de atenuación de la fibra, en cada tramo y total por cada ventana de 1310 nm y 1550 nm.
- Tensión del cable de fibra
- Prueba de longitud de la fibra.

Las pruebas de atenuación y mediciones se realizarán en las dos ventanas, 1310 nm. y 1550 nm (dB/Km).

3.5.6 Cambio de los Equipos Actuales por unos Radios Spread Spectrum de 5.8Ghz

Los radios que se encuentran actualmente instalados en las canastillas no son tan robustos y efectivos como es la necesidad para mantener estables

los enlaces además de tener fallas en el apuntamiento de los mismos, es por esa razón que se a realizado el estudio para cambiar por enlaces punto a punto en las canastillas donde son los puntos mas críticos al momento de que la presión se debe monitorear por las altitudes que tiene terreno en algunos puntos donde se encuentra el monitoreo.

Aquí se va a describir el estudio que se realizo para tener la canastilla 6 directamente conectada con el Cerro Pichincha en un enlace punto a punto utilizando los radios Alvarios de 5,8GHz y se realizo el respectivo analisis con varias antenas se tuvo varios casos de enlaces para poder determinar el mas efectivo, se utilizo en el primer caso 2 antenas de 37dBi(6pies) pero el problema es que en la canastilla 6 el mastil metalico que se encuentra instalado no va a soportar correctamente a la antena y se va a tener problemas con el viento que en este punto existe ya que por su gran tamaño la antena puede sufrir inestabilidad ademas es posible que para sostener esta antena se deba colocar una torre para su soporte pero en cuestion de costos se elevara mas entonces es descartado este primer caso.

El segundo caso que se tuvo es con los mismos radios marca Alavarion pero con 2 antenas de 29dBi(2pies) la una colocada en la canastilla 6 y la otra en el Cerro Pichincha pero el umbral de recepción es muy bajo y esta fuera de los parametros, el problema se da por la gran distancia de este enlace asi que se tiene muchas perdidas y se descarta este enlace tambien.

Otro caso con el cual se realizo el analisis fue con la una antena de 37dBi(6pies) colocada en la canastilla 6 y en el Cerro Pichincha con la antena de 29dBi(2pies) y el enlace fue uno de los mejores y con un umbral de recepción muy bueno y se podria decir que es el mas calificado para ser aplicado pero el problema se da por el gran tamaño de la antena y como se explico en el otro caso la situación es que posiblemente el mastil metalico no soporte adecuadamente a la antena.

Por ultimo se realizo las pruebas con el sistema de los Alvarion usando una antena de 29dBi(2pies) en la Can6 y una antena de 37dBi(6pies) en el Pichincha. Los valores que se obtienen en este enlace son buenos aunque se desearia que sean excelentes pero por la distancia que es de 51km no se puede tener lo máximo en este enlace. Aqui el umbral de recepción esta dentro de los parametros permitidos y de esta manera puede establecerse el sistema pero se corre el riesgo que si hay vientos demasiado fuertes o mal clima como nubosidad extrema estos valores bajen y se puede perder posiblemente el enlace, ya que como mínimo el umbral de recepción debe ser de 25dB pero gracias a lo robustos de los radios Spread Spectrum Alvarion se va a tener por lo general el sistema siempre monitoreando.

A continuación se presenta el análisis realizado con el software Radio Mobile y la recomendación que se presenta para mejorar este enlace porque se encuentra actualmente conectado desde CAN6 con CAN2 y desde CAN2 envía a CAN3 y desde CAN3 se enlaza con el Cerro Pichincha, entonces este punto se va a volver independiente.

Los radios Alvarion de la estación base está conectada a través del backbone de comunicación de datos estándar y también a equipos de telecomunicaciones. Para mejora de la seguridad, los puertos 10BaseT de los módulos AU están conectados directamente a un router multi-puerto. Este router se conecta por cualquier medio de punto a punto de enlace al backbone. En los casos donde las seguridades menos importantes y el costo es la principal preocupación, las unidades de acceso pueden ser conectado a un conmutador Ethernet y luego a un router de un solo puerto.

Los radios que se recomienda a continuación son los adecuados para el cambio en los enlaces mas sensibles y con problemas y se van a detallar las especificaciones para la adquisición de los mismos y el cambio inmediato para uno de los sistemas que es el de la CAN6 ya que es una de las válvulas de mayor preocupación para el monitoreo.

Para los otros enlaces se recomienda la utilización de estos radios Alvarion y antenas de 29 dBi (2 pies), teniendo en cuenta que la distancia de los demás enlaces es menor que la de la CAN6 que es la de mayor distancia. Solo para enlaces que sean de distancias grandes se utilizara antena de 37dBi (6 pies) como antena de mayor ganancia.

3.5.7 RADIOS SPREAD SPECTRUM 14Mbps 5.8 GHz.

Los equipos deben estar diseñados y producidos haciendo uso de las versiones más recientes en lo referente a tecnología y fiabilidad, tanto de hardware como de software, con las siguientes características:

- Enlace punto a punto únicamente, con tecnología totalmente digital.
- Configuración: IDU – ODU es decir, los equipos deben consistir de una unidad interna (IDU) con interfaz Ethernet para conectarla directamente a la red, y una unidad externa (ODU) o unidad de radio para conectarla a una antena. Los conectores para unión IDU – ODU deben ser RJ45.
- Un solo tipo de radio configurable por software como unidad local ó remota.
- Tipo de radio: Time Division Dúplex (TDD), usando Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM).
- Frecuencia: 5.725 – 5.875 GHz. Banda no licenciada.
- Modulación: BPSK, QPSK, 16QAM, 64 QAM.
- Ancho de banda del canal: 20 y 40 MHz.
- Resolución: 10 MHz.
- Velocidad: 14 Mbps escalable por licencias hasta 73 Mbps.
- Potencia: 21dbm. en el puerto de antena con control automático de potencia de transmisión (ATPC), con habilitación - deshabilitación vía software.
- Sensibilidad en el puerto de antena: - 85 dBm. a 20 MHz. y 5 niveles de modulación.
- Código de país: 1020 – FCC 5.8 GHz.
- Conector de la antena: tipo N, 50 Ohm.

- Cobertura: hasta 60 km.
- Estándar: IEEE 802.3 CSDMA/CD.
- Soporte para VLAN: Basada en 802.1q.
- Puerto de comunicación: Puerto Ethernet IEEE 802.3 10 / 100 base T (RJ45).
- El sistema debe soportar priorización del tráfico de segundo nivel basado en el estándar IEEE 802.1p y priorización de tráfico de tercer nivel basado en el estándar IP ToS Precedente (RFC791) o en DSCP (RFC2474).
- El sistema debe soportar priorización de tráfico basada en rangos de puertos UDP y/o TCP.
- Asignación de parámetros IP: configurable o automática (cliente DHCP).
- Seguridad: Protocolo de asociación – ESSID, WEP 128, AES OCB 128, nivel de filtro IP para direcciones de usuario o protocolos.
- Opciones de gestión: Monitor vía TELNET, SNMP.
- Agentes SNMP: SNMP v1 client, MIB II, Bridge MIB.
- Cada enlace debe venir con software instalable en PC bajo protocolo SNMP para configuración, administración y mantenimiento remoto.
- Acceso remoto de gestión: desde LAN alámbrica y desde enlace inalámbrico.
- Protección de acceso administrativo: Clave multi-nivel, configuración de dirección de acceso remoto (sólo desde Ethernet, enlace inalámbrico o por ambos), Configuración de direcciones IP de estaciones autorizadas.
- Carga y descarga de actualizaciones de software y configuración: FTP y TFTP.
- El control del radio debe tener la opción de realizar actualizaciones de firmware para mejorar la unidad y aumentar el soporte de características tales como:
 1. Aumento de la capacidad (throughput) sólo por actualizaciones de software.
 2. Priorización de tráfico en el Aire mediante el enlace inalámbrico, Wireless Link Prioritization (WLP).
- Consumo: 25 W.
- Alimentación: 110 VAC 60 Hz.
- Temperatura operativa: Unidades externas ODUs -40°C a 55°C, equipo interno IDUs 0°C a 40°C

- Humedad operacional: unidades externas 5%-95% sin condensación, equipo interno a resguardo de la intemperie 5%95% sin condensación.

Estos radios deberán ser adquiridos para el resto de los enlaces que tiene fallas actualmente en los enlaces, en unos puntos ya se encuentran funcionando y hay que indicar que se ha rectificado uno de los enlaces que producía problemas para su monitoreo que es la válvula de Rio Salache, esta válvula ya se encuentra monitoreada con normalidad y ahí también se cambio por equipos Alvarion y con otro tipo de antenas marca Andrew y uno de los enlaces va desde Rio Salache hacia La torre de Cnt porque hasta esta torre existe línea de vista y en ese punto otro enlace adicional que va dirigido hacia la torre de la EP-PETROECUADOR para poder llegar con normalidad.

Los demás enlaces deberán ser migrados por los nuevos lo más pronto posible, una vez q se adquiera los nuevos equipos en los puntos más críticos.

3.5.8 Descripción de las Antenas Parabólicas para los Enlaces.

Antena Parabólica de 2 Pies de Diámetro no Presurizada

- Rango de frecuencias: 5.25 a 5.85 GHz.
- Ganancia nominal: 29 dBi
- Ancho del haz (- 3 dB): 6.1°
- Discriminación de polarización cruzada: 28 dB.
- Relación frente espalda: 38 dB.
- Conector: N hembra 50 Ohmios.
- Con montaje que permita acoplarse a tubos de 2" a 4.5" y mecanismos de ajuste fino tanto de azimut como de elevación.

Antena Parabólica de 6 Pies de Diámetro no Presurizada

- Rango de frecuencias: 5.25 a 5.85 GHz.
- Ganancia nominal: 37,9 dBi.
- Ancho del haz (- 3 dB) : 2.00°
- Discriminación de polarización cruzada: 30 dB.
- Relación frente espalda: 46 db.
- Conector: N hembra 50 Ohmios.
- Con montaje que permita acoplarse a tubos de 2" a 4.5" y mecanismos de ajuste fino tanto de azimut como de elevación.

Estas son las descripciones de las dos tipos de antenas que se utilizara para el enlace que va desde las CAN6 que queda ubicado en el Cotopaxi el un punto y el otro punto esta en el Cerro Pichincha. Y para este enlace lo mejor es solicitar antenas de largo alcance y mayor ganancia. Por lo general no hay puntos con mayor distancia y solo hay que determinar cuales serian los nuevos equipos.

A continuación se presenta la simulación del enlace que se va a cambiar y sus respectivas características respecto al enlace y se podrá observar la factibilidad que tiene el enlace hecho en esta manera, y se esta tratando de economizar y tratando de utilizar los materiales que se pueda de la mejor manera para que se abarate costos.

Este sistema esta utilizando en la Can6 la antena de 29dBi(2pies) y en el cerro pichincha la antena de 37dBi(6pies) los valores estan dentro de lo permitido.

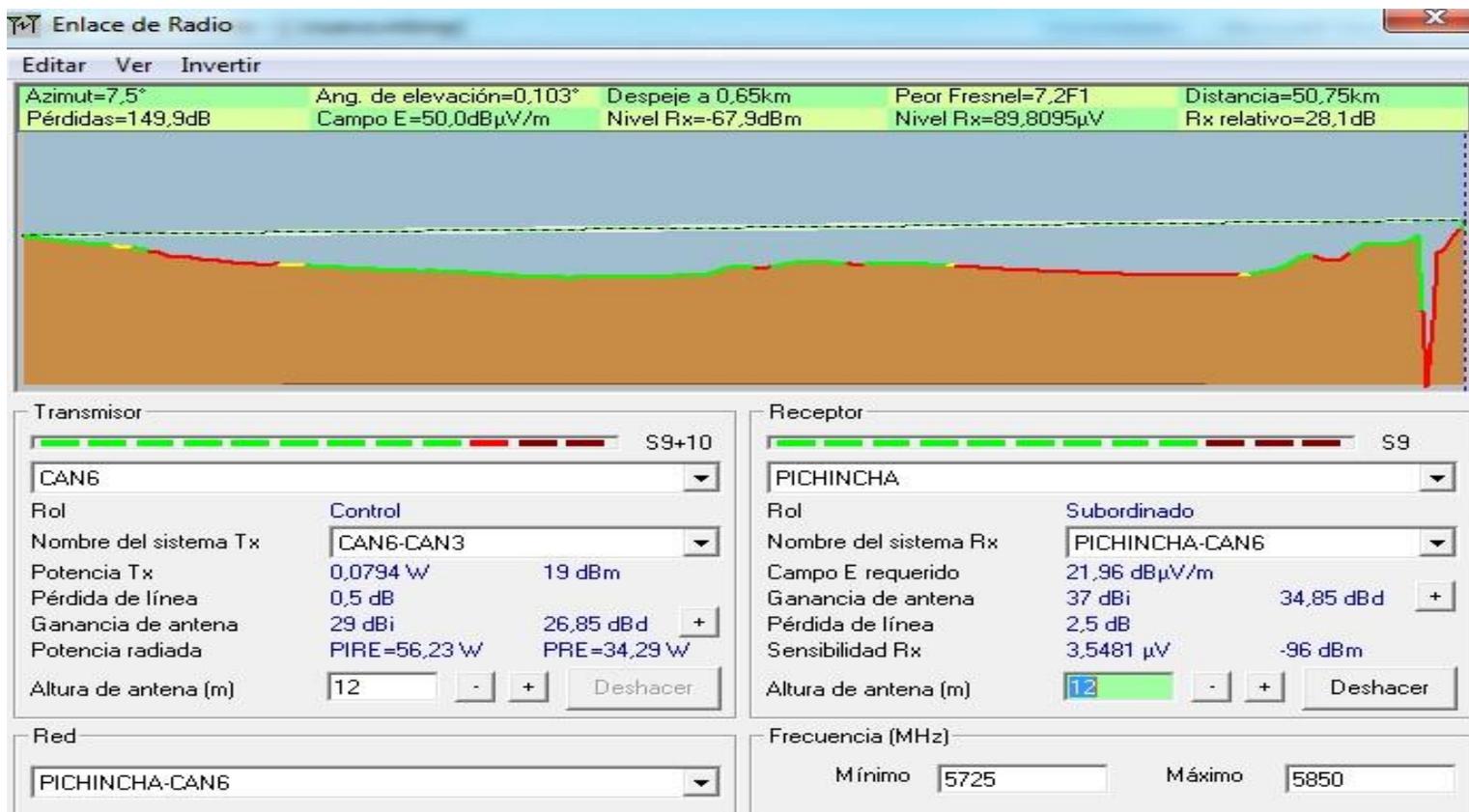


Figura No. 151: Enlace CAN6 – Cerro Pichincha.

Elaborado por: El autor.

El umbral de recepción que se tiene es de 28,07dBi, que no es excelente como se quisiera pero si es bueno esta dentro de los parámetros. Es un buen margen de éxito que se tiene para este enlace.

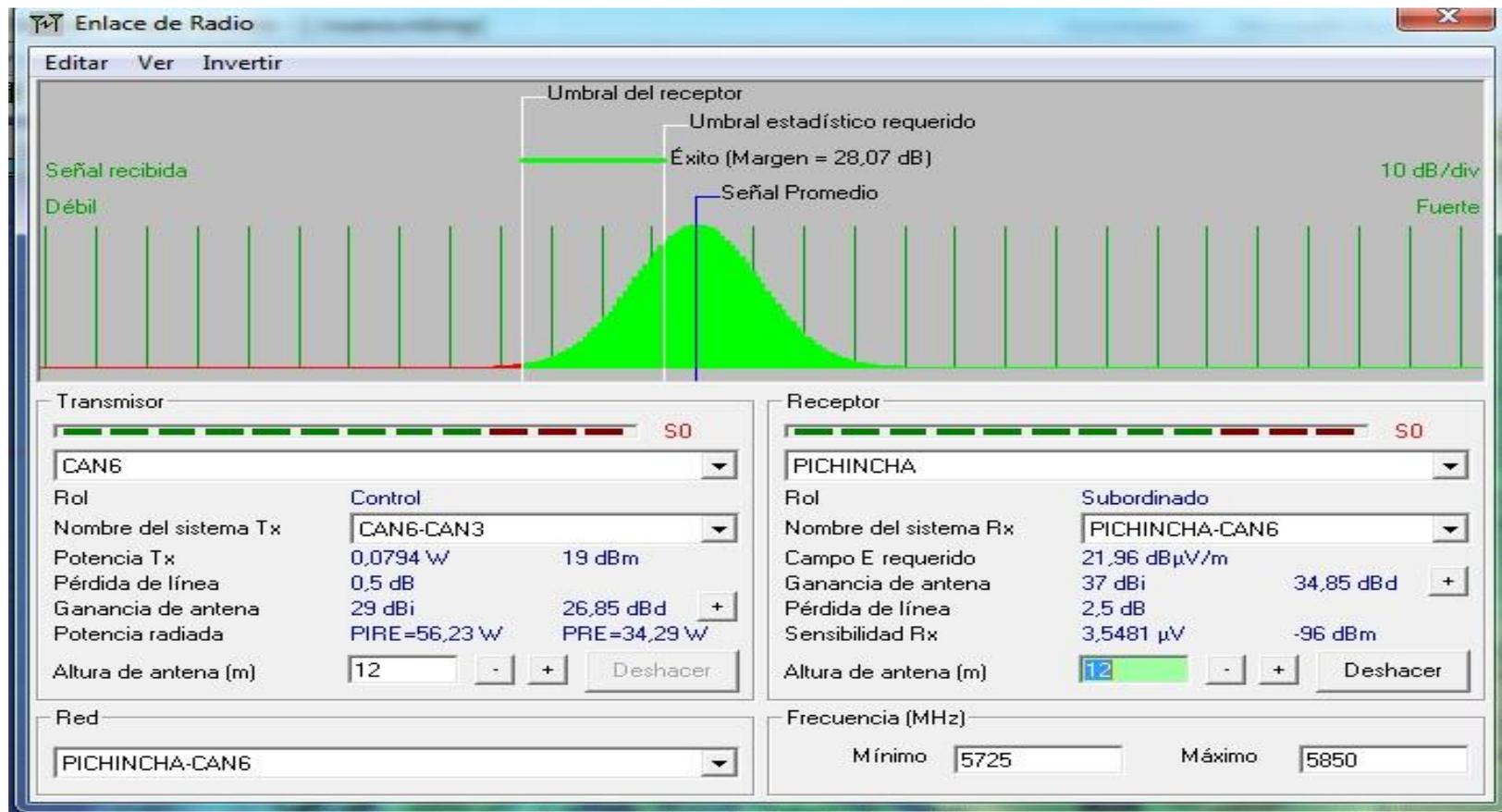
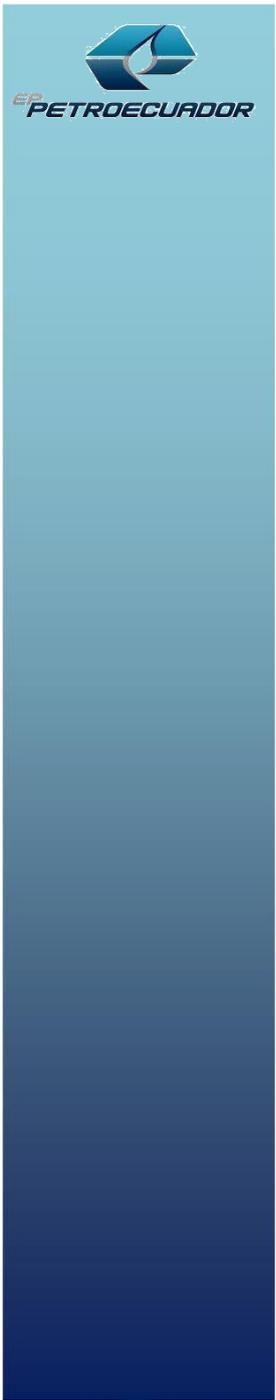


Figura No. 152: Umbral de Recepción CAN6 – Cerro Pichincha.

Elaborado por: El autor.



CAPÍTULO IV.

283

4. ESTUDIO ECONÓMICO GENERAL

Análisis de Costo del Mejoramiento d el Radio Enlace

El estudio que se realizó para el cambio de Radios y Antenas en la Canastilla 6 al simular el enlace punto a punto hacia el Cerro Pichincha que se desea, dejando de utilizar las otras canastillas como un medio de repetición de la señal para que los datos pueda ser enviados de manera directa y así tener un punto de monitoreo efectivo y preciso.

Para el estudio que se presentó se utilizaron los equipos más sofisticados a nivel de conectividad y seguridad; son muy robustos para este tipo de enlaces que son necesarios tener confiabilidad, es por esa razón que el análisis financiero que se presenta a continuación es dedicado al enlace CAN6- PICHINCHA.

El cuadro de costos que se presenta tiene como relación las ofertas de tres diferentes empresas, de las cuales se va a elegir la mas conveniente a nivel económico porque el presupuesto con el que se cuenta es limitado.

Además para los enlaces restantes que se tiene no va a ser necesario utilizar una de las antenas de mayor coste y tamaño debido a que su uso será para el enlace con mayor capacidad de distancia, por lo tanto éste enlace es factible y con estos equipos se pretende mejorar en un 90% los resultados del monitoreo.

PRESUPUESTO REFERENCIAL ENTRE LA CAN 6 Y EL CERRO PICHINCHA							
	EQUALINX Costo Unitario	DIT Costo Unitario	TELEACCESS Costo Unitario	Costo Promedio unitario	Cantidad	TOTAL Costo Promedio	TOTAL Costo Cotización más baja
	US\$	US\$	US\$	US\$		US\$	US\$
Radio Spread Spectrum 5.8 GHz. 14 Mbps	1881,00	1527,30	1613,00	1673,78	2	3347,55	3054,66
Protecciones de línea		59,66	69,30	64,48	4	257,92	238,64
Cable para intemperie IDU - ODU (250 MTS.)	495,00	292,53	455,00	414,18	2	828,35	585,06
Cable ODU- ANTENA	137,00	123,92	45,00	101,97	2	203,95	247,84
Conectores RJ45	0,73	1,50	1,55	1,26	10	12,60	15,00
Antenas parabólicas 2 pies 5.25 5.85 GHz.	715,00	770,50	1072,00	852,50	1	852,50	770,50
Antenas parabólicas 6 pies 5.25 5.85 GHz.	2180,00	2507,00	3383,00	2690,00	1	2690,00	2507,00
	5408,73	5282,4	6638,85	Sin IVA US\$		8192,87333	7418,70
						Diferencia US\$	Variación %
						774,17	9,44935

Tabla No. 25: Costo de Radios para Enlace Punto a Punto.
Elaborado por: El autor.

Para el resto de los enlaces es necesario de igual manera cambiar los Radios y las Antenas de las canastillas de mayor falla al momento del monitoreo de los mismos, desde luego que no será en todos porque se tiene que orientar de manera correcta las antenas que tienen una menor distancia para el enlace. El problema que tienen en algunas canastillas como por ejemplo en CAN17 y CAN18 es el mal direccionamiento de las antenas y colocar bien con la polarización adecuada para que funcionen de manera óptima, aunque sus antenas sean de bajo alcance pero es por su corta distancia.

A continuación se va a presentar el cuadro de costos para el resto de enlaces que se necesita cambiar de equipos por las fallas que están presentando al momento del control y monitoreo de la presión que atraviesa en cada una de las canastillas porque es indispensable que sea estable estos controles. Se va a necesitar equipos para los siguientes enlaces:

CAN3 con el Cerro Pichincha, este enlace envía la señal de dos enlaces una la del monitoreo de la misma CAN3 y además los datos de la CAN2 porque de esta canastilla recibe los datos y se necesita que sea robusto el enlace, es por esa razón que es indispensable cambiar por los Radio Spread Spectrum 5.8 GHz. 14 Mbps y Antenas parabólicas de 2 pies 5.25 - 5.85 GHz.

En el enlace de CANTERM hacia el Cerro Pichincha se necesita cambiar por los Radio Spread Spectrum 5.8 GHz. 14 Mbps y se puede utilizar las mismas antenas instaladas.

Para el enlace de CANLAT hacia el Cerro Pilisurco es necesario cambiar por los Radio Spread Spectrum 5.8 GHz. 14 Mbps y Antenas parabólicas 2 pies 5.25 - 5.85 GHz. porque es inestable este enlace debido a los radios que utiliza.

En el enlace desde CAN8 que esta ubicado en Lasso es otro con una gran distancia para el enlace así que se tomara las mismas precauciones que se está tomando con CAN6 que es cambiar en el Cerro Pilisurco por una antena de mayor Ganancia para que sea estable nuestro enlace, utilizando Antenas parabólicas de 6 pies 5.25 - 5.85 GHz para el Cerro Pilisurco y la antena que se tiene instalada en Lasso si nos puede servir porque es de Grilla y en este lugar el problema que se da es que por causa del viento y se tiene mucho movimiento de la antena, además se debe cambiar por Radio Spread Spectrum 5.8 GHz. 14 Mbps.

Para el enlace de CAN 17 con el Pilisurco es recomendable cambiar por los Radio Spread Spectrum 5.8 GHz. 14 Mbps porque son dos enlaces los que tiene que soportar, el uno que se recibe de CAN18 y el que se envía de CAN17 a la vez, cambiar por Antenas parabólicas 2 pies 5.25 - 5.85 GHz.

Para el enlace de CAN RIO SALACHE ya se encuentra cambiado de equipos a petición de la EP-PETROECUADOR por parte del área de TIC's de la misma empresa; se migro a equipos de similares características a los nombrados y el enlace esta funcionando correctamente, en este enlace se tiene desde Rio Salache hacia una Torre de CNT en el Cerro Pilisurco y desde este punto se conecta a la Torre de la EPPETROECUADOR.

En la CAN17 y CAN18 no se necesita cambiar de equipos solo direccionar correctamente, y en caso que se necesite cambiar de equipos se tiene los otros radios que se retiraría de los demás puntos y se puede encontrar una solución utilizando los mismos equipos que se retira de los otros enlaces.

PRESUPUESTO REFERENCIAL PARA EL CAMBIO DE RADIOS							
	EQUALINX Costo Unitario	DIT Costo Unitario	TELEACCESS Costo Unitario	Costo Promedio unitario	Cantidad	TOTAL Costo Promedio	TOTAL Costo Cotización más baja
	US\$	US\$	US\$	US\$		US\$	US\$
Radio Spread Spectrum 5.8 GHz. 14 Mbps	1881,00	1527,30	1613,00	1673,78	10	16737,77	15273,30
Protecciones de línea		59,66	69,30	64,48	20	1289,60	1193,20
Cable para intemperie IDU - ODU (250 MTS.)	495,00	292,53	455,00	414,18	10	4141,77	2925,30
Cable ODU- ANTENA	137,00	123,92	45,00	101,97	10	1019,73	1239,20
Conectores RJ45	0,73	1,50	1,55	1,26	60	75,60	90,00
Antenas parabólicas 2 pies 5.25 5.85 GHZ.	715,00	770,50	1072,00	852,50	6	5115,00	4623,00
Antenas parabólicas 6 pies 5.25 5.85 GHZ.	2180,00	2507,00	3383,00	2690,00	2	5380,00	5014,00
	5408,73	5282,40	6638,85	Sin IVA US\$		33759,47	30358,00
						Diferencia US\$	Variación %
						3401,47	10,08

Tabla No. 26: Costo de Radios Spread Spectrum.
Elaborado por: El autor.

En la tabla No. 26 se encuentra detallado los materiales y equipos con los respectivos costos que se va a necesitar para mejorar los enlaces que se encuentran funcionando en los diferentes puntos de control y monitoreo que se tiene en todo el poliducto.

Es recomendable tener varios ofertantes como referencias en lo son costos, con los valores que proporcionen las diferentes empresas, con las cotizaciones se puede establecer cual de todos estos es el que conviene por la más baja cotización ofertada para poder adquirir todos los equipos que sean necesarios.

4.1 Análisis del Costo de la Fibra Óptica

El análisis que se presenta a continuación se detalla minuciosamente con todos los materiales a utilizarse para el enlace óptico que requiere la EPPETROECUADOR en el poliducto QUITO-AMBATO.

Los valores que se detallan son actualizados al momento y se encuentran detallados por metros, metros cuadrados y por unidades dependiendo para cada uno de los diferentes tipos de requerimientos que se necesite en el análisis de costos.

Se debe tener en cuenta que algunos rubros detallados no se van a utilizar en los 110Km que tiene el poliducto, sino que se utilizaran en algunos puntos y es por esa razón que está calculado en metros el costo que llevará la instalación de la fibra óptica, ya sea canalizada, aérea o de manera enterrada. El análisis de costos se encuentra representado en dólares norteamericanos.

4.1.1 Costo de la Fibra Óptica Canalizada.

A continuación se detalla los rubros para la instalación por metro de la fibra óptica canaliza:

PRECIOS REFERENCIALES PARA LA FIBRA ÓPTICA CANALIZADA				
RUBROS	U	ZONA RURAL	U	COSTO TOTAL DE INSTALACIÓN POR METRO
MONODUCTO (DENTRO DE CANALIZACIÓN)	U	2,59	m	\$ 2.931,28
TAPÓN CIEGO PARA DUCTO (4´´)	U	16,35		
TAPÓN SIMPLE PARA FIBRA ÓPTICA (TAPÓN GUÍA 1 1/4´´)	U	10,25		
TRIDUCTO (EN CANALIZACIÓN EXISTENTE)	m	5,62		
CANALIZACIÓN TRIDUCTO ACERA	m	11,39		
DESMONTAJE DE CABLE CANALIZADO DE FIBRA ÓPTICA DE 6, 12, 24, 48 Y 96 HILOS	U	0,14		
IDENTIFICADOR ACRILICO DE FIBRA ÓPTICA CANALIZADO 8 cm X 4 cm	U	5,61		
ACOPLADOR ST	U	5,07		
CAJA OPTICA DE 4 PUERTOS	U	42,07		
MANGUERA CORRUGADA PLÁSTICA (1´´)	m	1,83		
MANGUERA CORRUGADA METALICA BX (1´´)	m	3,62		
ODF 48 PUERTOS G.655	U	952,20		
PORTA RESERVAS DE FIBRA EN GALERIA DE CABLES	U	15,53		
PRUEBA UNIDIRECCIONAL DE TRANSMISIÓN FIBRA ÓPTICA (POR PUNTA, POR FIBRA, EN 1 VENTANA)	U	12,42		
PATCH CORD DUPLEX FC-ST de 5mts G.655	U	36,23		
PREFORMADO TRES CEROS PARA CABLE ADSS	U	7,04		
RACK DE PISO ABIERTO 2,2M X 19´´ DE 44 UNID.	U	232,88		
MANGA PARA EMPALME SUBTERRÁNEO POR FUSIÓN 48 FIBRAS ÓPTICAS	U	569,25		
HERRAJE TIPO A PARA CABLE DE FIBRA OPTICA ADSS	U	14,71		
CABLE CANALIZADO 48 FIBRAS ÓPTICAS MONOMODO G655	m	3,76		
CABLEADO ESTRUCTURADO cat. 5e	PTO	51,75		
DESALOJO DE ESCOMBROS	POZO	6,21		
LEVANTAMIENTO DE LA CANALIZACIÓN Y DE LOS CABLES	POZO	2,84		
LIMPIEZA DE DUCTO Y COLOCACIÓN DE GUÍA	m	1,27		
LIMPIEZA DE POZO Y DESALOJO	u	15,01		
REPOSICIÓN DE ACERA Y MASILLADO	m ²	11,91		

REPOSICIÓN DE ADOQUÍN DE PIEDRA	m ²	13,46
REPOSICIÓN DE ASFALTO	m ²	36,23
REPOSICIÓN DE BALDOSA	m ²	15,53
REPOSICIÓN DE EMPEDRADO	m ²	4,86
REPOSICIÓN DE REVESTIMIENTO	m ²	7,89
ROTURA DE ACERA Y DESALOJO	m ²	6,42
ROTURA DE ADOQUÍN DE CEMENTO	m ²	1,35
ROTURA DE ADOQUÍN DE PIEDRA	m ²	2,10
ROTURA DE BALDOSA Y DESALOJO	m ²	4,14
ROTURA DE EMPEDRADO	m ²	1,04
ROTURA DE MAYÓLICA O GRES, Y DESALOJO	m ²	4,14
SELLADOR DE DUCTO	U	20,70
SEPARADOR PLÁSTICO	U	1,11
SUELDA DE TAPA DE POZO	U	18,63
PLANOS DE OBRA	m ²	50,72
POSTE DE HORMIGÓN 11 MTS.	U	207,00
RETENIDA FAROL	U	130,41
SUBIDA POSTE PARA FIBRA ÓPTICA	U	41,40
POZO DE MANO	U	97,29
REPARACIÓN DE DUCTO DE PVC (ACERA)	U	38,30
REPARACIÓN DE DUCTO DE PVC (CALZADA)	m ³	37,26
ROTURA Y REPOSICION ACERA	m ²	18,32
ROTURA Y REPOSICION ADOQUIN CEMENTO	m ²	8,69
ROTURA Y REPOSICION ASFALTO	m ²	44,51
ROTURA Y REPOSICION BALDOSA	m ²	20,70
ROTURA Y REPOSICION EMPEDRADO	m ²	5,90
ROTURA Y REPOSICION MAYOLICA O GRES	m	26,91
ROTURA Y REPOSICION REVESTIMIENTO	U	9,94
SUBIDA EXCAVACION Y DESALOJO	m	2,59
SUBIDA MANGUERA	m	2,80
TUBERÍA DE PVC 110 X 2.7mm (NORMA INEN 1869)	m	13,46

Tabla No. 27: Precios de Fibra Canalizada.
Elaborado por: El autor.

4.1.2 Costo de la Fibra Óptica Aérea.

A continuación se detalla los rubros para la instalación por metro de la fibra óptica de manera aérea:

PRECIOS REFERENCIALES PARA LA FIBRA ÓPTICA AÉREA				
RUBROS	U	ZONA RURAL	U	COSTO TOTAL DE INSTALACIÓN POR METRO
TAPÓN CIEGO PARA DUCTO (4´´)	U	16,353	m	\$ 2.744,60
TAPÓN CIEGO PARA TRIDUCTO (1/ 1/4´´)	U	5,24745		
TAPÓN TRIFURCADO PARA DUCTO	m	31,05		
TRIDUCTO (EN CANALIZACIÓN EXISTENTE)	m	5,62005		
IDENTIFICADOR ACRILICO DE FIBRA ÓPTICA AEREO 12,5 cm X 6 cm	U	8,073		
ACOPLADOR ST	U	5,0715		
CAJA OPTICA DE 4 PUERTOS	U	42,07275		
MANGUERA CORRUGADA PLÁSTICA (1´´)	m	1,83195		
ODF 48 PUERTOS G.655	U	952,2		
PORTA RESERVAS DE FIBRA EN GALERIA DE CABLES	U	15,525		
PRUEBA UNIDIRECCIONAL DE TRANSMISIÓN FIBRA ÓPTICA (POR PUNTA, POR FIBRA, EN 1 VENTANA)	U	12,42		
PATCH CORD DUPLEX FC-ST de 5mts G.652	U	36,225		
PREFORMADO TRES CEROS PARA CABLE ADSS	U	7,038		
RACK DE PISO ABIERTO 2,2M X 19´´ DE 44 UNID.	U	232,875		
MANGA PARA EMPALME AÉREO POR FUSIÓN 48 FIBRAS ÓPTICAS	U	569,25		
HERRAJE FAROL PARA CABLE DE FIBRA OPTICA	U	45,54		
HERRAJE TIPO A PARA CABLE DE FIBRA OPTICA ADSS	U	14,70735		
HERRAJE TIPO B PARA CABLE DE FIBRA OPTICA ADSS	U	13,9932		
FUSIÓN DE PIGTAIL FC/PC G655	U	12,42		
CABLE AÉREO 48 FIBRAS ÓPTICAS MONOMODO ADSS G.655 (VANOS 120m)	m	5,2164		
CABLE AÉREO 48 FIBRAS ÓPTICAS MONOMODO ADSS G.655 (VANOS 200m)	m	6,4998		

CABLEADO ESTRUCTURADO cat. 5e	PTO	51,75
REPOSICIÓN DE ACERA Y MASILLADO	m ²	11,91285
REPOSICIÓN DE CÉSPED	m ²	1,656
ROTURA DE ACERA Y DESALOJO	m ²	6,417
ROTURA DE ADOQUÍN DE CEMENTO	m ²	1,3455
ROTURA DE ASFALTO Y DESALOJO	m ²	5,6925
ROTURA DE BALDOSA Y DESALOJO	m ²	4,14
ROTURA DE CÉSPED	m ²	0,828
PLANOS DE OBRA	m ²	50,715
POSTE DE HORMIGÓN 11 MTS.	U	207
SUBIDA MURAL	U	35,9145
SUBIDA POSTE PARA FIBRA ÓPTICA	U	41,4
POZO DE MANO	U	97,29
REPARACIÓN DE DUCTO DE HORMIGÓN (ACERA)	U	38,295
REPARACIÓN DE DUCTO DE PVC (CALZADA)	m ³	37,26
ROTURA Y REPOSICION ACERA	m ²	18,3195
ROTURA Y REPOSICION ADOQUIN CEMENTO	m ²	8,694
ROTURA Y REPOSICION ASFALTO	m ²	44,505
ROTURA Y REPOSICION BALDOSA	m ²	20,7
ROTURA Y REPOSICION CESPED	m ²	2,691
SUBIDA EXCAVACION Y DESALOJO	m	2,5875
SUBIDA MANGUERA	m	2,8
TUBERÍA DE PVC 110 X 2.7mm (NORMA INEN 1869)	m	13,455

Tabla No. 28: Precios para Fibra Aérea.
Elaborado por: El autor.

4.1.3 Costo de la Fibra Óptica Enterrada.

A continuación se detalla los rubros para la instalación por metro de la fibra óptica de manera enterrada:

PRECIOS REFERENCIALES PARA LA FIBRA ÓPTICA ENTERRADA

RUBROS	U	S2	CANTIDAD	AD	COSTO TOTAL DE INSTALACIÓN
IDENTIFICADOR ACRILICO DE FIBRA ÓPTICA CANALIZADO 8 cm X 4 cm	U	5,6097	220	1234,134	\$ 1.031.444,30
ACOPLADOR ST	U	5,0715	20	101,43	
CAJA OPTICA DE 4 PUERTOS	U	42,07275	4	168,291	
MANGUERA CORRUGADA METALICA BX (1")	m	3,6225	250	905,625	
ODF 48 PUERTOS G.655	U	952,2	2	1904,4	
PORTA RESERVAS DE FIBRA EN GALERIA DE CABLES	U	15,525	6	93,15	
PRUEBA UNIDIRECCIONAL DE TRANSMISIÓN FIBRA ÓPTICA (POR PUNTA, POR FIBRA, EN 1 VENTANA)	U	12,42	4	49,68	
PATCH CORD DUPLEX FC-ST de 5mts G.655	U	36,225	10	362,25	
PREFORMADO TRES CEROS PARA CABLE ADSS	U	7,038	12	84,456	
RACK DE PISO ABIERTO 2,2M X 19" DE 44 UNID.	U	232,875	2	465,75	
MANGA PARA EMPALME SUBTERRÁNEO POR FUSIÓN 48 FIBRAS ÓPTICAS	U	569,25	28	15939	
CABLE DE ESTRUCTURA ARMADA DE 48 FIBRAS ÓPTICAS MONOMODO G655	m	9,05625	110000	996187,5	
CABLEADO ESTRUCTURADO cat. 5e	PTO	51,75	8	414	
DESALOJO DE ESCOMBROS	POZO	6,21	220	1366,2	
REPOSICIÓN DE REVESTIMIENTO	m ²	7,8867	40	315,468	
ROTURA DE ACERA Y DESALOJO	m ²	6,417	80	513,36	
ROTURA DE ADOQUÍN DE CEMENTO	m ²	1,3455	120	161,46	
ROTURA DE CÉSPED	m ²	0,828	40	33,12	
PLANOS DE OBRA	m ²	50,715	100	5071,5	
RETENIDA FAROL	U	130,41	5	652,05	
SUBIDA MURAL	U	35,9145	6	215,487	
ROTURA Y REPOSICION ACERA	m ²	18,32	35	641,1825	
ROTURA Y REPOSICION ADOQUIN CEMENTO	m ²	8,694	38	330,372	
ROTURA Y REPOSICION ADOQUIN PIEDRA	m ²	16,0425	24	385,02	
ROTURA Y REPOSICION ASFALTO	m ²	44,505	70	3115,35	
ROTURA Y REPOSICION BALDOSA	m ²	20,7	12	248,4	
ROTURA Y REPOSICION EMPEDRADO	m ²	5,8995	10	58,995	
ROTURA Y REPOSICION REVESTIMIENTO	U	9,936	16	158,976	
SUBIDA EXCAVACION Y DESALOJO	m	2,5875	17	43,9875	
SUBIDA MANGUERA	m	2,8	140	392	

Tabla No. 29: Precios Fibra Enterrada.

Elaborado por: El autor.

Los proveedores para los diferentes materiales a utilizarse en la instalación de la fibra óptica se dejan a consideración para la adquisición:

ELEMENTOS	PROVEEDORES
FIBRA	GRUPO PRYSMIAN DRAKA
PRUEBAS DE LA FIBRA	GLOBAL TRADING ELECTRIC S.A
HERRAJES	BRAVO HERRAJES O IRIARCO
POSTES	CIMELECTRO
MANGUERAS	ELETROLEG
MANGUERA CORRUGADA	ELECTROLEG
DUCTOS	TUBOS PACIFICO
TAPONES	ERCAMPO
ODF E IDENTIFICADORES	HENTEL
RACK	ANDEAN-TRADE

Tabla No. 30: Proveedores.

Elaborado por: El autor.

4.2 Análisis de Costo del Enlace Satelital.

Para el análisis de costos de los equipos que se debe utilizar se detallará en la tabla No. 31 con lo necesario para realizar un enlace satelital para cada uno de los puntos en donde se encuentran los puntos de control y monitoreo en el poliducto QUITO-AMBATO, se tomará en cuenta que se debe tener en cada una de las canastillas un punto de control y monitoreo para poder tener un servicio adecuado y que procure ser óptimo en el mejor de los casos.

Los costos que se detalla a continuación se refieren a la parte física de una estación terrena VSAT, con implementación de antenas, de las unidades interiores, de la instalación, del equipo de monitoreo.

COSTO DE LOS EQUIPOS PARA EL ENLACE SATELITAL			
CANTIDAD	DESCRIPCION	PRECIO	PRECIO
		UNITARIO	TOTAL
2	NM-1 VSAT modulo de red CISCO	930	\$ 1.860,00
ACCESORIOS	cables y accesorios	50	\$ 200,00
2	ROUTER CISCO 3800	1850	\$ 3.700,00
ACCESORIOS	cables y accesorios	60	\$ 120,00
2	HUB	10000	\$ 20.000,00
9	ANTENAS	2049	\$ 18.441,00
2	ANTENA HUB	16560	\$ 33.120,00
9	CONVERTIDOR DE SUBIDA U/D/C	20	\$ 180,00
9	HPA 50W	22450	\$ 202.050,00
9	LNA	120	\$ 1.080,00
9	RECEPTOR DDE BEACOM	1250	\$ 11.250,00
9	ALIMENTADOR Y FILTRO	225	\$ 2.025,00
TOTAL			\$ 294.026,00

Tabla No. 31: Equipos para el Enlace Satelital.
Elaborado por: El autor.

4.2.1 Costo de Instalación

El valor de la instalación dependerá de la empresa que sea contratada para la instalación pero el costo aproximado en el mercado por instalación es de \$10.000 dólares por estación, incluido capacitación y puede variar según el lugar en donde este ubicado geográficamente.

4.2.2 Costo del Seguimiento Espacial a Utilizar

Las tarifas vigentes para operar en el ECUADOR mediante INTELSAT, proveedor de servicios satelitales utilizando el satélite INTELSAT VIII se presenta a continuación:

CAPACIDAD ESTANDAR DE TRANSPONDEDOR									
PERIODO DE ASIGNACIÓN									
Haz de enlace descendente	Unidad de alquiler (MHz)	Cargo por periodo de asignación			Cargo por año				
		1 semana	3 meses	6 meses	1 año	2 años	5 años	7 años	10 años
BANDA KU PUNTUAL	0,1	0,6	3.7	6.0	7.2	7	6,3	5,9	5,3
	1	5,4	31.2	50.9	61.2	59,4	53,5	50,4	46,9
	5	26,6	154.5	252.0	303.1	293,9	256,3	249,9	225,1
	9	45	270.0	445.0	530.0	515	470	445	400
	18	275	526.0	845.0	1026.0	985	890	840	780

Tabla No. 32: Tarifas de Alquiler no Interrumpible de Transpondedores en Capacidad Estándar ²³

²³ http://www.conatel.gov.ec/site_conatel/index.php?option=com_content&view=article&id=166%3Afijo-y-movil-porsatelite&Itemid=165

4.2.3 Tasas y Tarifas que hay que Pagar al Conatel²⁴

Se considerarán las tasas y tarifas a pagar por sistemas satelitales privados con estaciones del tipo VSAT que utilicen satélites de INTELSAT.

4.2.3.1 Tasas

Se pagará por concepto de tasa de autorización por cinco años el valor de (1200USD) por cada estación terrena.

4.2.3.2 Tarifas

- Se pagará mensualmente por concepto de uso de frecuencias los siguientes valores:
- Estaciones terrenas de VSAT que se comuniquen a través de telepuertos instalados en el territorio nacional utilizando satélites de INTELSAT:
- Por cada estación terrena transmisora receptora de la red el valor de 80 USD.
- Por cada estación terrena receptora de la red, el valor de 40 USD.
- Estaciones terrenas de VSAT que se comuniquen a través de telepuertos instalados fuera del territorio nacional utilizando satélites de INTELSAT.
- Por cada estación terrena transmisora receptora de la red, el valor de 120 USD.
- Por cada estación terrena receptora de la red el valor de 60 USD.

²⁴ http://www.conatel.gov.ec/site_conatel/index.php?option=com_content&view=article&id=166%3Afijo-y-movilporsatelite&Itemid=165

4.2.4 Costo General para el Enlace Satelital

En la siguiente tabla se detallará todo los rubros que se deberá pagar para realizar el enlace satelital para los diferentes puntos de control y monitoreo.

COSTO TOTAL DEL ENLACE SATELITAL			
CANTIDAD	DESCRIPCION	PRECIO	PRECIO
		UNITARIO	TOTAL
1	COSTO HARDWARE	\$ 294.026,00	\$ 294.026,00
11	COSTO INSTALACIÓN	\$ 10.000,00	\$ 110.000,00
1	SEGMENTO ESPACIAL POR 5 AÑOS	\$ 470.000,00	\$ 470.000,00
11	COSTO DE AUTORIZACIÓN CONATEL 5 AÑOS	\$ 1.250,00	\$ 13.750,00
2	COSTO CONATEL CADA ESTACIÓN TERRENA 5 AÑOS	\$ 7.200,00	\$ 14.400,00
TOTAL DE COSTO			\$ 902.176,00

Tabla No. 33: Costo del Enlace Satelital.

Elaborado por: El autor.

4.2.1 Comparación de los Costos entre las Tecnologías del Estudio

La siguiente tabla sirve para comparación de costos entre las diferentes tecnologías que se tiene a disposición en el estudio realizado, además se detallará las ventajas que se tendría al usar la fibra óptica que se recomienda.

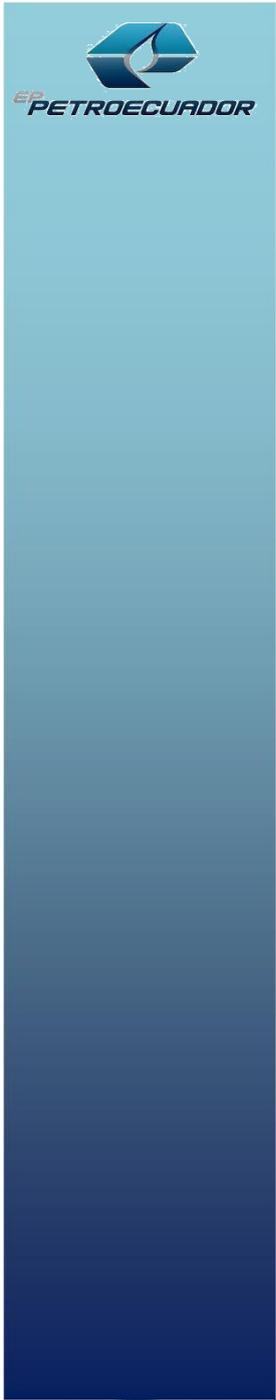
4.2.1.1 Ventajas

Aunque la fibra óptica resulte será mas costoso en comparación con un enlace satelital, la diferencia entre estas es que la seguridad y rapidez que la fibra ofrece es mayor que en un enlace satelital, y lo que la empresa busca son estas cualidades además el arrendamiento de un satélite a la final resultará mas costoso ya que se lo tendría que pagar anualmente y con el paso de los años será perjudicial en cuestión de costos y la tecnología que esta superando los limites es la fibra óptica, por lo tanto es

recomendable usarlo por estas razones. En lo que se refiere a los radio enlaces este sería el camino alternativo que se mantendría para seguir con la transmisión de datos pero mejorado de manera que se trate de obtener los mejores resultados y enlaces fiables y que no se tenga pérdidas en dichos enlaces.

COMPARACIÓN ENTRE LAS DIFERENTES TEGNOLOGÍAS	
PRESUPUESTO DE LOS RADIOS SPREAD SPECTRUM	\$ 33.759,47
PRESUPUESTO DE LA FIBRA ÓPTICA ENTERRADA	\$1.031.444,30
PRESUPUESTO ENLACE SATELITAL	\$ 902.176,00

Tabla No. 34: Comparación entre las Diferentes
Tecnologías
Elaborado por: El autor



CAPÍTULO VI.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Las frecuencias en que se está trabajando para los radio enlaces es dentro de los 5,8GHz y es permitida dentro de nuestro país, se está utilizado en los nueve puntos de conexión para el control y monitoreo.
- Para elegir los equipos nuevos y tener una mejor funcionalidad con un mejor desempeño en las funciones que realizan los radio enlaces, se debe tomar en cuenta parámetros como: Confiabilidad de los equipos, proveedores de la empresa, potencia de trabajo, velocidad de datos, precio, tamaño de los equipos, seguridades, sistema de tierra, respaldo de energía y calidad de servicio en los radios.
- En el Cotopaxi es donde se encuentra ubicado el punto más crítico en donde la presión llega muy baja, es por eso que en este punto se necesita un control y monitoreo constante y en este lugar no se tiene un enlace punto a punto sino que atraviesa por dos repetidoras para llegar al Cerro Pichincha.
- En el estudio realizado se determinó que se debe tener un camino o ruta alterna para mantener siempre un control y monitoreo en las canastillas que se tiene en el poliducto QUITO-AMBATO, por lo cual es necesario

realizar un anillo redundante, esto nos da la opción de que si falla un sistema siempre tendremos el otro en funcionamiento para mantener siempre controlando en las canastillas.

301

- Para el estudio que corresponde al sistema satelital se determinó por las características de la estación terrena a utilizarse cumpliendo con las normas y límites establecidos por los organismos internacionales de comunicación. Es por ello que al elegir adecuadamente la técnica de acceso al satélite, tiene gran importancia pues de esto depende explotar al máximo la capacidad del satélite.
- En un enlace por satélite se tiene limitaciones por la potencia del enlace ascendente de la estación terrena, el ruido del satélite, la terminal terrestre y los efectos de la propagación atmosférica.

5.2 Recomendaciones:

- Para que los radio enlaces puedan trabajar sin problemas se debería trabajar con una frecuencia licenciada porque la frecuencia que se está utilizando es una frecuencia libre, es por esa razón que se puede tener problemas dentro del perímetro urbano porque las personas apuntan a utilizar esa banda de frecuencias.
- Se debe realizar el cambio de los Radios que se encuentran instalados funcionando, porque estos equipos son de muy baja calidad y a la vez no tienen los requerimientos para en un futuro mejorar las aplicaciones que se les puede dar en cada uno de los puntos de control y monitoreo, es por ello que se recomienda utilizar Radios Spread Spectrum de 14 Mbps que son robustos, con una seguridad mejorada y muy confiables a nivel de conectividad. El equipo que se utilizó para la simulación de los enlaces fue radios marca Alvarion.
- En la CAN 6 se recomienda el cambio de equipos conjuntamente con las antenas para poder lograr el enlace punto a punto que se requiere en este enlace, como se indica en el estudio que se realizó y servirá para que sea puntual el enlace desde la CAN 6 hasta el Cerro Pichincha. Dentro de la simulación que se realizó con el programa Radio Mobile se tiene un enlace que se denominó **Cuarto Caso del enlace** y es el más óptimo para ser aplicado en este punto porque es el enlace mas crítico que se tiene al momento y para este se solicitó los equipos para el cambio inmediato de los mismos.
- La alternativa que se utilizará siempre será la más conveniente a nivel de costo y de seguridad, y se tiene como opciones a la transmisión satelital y la transmisión por fibra óptica, de las cuales la más apropiada por nivel de tecnología, velocidad y por la seguridad que se requiere para la empresa se recomienda utilizar fibra óptica por menor costo en comparación con otras tecnologías que el estudio nos demuestra se utilizará el tipo **ITU-T ADSS**

G.655 TIPO C de manera enterrada como el mejor resultado que va a representar de mayor beneficio para la EPPETROECUADOR.

- Trabajar con el satélite INTELSAT VIII representa una ventaja pues se aprovecha sus posibilidades de potencia y cobertura. La principal ventaja de trabajar en la banda escogida es la posibilidad de contar con estaciones terrenas más pequeñas. Sin embargo la desventaja es que la señal tiene mayor degradación por propagación.
- Para los requerimientos que se desea es necesario seleccionar el satélite adecuado a los requerimientos de nuestra red porque no todos los satélites se utilizan para la transmisión de voz, datos y video, tampoco no todos trabajan en las mismas bandas de frecuencias es por ello que los equipos de las estaciones terrenas estén en capacidad de ofrecer flexibilidad de frecuencia y capacidad de ajuste de potencia para evitar cualquier molestia en lo que se refiere a la calidad del enlace y para agilizar la coordinación entre sistemas.



BIBLIOGRAFÍA

Referencias Bibliográficas

- Uso en el Ecuador de los servicios que prestarán los Satélites de INTELSAT series VIII y IX”, Luis García Arroyo, Holger Santillán Carranza, Miguel Velasco Alvarado (Proyecto Tópico Facultad de Ingeniería Eléctrica y Computación, Escuela Superior Politécnica del Litoral 2000).
- Redes de Computadoras (ANDREW S, TANENBAUM, 1997), Tercera edición, pág. 123-156; 200-215; 255-276.
- Sistemas de Comunicaciones Electrónicas (WAYNE TOMASI, 1995), Segunda edición, pág. 73-100.
- John Wiley. Satellite Communications. New York. 2a ed. (2003).
- TOMASI WAYNE (1999) “sistemas de comunicación electrónica” 2nd Edition, Prentice Hall Hispanoamérica.
- BOB CHOMYCZ (1998), “Instalación de Fibra óptica-Fundamentos y Aplicaciones”, Mac Graw Hill.
- Adrián J. Falasco, “Primeros satélites de comunicación”.
- Msc. Jiménez María Soledad. 2001. Comunicaciones Ópticas. Ecuador. 44p.
- Instalación de un sistema estadístico de detección de fugas poliducto QUITO – AMBATO.

Internet

"<http://www.Inmarsat.org/Inmarsat>".

"<http://www.antenna.com>".

"<http://www.intelsat.com>".

"<http://www.panamsat.com>".

"<http://www.inmarsat.com>".

<http://www.andew.com/> Catálogos de las Antenas

<http://www.nucomm.com/> Catálogos de equipos de radio

<http://www.fibraoptica.com/> especificaciones y catálogos de las fibras ópticas



ANEXOS

Anexo 1



AW5800x

USER'S MANUAL

Point-to-point

Industrial-grade, ultra-long-range 5.8 GHz line-of-sight wireless Ethernet systems

User's Manual AW5800x

Technical specifications

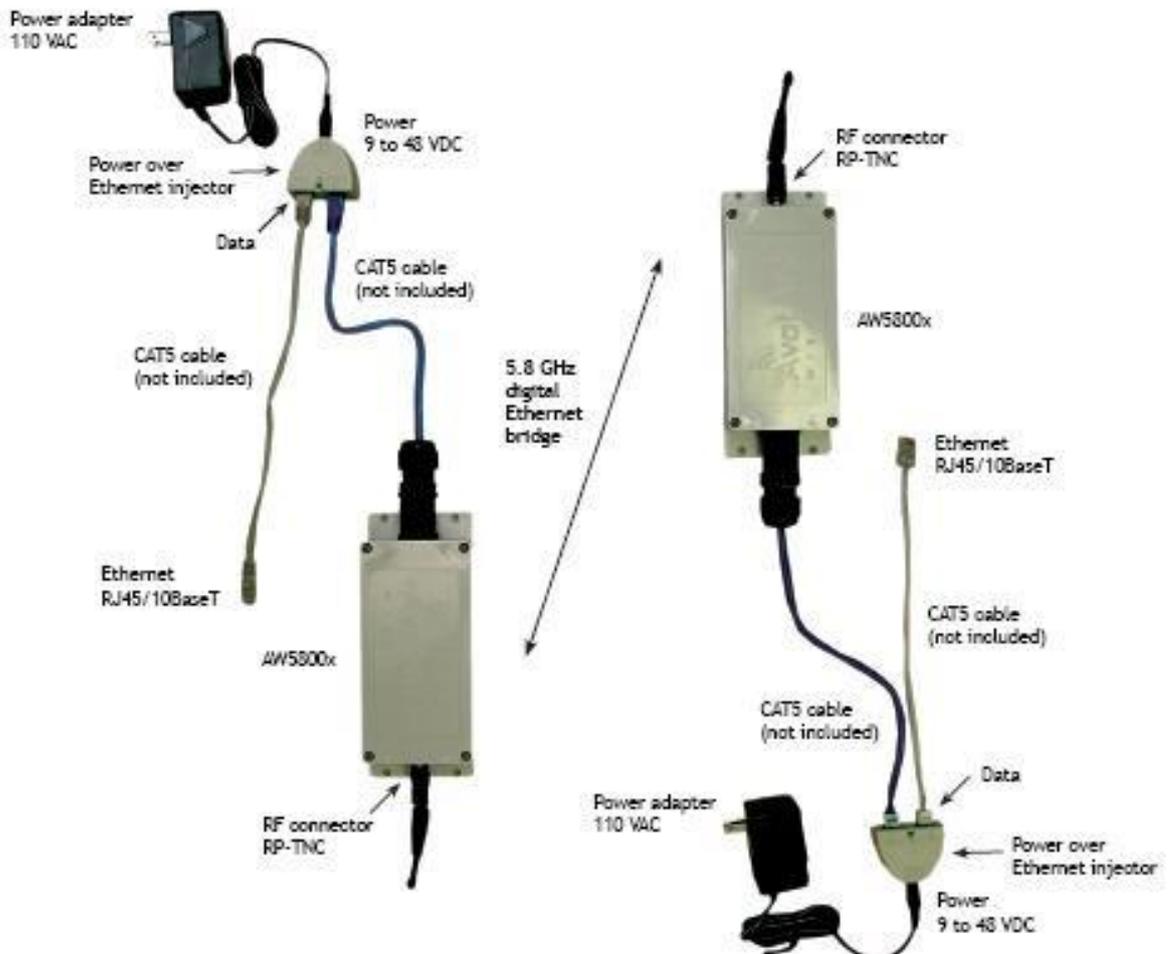
CHARACTERISTIC	SPECIFICATION / DESCRIPTION
RF transmission rate	1.563 Mb/s
Ethernet throughput	1.01 Mb/s
Output power	+21 dBm (20 Watts EIRP used with 23 dBi antennae AW23-5800)
Receive sensitivity	-98 dBm at 10e-4 BER (-121 dBm with 23 dBi antennae AW23-5800)
Radio link budget	128 dB with 5 dBi antenna AW5-5800 164 dB with 23 dBi antennae AW23-5800
Line-of-sight range	1 mile LOS with 5 dBi antenna AW5-5800 40 miles LOS with 23 dBi antennae AW23-5800
Radio channels/bandwidth	50 non-overlapping with 2.0833 MHz spacing and 1.75 MHz occupied bandwidth
Automatic frequency select	Yes – radio channel automatically selected and adaptively optimized
Connector types	RF RPTNC Female / Ethernet RJ45 10BaseT / Power Jack P5-2.1 mm ID
Status LEDs	Power, Ethernet Link, RF RX, RF TX, 6/Channel, and 6/Link Quality
Error correction technique	Sub-block error detection and retransmission
Regulator type	Switching regulator
Power consumption	Transmit: 1.8 W Receive: 1.0 W
Voltage	9-48 VDC at P5 power jack (center positive)
Temperature range	-40° C to 70° C
Transmit current draw	22 mA at 9 VDC, 150 mA at 12 VDC, or 28 mA at 48 VDC
Power over Ethernet	Includes injectors/power supplies
Size	200 x 80 x 55 mm

Quick setup

- 1) Plug in the AW5800x using the supplied injector and power adapter.
- 2) Connect an Ethernet cable from each AW5800x to a network device.
- 3) Send Ethernet traffic. For troubleshooting, see Page 5.

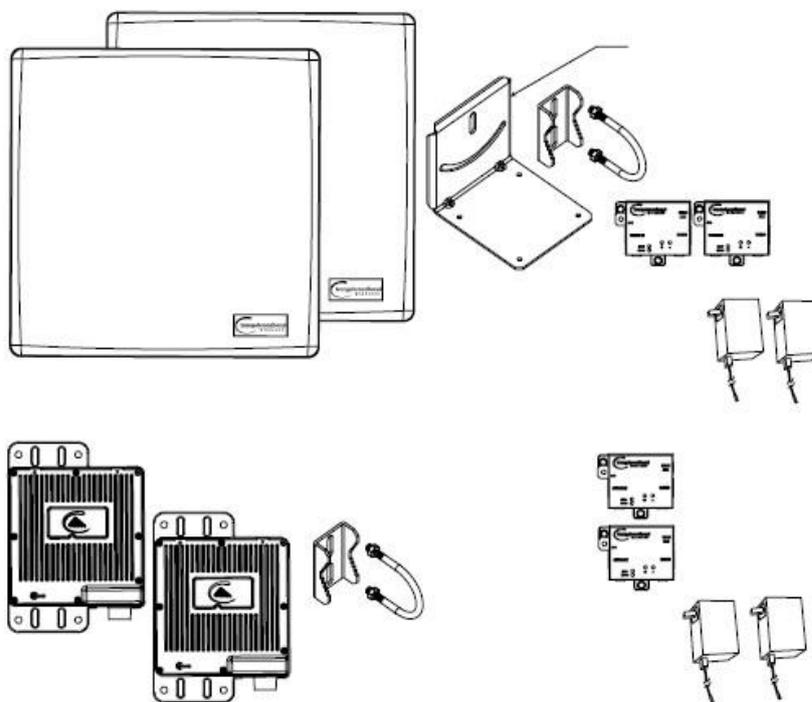
System diagram

Each AW5800x radio automatically selects the best radio channel, encrypts the Ethernet traffic, and transports the data wirelessly to its mate. Any Ethernet device can be connected to the AW5800x. The AW5800x functions in place of an Ethernet cable and provides a transparent wireless point-to-point Ethernet cable replacement. Crossover cables are not necessary as the AW5800x automatically senses the device (client or switch).





TrangoLINK-45™
Point-to-Point
Wireless Ethernet Bridge



Mechanical

Material:	Powdercoated Aluminum case/back with UV Stabilized ABS radome (P5055-19,-23)
Size:	8.5" x 7.75" for P5055M-19-xx 15" x 15" for P5055M-23-xx 5" X 5" for P5055M-EXT -xx
Weight:	P5055M-19-xx: 4 lb P5055M-23-xx: 7 lb P5055M-EXT-xx: 4 lb
Mounting:	Custom pole/flat surface mounting with elevation adjustment.

Environmental

Operating Temp:	-40 to 60 deg C
Storage:	-40 to 85 deg C
Humidity:	100 % when sealed properly
NEMA Rating:	NEMA 4
Shock:	Sustain 3 axis drop from 5 feet

Power Parameters

Input Voltage:	Input voltage range at unit is 15 VDC to 24 VDC max. Power is supplied on Ethernet cable using junction box provided with up to 330 foot 24 AWG STP cable.
Current Cons.:	Max 600 mA in transmit and receive modes using 24 V standard adapter (12 W) with short Ethernet cable from Junction box to radio.

Power Supply

Type:	Switch mode wall mount transformer
Safety:	PSE, UL, CUL, GS
EMI:	FCC Class B, VCC-II, CE
Input:	90 – 255 VAC
Plug Type:	Includes 4 plug blades for to allow use in US, Europe, UK and Australia
Output:	24 VDC +/- 1 V
Max current:	1000 mA

Anexo 2

Antennas

Integrated 19 dBi Antenna (for P5055M-19-xx)

Frequency range:	4950-5850 MHz
Gain:	19 dBi +/- 1 dB
Front/Back Ratio	>30 dB
E-Plane Beamwidth:	> 18 degrees typical
H-Plane Beamwidth:	> 18 degrees typical
Polarization:	Vertical and Horizontal
Port/Port Isolation:	20 dB typ
Cross Pol Rejection:	20 dB typ
VSWR:	<1.7:1
Package:	Aluminum backplate with plastic radome.
Dimensions:	8.5" x 7.75" x 1.25" (216mm x 197mm x 32mm)
Weight:	2 lbs (.91Kg)
Mounting Provisions:	Mounting kit supplied for up to 3" diam pole or flat surface
Azimuth/EI Adjust:	+/-30 degrees
Sealing:	Water tight to 1 meter IEC 529/IP67
Temp Range:	-40 deg F to +160 deg F (-40 deg C to +60 deg C)
Wind speed operational:	100 mph (160 km/hr)
Wind speed survival :	140 mph (220 km/hr)

Integrated 23 dBi Antenna (for P5055M-23-xx)

Frequency range:	4950-5850 MHz
Gain:	23 dBi +/- 1 dB
Front/Back Ratio	>35 dB
E-Plane Beamwidth:	> 9 degrees typical
H-Plane Beamwidth:	> 9 degrees typical
Polarization:	Vertical and Horizontal
Port/Port Isolation:	40 dB typ
Cross Pol Rejection:	25 dB typ
VSWR:	<1.7:1
Package:	Aluminum backplate with plastic radome.
Dimensions:	14.6"x 14.6"x 1.58" (371mm x 371mm x 40mm)
Weight:	5.5 lbs (2.5 kg)
Mounting Provisions:	Mounting kit supplied for up to 3" diam pole or flat surface
Azimuth/EI Adjust:	+/-30 degrees
Sealing:	Water tight to 1 meter IEC 529/IP67
Temp Range:	-40 deg F to +160 deg F (-40 deg C to +60 deg C)
Wind speed operational:	100 mph (160 km/hr)
Wind speed survival :	140 mph (220 km/hr)

FCC Certified External Antennas (for P5055M-EXT-xx)

Radiowaves models:	SPD4-5.2, SPD3-5.2, SPD2-5.2, SPD1-5.2
--------------------	--

EP-PETROECUADOR

MANUAL DE
USUARIO
RADIO ENLACES

FABIAN SEGOVIA

Contenido

1. Introducción	316
2. Revisión de Fluido de Energía Eléctrica	316
3. Revisión de las PT	317
4. Revisión del Sistema de Control Automático	317
5. Revisión del Transmisor y Antenas	318
6. Glosario	319

1. INTRODUCCIÓN

Este manual de usuario que se presenta tiene como finalidad proporcionar un mantenimiento preventivo y correctivo para los nueve enlaces que se posee para el control y monitoreo de las canastillas en el poliducto QUITO-AMBATO.

Se debe tener en cuenta que todo elemento electrónico necesita de un mantenimiento periódico para que se mantenga en un buen estado físico,

mecánico para que brinde un buen funcionamiento al momento de su utilización.

2. REVISIÓN DE FLUIDO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Para empezar con la revisión de funcionamiento de los radio enlaces se debe abrir los armarios en los cuales se encuentra el sistema de respaldo de energía y este procedimiento se realiza de manera inicial en todas las válvulas.

Una vez abierto el armario, con un multímetro se deberá revisar físicamente que se tiene fluido eléctrico con normalidad para que los sistemas se encuentren encendidos y funcionando adecuadamente, a partir de este punto se debe revisar si el banco de baterías se encuentra en buenas condiciones y que está instalado en 8 de las 9 canastillas, en la canastilla que corresponde al Cotopaxi (CAN 6), no se tiene banco de baterías pero como energía alternativa se tiene paneles solares. Una vez que ya se reviso que se tenga energía eléctrica se recomienda revisar los UPS que se tiene instalado como los bancos de baterías.

3. REVISIÓN DE LAS PT

En cada una de las válvulas de las canastillas se tiene instalado las PT que sirven para el monitoreo de la presión que esta atravesando por las válvulas y su unidad de medida esta en PSI, entonces se debe revisar que los visores digitales que se encuentren encendidos continuamente y no tengas falla.

Este es el proceso que envía los datos que se va recolectando para transformarlos con un sistema de control automático y de esta manera serán enviados por medio de la LAN hacia el transmisor y emitido por antena.

4. REVISIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO

Se debe revisar el cableado y el sistema de control automático que se tiene instalado y servirá como base para sustentar que la posible falla se puede originar en otro punto. Es necesario verificar que los sistemas se están alimentando con 24VCD luego de ser transformado de los 110VCA con los que se alimentan inicialmente los equipos.

5. REVISIÓN DEL TRANSMISOR Y ANTENAS

Cuando se tenga la seguridad de que no existe problema en los otros equipos que competen al sistema de control automático, se deberá subir hasta el mástil metálico o poste de hormigón para la revisión física de los equipos, entonces se procede a la exploración de los radios que están instalados en el exterior, destapándolos y chequeando que se encuentren a la máxima potencia, funcionando adecuadamente como lo indica en las especificaciones técnicas de los radios. Se debe revisar el direccionamiento que tienen las antenas como es el azimut y el ángulo de elevación, ya que esa es una de las causas importantes por la cual no se logra tener un enlace óptimo. Para verificar el direccionamiento de las antenas se debe tener un documento en el cual se tenga los ángulos necesarios para la verificación y esto se lo puede conseguir por medio del programa Radio Mobile que gracias a él se obtiene estos parámetros, incluso se tiene los valores óptimos con los que se debería tener los radio enlaces. Se revisa también que las antenas se encuentren ajustadas correctamente porque el viento es otro de los factores que provocan

movimiento y variación en las antenas; la polarización que tienen debe ser la misma en los dos puntos, no se debe olvidar que es una transmisión full dúplex la que se mantiene para el control y monitoreo en todos los puntos de las canastillas.

Otra de las causas y que debe ser revisado es el sistema computarizado que se tiene para el monitoreo que se encuentre correctamente actualizado y en funcionamiento, además de actualizarlo constantemente para no tener inconvenientes futuros.

6. GLOSARIO

Radio Enlace.- Se denomina radio enlace a cualquier interconexión entre los terminales de telecomunicaciones efectuados por ondas electromagnéticas. Si los terminales son fijos, el servicio se lo denomina como tal y si algún terminal es móvil, se lo denomina dentro de los servicios de esas características.

Energía Eléctrica.- Se denomina energía eléctrica a la forma de energía que resulta de la existencia de una diferencia de potencial entre dos puntos, lo que permite establecer una corriente eléctrica entre ambos cuando se los pone en contacto por medio de un conductor eléctrico y obtener trabajo. La energía eléctrica puede transformarse en muchas otras formas de energía, tales como la energía luminosa o luz, la energía mecánica y la energía térmica.

Válvulas.- Las Válvulas son dispositivos mecánicos cuya función es la de controlar los fluidos en un sistema de tuberías. Además las Válvulas como aquel componente de tuberías que permite actuar sobre el fluido por

apertura, cierre u obstrucción parcial de la zona del paso o por derivación o mezcla del mismo.

Banco de Baterías.- Si deseamos obtener una mayor intensidad de corriente, debemos hacer las mismas conexiones (serie, paralelo o serieparalelo) con las baterías. Con lo que formamos un banco de baterías. Estos conjuntos (bancos) de baterías son muy importantes en lugares donde no debe interrumpirse la energía.

Paneles Solares.- Un panel solar es un módulo que aprovecha la energía de la radiación solar. El término comprende a los colectores solares utilizados para producir agua caliente (usualmente doméstica) y a los paneles fotovoltaicos utilizados para generar electricidad.

UPS.- Un UPS es una fuente de suministro eléctrico que posee una batería con el fin de seguir dando energía a un dispositivo en el caso de interrupción eléctrica. Los UPS son llamados en español SAI (Sistema de alimentación ininterrumpida). UPS significa en inglés Uninterruptible Power Supply.

PT.- Dispositivo digital para el monitoreo de la presión que atraviesa por la tubería y su unidad de medida es PSI. Los PT (presión-tiempo), se deriva de las dos principales variables que afectan a la cantidad de combustible que es introducido por ciclo en el sistema de combustible.

Azimut.- Es el ángulo en grados, medido hacia el ESTE desde el NORTE o hacia el OESTE desde el SUR, de la proyección de un cuerpo sobre el horizonte. Para evitar confusiones es importante asegurarse del origen

(norte o sur) empleado. Un par de valores dado en coordenadas de azimut y altitud indican la posición de un objeto en el firmamento local en un momento dado.