

Ing. CAMPOS LONDOÑO DIEGO ARMANDO

# ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y  
ELECTRÓNICA

ANÁLISIS Y DISEÑO DE UNA RED EDUCATIVA  
INALÁMBRICA PARA LAS COMUNIDADES INDÍGENAS DE  
PELILEO

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

CAMPOS LONDOÑO DIEGO ARMANDO  
e-mail: diegocampos@hotmail.es

DIRECTOR: ING. FABIO GONZÁLEZ  
e-mail: fabio.gonzalez@epn.edu.ec

Quito, Septiembre 2010

SEPTIEMBRE, 2010

## **DECLARACIÓN**

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

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

**Diego Armando Campos Londoño**

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Diego Armando Campos Londoño, bajo mi supervisión.

---

Ing. Fabio González  
DIRECTOR DEL PROYECTO

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Ingeniero Fabio González, Director de éste Proyecto de Titulación, su apoyo y aporte fue de gran ayuda para la buena elaboración del mismo.

A quienes contribuyeron con sus conocimientos, ideas y recomendaciones: Pablo, Edison, Frank, Christian y Verito.

## DEDICATORIA

A Mis padres, Pilar y Armando por su apoyo incondicional, este proceso estudiantil no hubiera sido posible sin ustedes.

A mi hermana Adriana quien con su paciencia y apoyo siempre estuvo para brindarme su ayuda.

A mi hermanito Armando.

A mi familia, por su inmenso cariño.

Para mis grandes amigos, mis hermanos, ustedes son un soporte fundamental en mi vida.

## RESUMEN

El presente proyecto de titulación presenta el Análisis y Diseño de una Red Educativa Inalámbrica para las Comunidades Indígenas de Pelileo. Con un enfoque de carácter social, orientado al desarrollo tecnológico de las comunidades del país.

El primer capítulo realiza una introducción de los medios de transmisión y tecnologías de comunicación con el fin de determinar la más idónea para éste proyecto.

El segundo capítulo analiza los requerimientos técnicos del proyecto así como también las localidades que serán beneficiarias del mismo con el fin de realizar un correcto diseño de red tomando en cuenta todos los parámetros necesarios para una posible implementación.

El tercer capítulo se enfoca en el presupuesto integral del proyecto, el mismo que servirá como análisis de los principales costos que deben considerarse en la realización del proyecto.

En el cuarto capítulo se establecen las conclusiones y recomendaciones sobre el desarrollo del Proyecto de titulación.

Para finalizar se tienen los Anexos en los que se señalan normas importantes a considerar en la realización del diseño, así como también características de los equipos de comunicaciones considerados en el diseño.

## **PRESENTACIÓN**

En los tiempos modernos en que vivimos, una de las principales causas del subdesarrollo en los países en la actualidad es la falta de acceso al Internet, el cual limita al aprendizaje tan acelerado que el planeta demanda, razón por la cual es de vital importancia que se realicen proyectos que solventen este tipo de problema.

Es un compromiso con la sociedad y en especial con los sectores más necesitados el contribuir con los conocimientos adquiridos para brindar una solución tecnológica acorde con las necesidades de nuestro entorno. Por lo que el presente Proyecto de Titulación está enfocado a realizar un diseño de una red educativa en función de los requerimientos de un sector en particular, en este caso el Cantón de Pelileo de la Provincia de Tungurahua.

Analizando los aspectos geográficos de la comunidad, se ha llegado a la conclusión que la tecnología que mejor se adapta para ofrecer Internet a los centros educativos es la inalámbrica.

El presente Proyecto de Titulación realiza el estudio de una red educativa inalámbrica mediante la tecnología WiMAX y enlaces Microonda.

## CONTENIDO

ÍNDICE GENERAL.....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XV
ÍNDICE DE TABLAS.....	XXI
RESUMEN.....	VI
PRESENTACIÓN.....	VII

### CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1 GENERALIDADES.....	1
1.2 MEDIOS DE TRANSMISIÓN.....	2
1.2.1 DISPONIBILIDAD DE SERVICIO.....	3
1.2.2 ANCHO DE BANDA.....	4
1.2.3 TIEMPOS DE LATENCIA.....	5
1.2.4 INSTALACIONES Y MANTENIMIENTO.....	6
1.2.5 COSTO KBPS/USD.....	7
1.2.6 CONSIDERACIONES REGULATORIAS.....	7
1.3 TECNOLOGÍAS DE TRANSMISIÓN DE DATOS.....	8

1.4 SELECCIÓN DEL MEDIO DE TRANSMISIÓN.....	9
1.5 TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS.....	10
1.5.1 INTRODUCCIÓN.....	10
1.5.2 TOPOLOGÍAS DE REDES INALÁMBRICAS.....	10
1.5.3 ANÁLISIS DE TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS.....	12
1.5.3.1 HomeRF.....	12
1.5.3.2 HiperLAN.....	12
1.5.3.3 Estándar 802.11 (Wi-Fi).....	12
1.5.3.3.1 Estándar 802.11b.....	13
1.5.3.3.2 Estándar 802.11a.....	13
1.5.3.3.3 Estándar 802.11g.....	14
1.5.3.3.4 Estándar 802.11n.....	14
1.5.3.4 Topología WLAN.....	15
1.5.3.4.1 Red Ad-Hoc.....	15
1.5.3.4.2 Red de Infraestructura.....	16
1.5.4 REDES INALÁMBRICAS DE ÁREA METROPOLITANA.....	17
1.5.4.1 LMDS (Local Multipoint Distribution Service, Servicio de Distribución Local Multipunto).....	17
1.5.4.1.1 Banda de Operación y Cobertura.....	17
1.5.4.1.2 Topología de la Red.....	17
1.5.4.2 WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access).....	18

1.5.4.2.1 Estándar 802.16.....	19
1.5.4.2.1.1 Control de Acceso al Medio.....	19
1.5.4.2.2 Estándar 802.16d – WiMAX Fijo.....	20
1.5.4.2.3 Estándar 802.16d – WiMAX Móvil.....	21
1.5.4.2.4 Arquitectura de Red.....	21
1.6 TECNOLOGÍAS DE TRANSMISIÓN DE REDES INALÁMBRICAS.....	22
1.6.1 TECNOLOGÍA DE ESPECTRO ENSANCHADO POR SECUENCIA DIRECTA (DSSS).....	22
1.6.2 TECNOLOGÍA DE ESPECTRO ENSANCHADO POR SALTO EN FRECUENCIA (FHSS).....	22
1.7 SEGURIDAD EN REDES INALÁMBRICAS.....	22
1.7.1 FILTRADO DE DIRECCIONES MAC .....	23
1.7.2 WEP.....	23
1.7.3 VPN.....	24
1.7.4 802.1x.....	24
1.7.5 WPA.....	25
1.7.6 WPA 2.....	25
1.8 ANTENAS.....	26
1.8.1 INTRODUCCIÓN.....	26
1.8.1.1 Patrones de Radiación.....	26
1.8.1.2 Ganancia.....	26

1.8.1.3 Directividad.....	26
1.8.1.4 Polarización.....	26
1.8.2 TIPOS DE ANTENAS, CARACTERÍSTICAS GENERALES.....	27
1.8.2.1 Antenas Dipolo.....	27
1.8.2.2 Antenas Yagi.....	27
1.8.2.3 Antenas de Panel Plano.....	28
1.8.2.4 Antenas Tipo Grilla.....	28
1.9 SELECCIÓN DE TECNOLOGÍA INALÁMBRICA.....	29
1.9.1 RED DE BACKBONE.....	29
1.9.2 RED DE ACCESO.....	29

## **CAPÍTULO 2: DISEÑO DE LA RED EDUCATIVA**

2.1 OBJETO DEL PROYECTO.....	31
2.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA SOLUCIÓN.....	31
2.2.1 SEGURIDAD DE LA INFORMACIÓN.....	31
2.2.2. DISPONIBILIDAD DE SERVICIOS.....	32
2.2.3 ESCALABILIDAD.....	32
2.2.4 RESPALDO DE LA INFORMACIÓN.....	32
2.3 DISEÑO DE LA RED INALÁMBRICA.....	33
2.3.1 METODOLOGÍA DE DISEÑO.....	33

2.3.2 CONSIDERACIONES TÉCNICAS DEL PROYECTO.....	33
2.3.2.1 Acceso a Internet.....	34
2.3.2.1.1 Interconexión Última Milla.....	34
2.3.2.1.2 Interconexión Internacional hacia el Internet.....	35
2.3.2.1.3 Servicios.....	36
2.3.2.2 Determinación de Nodos e Infraestructura.....	37
2.3.2.2.1 Ubicación de Nodos.....	37
2.3.2.2.2 Infraestructura Física de Nodos.....	40
2.3.2.2.2.1 Torres de Telecomunicaciones.....	40
2.3.2.2.2.2 Sistemas de Puesta a Tierra.....	44
2.3.2.2.2.3 Pararrayos.....	46
2.3.2.2.2.4 Respaldos de Energía.....	46
2.3.2.2.2.5 Terrenos y Casetas de Comunicaciones de Nodos.....	50
2.3.2.2.2.6 Nodo Principal – Palacio Municipal.....	51
2.3.2.2.2.7 Nodos de Acceso.....	54
2.3.2.2.2.8 Infraestructura Física en Centros Educativos.....	54
2.3.2.4 Red Troncal o Red de Backbone.....	56
2.3.2.4.1 Topología.....	56
2.3.2.4.2 Dimensionamiento de Enlaces y Disponibilidad de Servicio.....	57
2.3.2.4.3 Ejemplo de Cálculo de Enlaces.....	57
2.3.2.5 Red de Acceso o Celdas IP.....	64

2.3.2.5.1 Topología.....	64
2.3.2.5.2 Dimensionamiento de Enlaces y Bases Multipunto.....	64
2.3.2.5.3 Perfiles Topográficos.....	65
2.3.2.5.3.1 Enlaces hacia Nodo 4 de Febrero.....	65
2.3.2.5.3.2 Enlaces hacia el Nodo Angamarquillo.....	73
2.3.2.5.3.3 Enlaces hacia el Nodo Cotaló.....	82
2.3.2.5.3.4 Enlaces hacia el Nodo Nitón.....	86
2.3.2.5.3.5 Enlaces hacia el Nodo San Fernando.....	101
2.3.2.5.4 Suscriptores por Nodo.....	105
2.3.2.5.4.1 Nodo 4 de Febrero.....	106
2.3.2.5.4.2 Nodo Angamarquillo.....	107
2.3.2.5.4.3 Nodo Cotaló.....	108
2.3.2.5.4.4 Nodo Nitón.....	109
2.3.2.5.4.5 Nodo San Fernando.....	110
2.3.2.5.5 Diagrama Unifilar de la Red.....	111
2.3.2.5 Servidores.....	112
2.3.2.5.1 Hardware.....	112
2.3.2.5.2 Software.....	112
2.3.2.5.3 Servicios Instalados en Servidores.....	113
2.3.2.6 Diseño Lógico de la Red.....	114
2.3.2.7.1 Direccionamiento y Control IP.....	115

2.3.2.7.2 <i>Prototipo de Configuraciones de la Red</i> .....	117
2.3.2.7.3 <i>Direccionamiento IP</i> .....	119
2.3.2.8 Sistema de Monitoreo.....	120

## **CAPÍTULO 3: PRESUPUESTO DE INSTALACIÓN**

3.1 EVALUACIÓN DE FABRICANTES.....	123
3.1.1 TECNOLOGÍAS.....	123
3.2 PRESUPUESTO INTEGRAL DEL PROYECTO.....	124
3.2.1 Infraestructura del Proyecto.....	124
3.2.2 Flujo.....	142
3.2.2.1 Egresos.....	142
3.2.2.1 Ingresos.....	147

## **CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

4.1 CONCLUSIONES.....	140
4.2 RECOMENDACIONES.....	150

## ÍNDICE DE FIGURAS

### CAPÍTULO 1

Figura 1.1 Topología Punto a Punto.....	11
Figura 1.2 Topología Punto Multipunto.....	11
Figura 1.3 Red Ad-Hoc.....	16
Figura 1.4 Red de Infraestructura.....	16
Figura 1.5 Radio comparativo para la Modulación Adaptativa.....	20
Figura 1.6 Antena Dipolo.....	27
Figura 1.7 Antena Yagi.....	28
Figura 1.8 Antena de Panel Plano.....	28
Figura 1.9 Antena tipo Grilla.....	29

### CAPITULO 2

Figura 2.1 Interconexión de última milla de Internet entre el Municipio de Pelileo y el Proveedor.....	35
Figura 2.2 Vista Satelital de los Nodos.....	39
Figura 2.3 Torre Arriostrada.....	40
Figura 2.4 Torre Arriostrada sobre viga metálica.....	41
Figura 2.5 Torre Auto-soportada .....	41

Figura 2.6 Torres Monopolo.....	42
Figura 2.7 Diseño de Sistema a Tierra (malla triangular).....	45
Figura 2.8 Diseño de Sistema a Tierra (malla horizontal).....	45
Figura 2.9 Diseño de Sistema a Tierra (una varilla).....	45
Figura 2.10 Modelo de Caseta/Caja de Equipos a Instalar en Nodos de Acceso.....	51
Figura 2.11 Propuesta de Distribución del Centro de Cómputo del Nodo de Servicios.....	53
Figura 2.12 Rack de Equipos.....	53
Figura 2.13 Diseño de Instalación Física en Centros Educativos.....	55
Figura 2.14 Diseño de Instalación Física en Centros Educativos – Casos Especiales.....	55
Figura 2.15 Topología Física de la Red de Backbone.....	56
Figura 2.16 Registro de Datos Personales.....	58
Figura 2.17 Ingreso de Datos.....	58
Figura 2.18 Creación de un Nuevo Proyecto para el Cálculo de Enlaces.....	59
Figura 2.19 Creación de Puntos a Enlazar.....	59
Figura 2.20 Ingreso de Datos del Nodo Nitón.....	60
Figura 2.21 Ingreso de Datos del Nodo Palacio Municipal.....	60
Figura 2.22 Selección del Enlace deseado.....	60
Figura 2.23 Solicitud de Cálculo del Enlace.....	61

Figura 2.24 Enlace Nodo Angamarquillo – Palacio Municipal.....	62
Figura 2.25 Enlace Nodo Angamarquillo – Nodo Nitón.....	62
Figura 2.26 Enlace Nodo Nitón – Nodo 4 de Febrero.....	63
Figura 2.27 Enlace Nodo Nitón – Nodo San Fernando.....	63
Figura 2.28 Enlace Nodo San Fernando – Nodo Cotaló.....	64
Figura 2.29 Enlace Nodo 4 de Febrero – 12 de Octubre (Mástil 1m).....	65
Figura 2.30 Enlace Nodo 4 de Febrero - Alberto Gómez (Mástil 1m).....	66
Figura 2.31 Enlace Nodo 4 de Febrero – Camilo Segovia (Mástil 1m).....	66
Figura 2.32 Enlace Nodo 4 de Febrero – Dr. Benigno Malo (Mástil 1m).....	67
Figura 2.33 Enlace Nodo 4 de Febrero – Esc. Abdón Calderón (Mástil 1m).....	67
Figura 2.34 Enlace Nodo 4 de Febrero – Esc. Antonio Clavijo (Mástil 1m).....	68
Figura 2.35 Enlace Nodo 4 de Febrero – Fray Vicente Solano (Mástil 1m).....	68
Figura 2.36 Enlace Nodo 4 de Febrero – Huasimpamba (Mástil 1m).....	69
Figura 2.37 Enlace Nodo 4 de Febrero – Isidro Ayora (Mástil 1m).....	69
Figura 2.38 Enlace Nodo 4 de Febrero – Juan Mantilla (Mástil 1m).....	70
Figura 2.39 Enlace Nodo 4 de Febrero – La Clementina (Mástil 1m).....	70
Figura 2.40 Enlace Nodo 4 de Febrero – Mariana de Jesús (Mástil 1m).....	71
Figura 2.41 Enlace Nodo 4 de Febrero – Rayitos de Luz (Mástil 1m).....	71
Figura 2.42 Enlace Nodo 4 de Febrero - Simón Bolívar (Mástil 1m).....	72
Figura 2.43 Enlace Nodo 4 de Febrero – Tiwintza (Mástil 1m).....	72

Figura 2.44 Enlace Nodo Angamarquillo – Ardillas (Mástil 1m).....	73
Figura 2.45 Enlace Nodo Angamarquillo - Los Trigales (Mástil 1m).....	73
Figura 2.46 Enlace Nodo Angamarquillo - Sergio Núñez (Mástil 1m).....	74
Figura 2.47 Enlace Nodo Angamarquillo - Col. Tec. Los Salasacas (Mástil 1m).....	74
Figura 2.48 Enlace Nodo Angamarquillo – Cumandá (Mástil 1m).....	75
Figura 2.49 Enlace Nodo Angamarquillo - Dr. Jaime Roldós (Mástil 1m).....	75
Figura 2.50 Enlace Nodo Angamarquillo - Escuela Atahualpa (Mástil 2m).....	76
Figura 2.51 Enlace Nodo Angamarquillo - Eugenio Espejo (Mástil 1m).....	76
Figura 2.52 Enlace Nodo Angamarquillo - Fray Bartolomé de las Casas (Mástil 1m)....	77
Figura 2.53 Enlace Nodo Angamarquillo – Intiñán (Mástil 1m).....	77
Figura 2.54 Enlace Nodo Angamarquillo - Juan León Mera (Mástil 1m).....	78
Figura 2.55 Enlace Nodo Angamarquillo - Los Cóndores (Mástil 1m).....	78
Figura 2.56 Enlace Nodo Angamarquillo – Manzanapamba (Mástil 1m).....	79
Figura 2.57 Enlace Nodo Angamarquillo - Mariano Benítez (Mástil 1m).....	79
Figura 2.58 Enlace Nodo Angamarquillo - Rep. del Ecuador: (Mástil 1m).....	80
Figura 2.59 Enlace Nodo Angamarquillo - San Buena Ventura (Mástil 1m).....	80
Figura 2.60 Enlace Nodo Angamarquillo – Feria Artesanal Salasaca (Mástil 1m).....	81
Figura 2.61 Enlace Nodo Angamarquillo – 24 de Julio (Mástil 1m).....	81
Figura 2.62 Enlace Nodo Cotaló – Patronato Municipal (Mástil 1m).....	82
Figura 2.63 Enlace Nodo Cotaló – Unidad Municipal de Turismo (Mástil 1m).....	82
Figura 2.64 Enlace Nodo Cotaló – Complejo Turístico La Cocha (Mástil 1m).....	83

Figura 2.65 Enlace Nodo Cotaló - Ignacio Ramírez (Mástil 1m).....	83
Figura 2.66 Enlace Nodo Cotaló - Oriente (Mástil 1m).....	84
Figura 2.67 Enlace Nodo Cotaló - Padre Seg. Bilbao (Mástil 1m).....	84
Figura 2.68 Enlace Nodo Cotaló - Rep. De Uruguay (Mástil 1m).....	85
Figura 2.69 Enlace Nodo Cotaló - Colegio Popular Cotaló (Mástil 1m).....	85
Figura 2.70 Enlace Nodo Cotaló - Los Jilgueritos: (Mástil 1m).....	86
Figura 2.71 Enlace Nodo Nitón - 4 de Octubre (Mástil 1m).....	86
Figura 2.72 Enlace Nodo Nitón - Colegio Mariano Benítez (Mástil 1m).....	87
Figura 2.73 Enlace Nodo Nitón - Comopolita (Mástil 1m).....	87
Figura 2.74 Enlace Nodo Nitón - Damas Club de Leones (Mástil 1m).....	88
Figura 2.75 Enlace Nodo Nitón - Darío Guevara (Mástil 1m).....	88
Figura 2.76 Enlace Nodo Nitón - Domingo F. Sarmiento (Mástil 1m).....	89
Figura 2.77 Enlace Nodo Nitón - Dr. Mentor Mera (Mástil 1m).....	89
Figura 2.78 Enlace Nodo Nitón - Escuela Gabriela Mistral (Mástil 1m).....	90
Figura 2.79 Enlace Nodo Nitón – Huambaló (Mástil 1m).....	90
Figura 2.80 Enlace Nodo Nitón - Instituto Ignacio Ordóñez (Mástil 1m).....	91
Figura 2.81 Enlace Nodo Nitón - Instituto Pelileo (Mástil 1m).....	91
Figura 2.82 Enlace Nodo Nitón - Juana de Abarbourou (Mástil 1m).....	92
Figura 2.83 Enlace Nodo Nitón - Julio César Sánchez (Mástil 1m).....	92
Figura 2.84 Enlace Nodo Nitón - Liceo Joaquín Arias (Mástil 1m).....	93
Figura 2.85 Enlace Nodo Nitón - Medardo Ángel Silva (Mástil 1m).....	93

Figura 2.86 Enlace Nodo Nitón - Miguel de Cervantes (Mástil 1m).....	94
Figura 2.87 Enlace Nodo Nitón - Miguel Valverde (Mástil 1m).....	94
Figura 2.88 Enlace Nodo Nitón - Mons. Vicente Cisneros (Mástil 1m).....	95
Figura 2.89 Enlace Nodo Nitón - Municipio – Bodega Municipal (Mástil 1m).....	95
Figura 2.90 Enlace Nodo Nitón - Municipio – Camal Municipal (Mástil 1m).....	96
Figura 2.91 Enlace Nodo Nitón - Municipio – Complejo La Moya (Mástil 1m).....	96
Figura 2.92 Enlace Nodo Nitón - Naciones Unidas (Mástil 1m).....	97
Figura 2.93 Enlace Nodo Nitón - Nuevo Amanecer (Mástil 1m).....	97
Figura 2.94 Enlace Nodo Nitón - Palacio Municipal (Mástil 1m).....	98
Figura 2.95 Enlace Nodo Nitón - Pelileo Inmortal (Mástil 1m).....	98
Figura 2.96 Enlace Nodo Nitón - Primera Imprenta (Mástil 1m).....	99
Figura 2.97 Enlace Nodo Nitón - Rep. de Argentina (Mástil 1m).....	99
Figura 2.98 Enlace Nodo Nitón - Unidad Educativa Tungurahua (Mástil 1m).....	100
Figura 2.99 Enlace Nodo Nitón - Juan M Vásconez (Mástil 1m).....	100
Figura 2.100 Enlace Nodo San Fernando - Agustín Constante (Mástil 1m).....	101
Figura 2.101 Enlace Nodo San Fernando - Ana María Samaniego (Mástil 1m).....	101
Figura 2.102 Enlace Nodo San Fernando - Bolivia (Mástil 1m).....	102
Figura 2.103 Enlace Nodo San Fernando - Gnrl. Jervasio Artigas (Mástil 1m).....	102
Figura 2.104 Enlace Nodo San Fernando - Hermano Miguel (Mástil 3m).....	103
Figura 2.105 Enlace Nodo San Fernando - Lago Agrio (Mástil 1m).....	103
Figura 2.106 Enlace Nodo San Fernando - María Larraín (Mástil 1m).....	104

Figura 2.107 Enlace Nodo San Fernando – Valle Hermoso (Mástil 1m).....	104
Figura 2.108 Suscriptores del Nodo 4 de Febrero.....	106
Figura 2.109 Suscriptores del Nodo Angamarquillo.....	107
Figura 2.110 Suscriptores del Nodo Cotaló.....	108
Figura 2.111 Suscriptores del Nodo Nitón.....	109
Figura 2.112 Suscriptores del Nodo San Fernando.....	110
Figura 2.113 Diagrama Unifilar de la Red.....	111
Figura 2.114 Red Metro Ethernet.....	115
Figura 2.115 Diagrama de Conectividad de la Red.....	116
Figura 2.116 Visualización del Monitoreo de la Red.....	121
Figura 2.117 Visualización de Clientes de la Red.....	122

## **CAPÍTULO 3**

Figura 3.1 Detalle de Costo del Proyecto.....	139
Figura 3.2 Resumen del Costo del Proyecto Tipo Columna.....	141
Figura 3.3 Resumen del Costo del Proyecto Tipo Pastel.....	141

## **ÍNDICE DE TABLAS**

## **CAPÍTULO 1**

Tabla 1.1 Estadísticas de disponibilidad basadas en aspectos climáticos asociados al funcionamiento del medio y/o frecuencia de operación.....	4
Tabla 1.2 Velocidades promedios referenciales utilizando tecnologías Tradicionales.....	5
Tabla 1.3 Tiempos de latencia en canal vacío en enlaces promedio de Hasta 4 km.....	6
Tabla 1.4 Infraestructura básica y equipos requeridos para cada medio de Transmisión.....	6
Tabla 1.5 Costos referenciales de un kbps por medio de transmisión.....	7
Tabla 1.6 Análisis del Estándar 802.11b.....	13
Tabla 1.7 Análisis del Estándar 802.11a.....	14
Tabla 1.8 Análisis del Estándar 802.11g.....	14
Tabla 1.9 Análisis del Estándar 802.11n.....	15
Tabla 1.10 Análisis LDMS.....	18
Tabla 1.11 Frecuencias de operación con su modulación y canal respectivo.....	20
Tabla 1.12 Análisis del Estándar 802.16e.....	21

## **CAPÍTULO 2**

Tabla 2.1 Coordenadas Geográficas de los Centros Educativos.....	37
Tabla 2.1 Coordenadas Geográficas de los Centros Educativos (Continuación).....	37
Tabla 2.2 Ubicación de Nodos en el Cantón Pelileo.....	39
Tabla 2.3 Análisis comparativo de costos de las torres mencionadas.....	43
Tabla 2.4 Consumo de Potencia en el Nodo Palacio Municipal.....	47
Tabla 2.5 Consumo de Potencia en el Nodo 4 de Febrero.....	47

Tabla 2.6 Consumo de Potencia en el Nodo Angamarquillo.....	47
Tabla 2.7 Consumo de Potencia en el Nodo Cotaló.....	47
Tabla 2.8 Consumo de Potencia en el Nodo Nitón.....	48
Tabla 2.9 Consumo de Potencia en el Nodo San Fernando.....	48
Tabla 2.10 Análisis de Consumo de Potencia por Nodo.....	48
Tabla 2.11 Número de Baterías por Nodo.....	48
Tabla 2.12 Características Principales de la Red de Backbone.....	57
Tabla 2.13 Dimensionamiento de Enlaces y Bases Multipunto.....	65
Tabla 2.14 Características de la Red.....	119
Tabla 2.15 Asignación de Direcciones IP por Nodo.....	119

## **CAPÍTULO 3**

Tabla 3.1 Datos Generales del Proyecto.....	124
Tabla 3.2 Cantidad de Torres de Telecomunicaciones. ....	124
Tabla 3.3 Polos y Accesorios por Nodo. ....	125
Tabla 3.4 Costo Total de las Torres de Telecomunicaciones. ....	125
Tabla 3.5 Costos de Pararrayos de Nodos. ....	125
Tabla 3.6 Costos de Sistemas a Tierra. ....	126
Tabla 3.7 Costos de Aire Acondicionado y Sistemas de Seguridad. ....	126
Tabla 3.8 Nodo de Distribución de Internet – Municipio de Pelileo. ....	127
Tabla 3.9 Energía Eléctrica en los Nodos. ....	127
Tabla 3.10 Costo de Terrenos para los Nodos. ....	128
Tabla 3.11 Costo de Materiales para los Nodos. ....	128
Tabla 3.12 Costo de Mástiles. ....	129

Tabla 3.13 Costo de Sistemas a Tierra. ....	129
Tabla 3.14 Costo de Bastidores.....	130
Tabla 3.15 Costo de UPS. ....	130
Tabla 3.16 Costo Total de Infraestructura de Centros Educativos. ....	120
Tabla 3.17 Costo de Materiales para los Centros Educativos. ....	131
Tabla 3.18 Costo de Radios Punto a Punto Backbone. ....	131
Tabla 3.19 Costo de Bases Multipunto. ....	131
Tabla 3.20 Costo de Bases Suscriptoras. ....	132
Tabla 3.21 Costo de Puntos de Acceso. ....	132
Tabla 3.22 Costo de Switch. ....	132
Tabla 3.23 Costo de Servidores y PC. ....	133
Tabla 3.24 Costo Herramientas y Equipamiento. ....	133
Tabla 3.25 Costo Capacitaciones. ....	134
Tabla 3.26 Costo de Logística para la Instalación. ....	134
Tabla 3.27 Costo de Regulaciones. ....	135
Tabla 3.28 Costo de Instalaciones del Proveedor. ....	135
Tabla 3.29 Costo de Adjudicación y Seguro. ....	136
Tabla 3.30 Salarios a Empleados. ....	136
Tabla 3.31 Costos de Mantenimiento del Proveedor. ....	137
Tabla 3.32 Costo de Acceso a Internet. ....	137
Tabla 3.33 Imprevistos. ....	137
Tabla 3.34 Detalle del Proyecto. ....	139
Tabla 3.35 Resumen de Costos. ....	140
Tabla 3.36 Egresos. ....	142
Tabla 3.36 Egresos (Continuación). ....	143

Tabla 3.36 Egresos (Continuación). .....	144
Tabla 3.36 Egresos (Continuación). .....	145
Tabla 3.36 Egresos (Continuación).....	146
Tabla 3.37 Ingresos.....	147
Tabla 3.37 Ingresos (Continuación). .....	147
Tabla 3.37 Ingresos (Continuación). .....	147
Tabla 3.37 Ingresos (Continuación). .....	148
Tabla 3.37 Ingresos (Continuación). .....	148
Tabla 3.38 Rentabilidad. ....	148
BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS.....	152

## **ANEXOS**

ANEXO 1: Norma Rohn 25G

ANEXO 2: Norma 17 102 y UNE 21 186

ANEXO 3: Fabricantes

# CAPÍTULO 1

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 GENERALIDADES

La Secretaría Nacional de Telecomunicaciones a través del Fondo de Desarrollo de las Telecomunicaciones FODETEL trabaja en proyectos sociales enfocados a brindar los servicios de Internet a centros educativos de varias provincias del país.

Uno de esos proyectos es **“LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED DE TELECOMUNICACIONES, CONECTIVIDAD Y CONTENIDOS PARA EL CANTON SAN PEDRO DE PELILEO EN LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**

Entre los aspectos importantes a considerar en el diseño de la red basado en los pliegos técnicos del concurso, se tiene los siguientes:

- Al momento no existe ninguna infraestructura instalada en el cantón Pelileo por lo tanto el proyecto incluye el diseño de la infraestructura física y lógica en su totalidad.
- El número de centros educativos beneficiarios del cantón Pelileo son ochenta (80).
- La red de telecomunicaciones puede utilizar el medio de transmisión más adecuado que cumpla con las características técnicas indicadas en la bases.
- Una evaluación financiera del proyecto que sea comparable con el presupuesto asignado al mismo de 616.000 dólares americanos.
- Tiempo de duración del proyecto de cuatro años luego de culminar las etapas de instalación y puesta en marcha.
- Soporte técnico y mantenimiento de la red de telecomunicaciones por el tiempo de duración del proyecto.
- Disponibilidad del servicio de 99.5%.

- Velocidades de acceso de iniciales de 128/64 Kbps para cada centro educativo con una proyección de crecimiento hasta 512/256 Kbps.
- El centro de cómputo principal estará ubicado en el Municipio de Pelileo.

Los cálculos y consideraciones técnicas utilizadas en los análisis de tecnologías y diseños propiamente dichos deberán cumplir estrictamente estándares de telecomunicaciones utilizadas en el Ecuador. De esta manera garantiremos una red de telecomunicaciones estable y con un nivel de disponibilidad adecuado que brinde a los estudiantes de la zona mejores oportunidades educativas cumpliendo de esta manera el objeto social de la red.

## **1.2 MEDIOS DE TRANSMISIÓN**

El medio de transmisión es el camino a través del cual se intercambia la información; generalmente puede ser de dos tipos: alámbrico e inalámbrico.

Al momento de analizar las tecnologías y medios de transmisión de datos se deben considerar ciertos aspectos técnicos y económicos que serán los factores decisivos al realizar un diseño de una red de telecomunicaciones. Estos factores básicos son:

- Disponibilidad del servicio
- Ancho de banda.
- Tiempos de latencia.
- Instalaciones y Mantenimiento.
- Costo o precio de un Kbps.
- Consideraciones regulatorias.

El análisis de tecnologías desarrollada en el presente plan de titulación se basa en un estudio general de tecnologías tradicionales de transmisión de datos como son: enlaces microondas, satelital, cobre, fibra óptica las cuales son base del desarrollo de tecnologías modernas.

### 1.2.1 DISPONIBILIDAD DE SERVICIO

En general el término disponibilidad de servicio se refiere al tiempo promedio medido en % que un servicio está disponible para el usuario durante un periodo de tiempo determinado.

En redes de telecomunicaciones el factor de disponibilidad se lo conoce como FCSR – Factor de Calidad del Servicio de Red, se calcula mensualmente utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{FCSR} = \frac{\text{Número Total de Horas Sin servicio}}{\text{Número Total de Horas Mensuales}}$$

Para el caso específico del proyecto se ha solicitado un factor de disponibilidad del 99,5 % mensual lo cual significa:

Número total de horas mensuales contratados = 30 días x 24 horas

Número total de horas mensuales contratados = 720 horas mensuales

Número total de horas máximo permitida sin servicio = 720 horas x (1-99,5 / 100)

Número total de horas máximo permitida sin servicio = 3,6 horas x mes

El factor de disponibilidad requerido para la red exige como máximo 3,6 horas mensuales sin servicio independiente de labores de mantenimiento planificado y por lo tanto el medio de transmisión a ser utilizado debe cumplir con este factor mínimo de disponibilidad.

Sin embargo aparece la interrogante: ¿Qué influye en la disponibilidad de un medio de transmisión?, entre los factores que tienden a afectar la disponibilidad de un servicio en una red de telecomunicaciones son:

- Aspectos climáticos asociados a la frecuencia de trabajo de los medios de transmisión.
- Interferencias radio eléctricas.
- Fallas en los cálculos y diseños de enlaces.
- Infraestructura eléctrica y protecciones de equipos deficientes
- Instalaciones con un total incumplimiento de estándares.

En la Tabla 1.1 se indica la disponibilidad de medios de transmisión tanto cableados como inalámbricos.

MEDIOS CABLEADOS			MEDIOS INALÁMBRICOS	
Cobre	Coaxial	Fibra Óptica	Satelital	Microondas/Wireless
99,6	99,5	99,8	99,7	99,6

Tabla 1.1 Estadísticas de Disponibilidad Basadas en Aspectos Climáticos Asociados al Funcionamiento del Medio y/o Frecuencia de Operación.

Fuente: Estadísticas Portadora Local – ECUANET.

### 1.2.2 ANCHO DE BANDA

Tradicionalmente en sistemas analógicos, el ancho de banda se define como la longitud medida en Hz del rango de frecuencias en el que se concentra la mayor parte de la potencia de la señal. Puede ser calculado a partir de una señal temporal mediante el análisis de Fourier

En sistemas digitales, el ancho de banda digital es la cantidad de datos que pueden ser transportados por algún medio en un determinado período de tiempo (generalmente segundos). Por lo tanto a mayor ancho de banda, mayor transferencia de datos por unidad de tiempo (mayor velocidad). En redes, como Internet el ancho de banda es expresado en bits por segundo (bps) o también en bytes por segundos.

La Tabla 1.2 nos muestra las velocidades promedio en los diferentes medios de transmisión.

MEDIOS CABLEADOS			MEDIOS INALÁMBRICOS	
Cobre	Coaxial	Fibra Óptica	Satelital	Microondas/ Wireless
2 Mbps	2 Mbps	10 Gbps	Rx: 70 Mbps Tx: 10 Mbps	100 Mbps

Tabla 1.2 Velocidades Promedios Referenciales Utilizando Tecnologías Tradicionales.

Fuente: Memorias Técnicas ECUANET.

En el presente estudio se evaluará la flexibilidad de incrementar el ancho de banda sin afectaciones técnicas y con el mínimo impacto financiero.

### 1.2.3 TIEMPOS DE LATENCIA

Es un parámetro medido en segundos (milisegundos) que evalúa el tiempo que se demora un paquete en ir hacia un destino y regresar hacia el origen en un canal vacío. Generalmente es a través del protocolo ICMP (ping) que se evalúa este parámetro.

La importancia de este parámetro radica en que la tendencia de la tecnología es acceder en menos tiempo a los recursos de las redes y es por ello que han aparecido medios de transmisión como la fibra óptica que han reducido a valores mínimos los tiempos de acceso.

Sin embargo, no siempre las condiciones geográficas o de infraestructura tecnológica de ciertas zonas del país permiten disponer de estos medios de transmisión “veloces” y con lo cual se ve obligado a utilizar medios de transmisión con tiempos de respuestas “elevados”. En la Tabla 1.3 se detalla la latencia en los medios de transmisión que fueron obtenidas en pruebas de laboratorio de la empresa portadora.

MEDIOS CABLEADOS			MEDIOS INALÁMBRICOS	
Cobre	Coaxial	Fibra Óptica	Satelital	Microondas/Wireless
20 ms	10 ms	1 ms	500 ms	20 – 30 ms

Tabla 1.3 Tiempos de Latencia en Canal Vacío en enlaces promedio de hasta 4 km.

Fuente: Pruebas de laboratorio y Memorias técnicas ECUANET.

#### 1.2.4 INSTALACIONES Y MANTENIMIENTO

Cada medio de transmisión requiere de infraestructura específica apropiada para su instalación, un nivel de preparación de los técnicos y equipos especializados. Adicionalmente es importante identificar las condiciones geográficas de los sitios que permitan utilizar un determinado medio.

La Tabla 1.4 detalla un análisis de la infraestructura mínima y equipamiento especializado que se necesita en diferentes tipos de medios de transmisión:

DETALLE	MEDIOS CABLEADOS O ALÁMBRICOS			MEDIOS INALÁMBRICOS	
	Cobre	Coaxial	Fibra Óptica	Satelital	Microondas/Wireless
INFRAESTRUCTURA BÁSICA	Módems, regletas telefónicas, protectores. Postes de alumbrado o ductería subterránea.	Módems, amplificadores, splitter, acopladores. Postes de alumbrado o ductería subterránea	Modem, ODF, mangas, fibra óptica. Postes de alumbrado o ductería subterránea	Estación terrena	Torres o mástiles. Antenas microondas y accesorios.
EQUIPAMIENTO ESPECIALIZADO	Detectores de tonos, microteléfono	Medidores de potencia	Fusionadora. OTDR	Analizador de espectros.	Analizador de espectros. Medidor de BERT.

Tabla 1.4 Infraestructura Básica y Equipos Requeridos Para cada Medio de Transmisión.

Fuente: Pruebas de Laboratorio y Memorias Técnicas ECUANET.

### 1.2.5 COSTO KBPS/USD

Un factor importante para decidir sobre la utilización de un medio de transmisión es el costo recurrente mensual o anual que tendrá dicho servicio en función del costo de un Kbps, en la Tabla 1.5 se menciona este valor:

MEDIOS CABLEADOS			MEDIOS INALÁMBRICOS	
Cobre	Coaxial	Fibra Óptica	Satelital	Microondas/Wireless
0,15 USD/Kbps	0,15 USD/Kbps	0,15 USD/Kbps	3 USD/Kbps	0,80 USD/Kbps

Tabla 1.5 Costos Referenciales de un kbps por Medio de Transmisión.

Fuente: Pruebas de Laboratorio y Memorias Técnicas ECUANET.

### 1.2.6 CONSIDERACIONES REGULATORIAS

Los permisos de operación de redes de telecomunicaciones constituyen los documentos habilitantes legalmente reconocidos por la Constitución del Ecuador que autorizan la operación de una red de telecomunicaciones.

Para el proyecto en estudio existen dos formas legales de implementar la red de telecomunicaciones:

a) **Permisos de Portador y Valor Agregado.**- Estos permisos son gestionados ante la Secretaria Nacional de Telecomunicaciones. El primero permite la instalación y comercialización de canales de datos mediante los diversos medios de transmisión: microondas, satelital, fibra óptica y cobre. El segundo permite la comercialización de servicios de Internet.

Estos tipos de permisos tienen las compañías portadoras o carriers como por ejemplo: CNT, Telconet, Ecuanel, entre otros. Legalmente cualquier persona natural o jurídica puede presentar los trámites de gestión de estas licencias de operación.

b) **Red privada.**- Es un permiso de operación de una red que tiene un único fin de interconectar varios puntos fijos y no se puede comercializar servicios a través de ella. Igual que el anterior, los permisos son concedidos por la Secretaria Nacional de Telecomunicaciones y pueden ser solicitados por personas naturales o jurídicas.

Para el presente plan de titulación la opción de red privada es muy aplicable ya que está destinada a un solo objeto social de servicio de Internet a ochenta centros educativos de Pelileo.

### **1.3 TECNOLOGÍAS DE TRANSMISIÓN DE DATOS**

La tecnología de transmisión de datos se conoce a la forma y reglas de procesamiento (transmisión y recepción) de la información a través del medio de transmisión.

Entre las tecnologías de transmisión más utilizadas son: Clear Channel, Frame Relay, ATM. Estas han sido reemplazadas por soluciones IP en interfaces Ethernet, Fast Ethernet y Gigabit Ethernet a través de sus estándares IEEE 802.3x

La tendencia tecnológica de las redes modernas ha desarrollado soluciones basadas en el protocolo IP sobre la cual puedan transportarse aplicaciones en tiempo real como la voz y video; y aplicaciones en tiempo no real como los datos.

La flexibilidad de la tecnología IP ha permitido obtener mayores anchos de banda sobre interfaces IEEE 802.3x siendo la única limitante la capacidad física y lógica del medio de transmisión.

Desde este punto de vista la red a ser diseñada utilizara como tecnología de transmisión de datos el protocolo IP.

## 1.4 SELECCIÓN DEL MEDIO DE TRANSMISIÓN

En los numerales anteriores se analizó los factores determinantes para la selección del medio de transmisión a utilizar en el diseño de la red, en función del cual se tiene las siguientes premisas:

- a) Se ha definido estandarizar en uno o máximo dos medios de transmisión el diseño de tal forma que las labores de mantenimiento y soporte técnico sean controladas y planificadas adecuadamente. La mezcla de tecnologías implicaría la inversión múltiple en personal y equipos especializados para cada medio.
- b) Los centros educativos beneficiarios del proyecto están ubicados en zonas rurales carentes de infraestructura adecuada para instalación de medios de transmisión alámbricos como son fibra, cobre, coaxial. En unos casos no existen los postes necesarios y en otros no existe ductos subterráneos.
- c) Un análisis del costo de Kbps/USD se tiene que en canales satelitales son sumamente elevados en una relación de 10:1 con respecto al resto de medios de transmisión.
- d) Se toma en cuenta el presupuesto referencial asignado al proyecto como base para seleccionar el medio de transmisión que requiera de menos inversión pero que brinde la calidad exigida en los requerimientos del proyecto.

En definitiva la opción tecnológica como medio de transmisión a ser analizada es la tecnología radial o microondas. En casos excepcionales en los cuales la línea de vista hacia un centro educativo sea obstruida totalmente y los tamaños de torres de telecomunicaciones excedan el cumplimiento de estándares se procederá a utilizar canales satelitales.

## 1.5 TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS

### 1.5.1 INTRODUCCIÓN

Los enlaces inalámbricos utilizan como medio de difusión de las señales el aire y que mediante procesos de modulación permite transportar la información de un sitio a otro.

La información a ser transportada usa frecuencias de trabajo las cuales legalmente en el Ecuador están definidas como:

a) **Bandas no licenciadas.**- Son bandas de frecuencias que libremente pueden ser utilizadas, previo los registros en los organismos de control y regularización del país. Las frecuencias de trabajo son: 900 MHz, 2,4 GHz y 5 GHz.

b) **Bandas licenciadas.**- Son bandas de frecuencias que son concesionadas a las personas naturales o jurídicas que pueden ser objeto de concesión. Son normalmente las bandas comprendidas en 1,5 GHz; 6 GHz, 7 GHz, 15 GHz, 23 GHz.

En ambos casos el estado ecuatoriano exige un pago mensual por uso del espectro radioeléctricos siendo las bandas no licenciadas las más económicas comparadas con bandas licenciadas. Bajo este punto de vista se utilizarán bandas no licenciadas. La determinación de la frecuencia estará en función de los anchos de bandas requeridos y las mediciones de interferencia de los nodos a ser utilizados como punto de repetición de la red.

### 1.5.2 TOPOLOGÍAS DE REDES INALÁMBRICAS

Existen dos topologías tradicionales en redes inalámbricas que son:

a) **Punto a Punto.**- Es una topología en la cual se enlaza dos puntos únicos en la red. No existen derivaciones de señal y normalmente son utilizados para la red

de backbone de la red de telecomunicaciones. La Figura 1.1 indica esta topología.

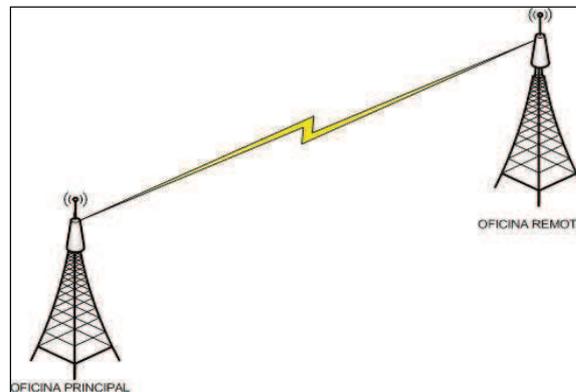


Figura 1.1 Topología Punto a Punto.

- b) **Punto a Multipunto.**- Es una topología en la cual se utiliza un punto central denominado BASE o RADIO MASTER y al cual se enlazan varios puntos únicos de la red dentro de un área de cobertura como lo indica la Figura 1.2.

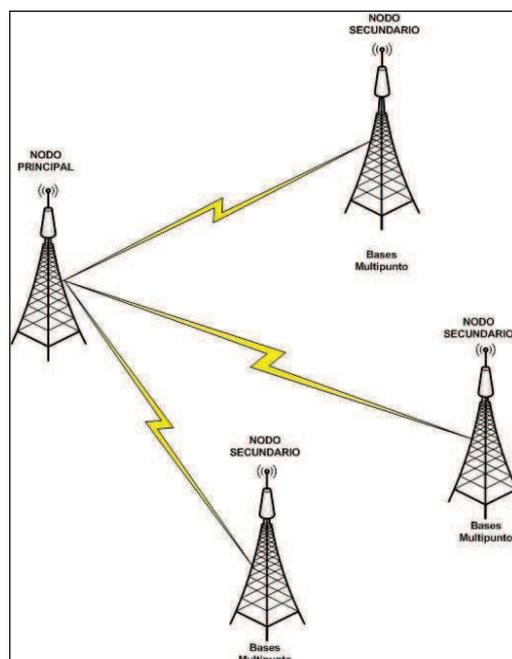


Figura 1.2 Topología Punto Multipunto.

### **1.5.3 ANÁLISIS DE TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS**

El medio de transmisión de una red inalámbrica es a través de ondas electromagnéticas, donde la información viaja por el aire como medio inalámbrico uniendo los diferentes dispositivos que forman parte de la red.

Se puede considerar a una WLAN como un complemento de una red local que utiliza como medio de transmisión cables, haciendo así una red más robusta y eficiente, proporcionando movilidad.

#### **1.5.3.1 HomeRF**

Creada en 1998, HOMERF (Home Radio Frequency, “Radiofrecuencia del Hogar”), para desarrollar un sistema de red inalámbrica para el hogar. Se tienen 3 versiones en este grupo de trabajo, con su última versión se alcanzan velocidades de hasta 40 Mbps. HOMERF utiliza FHSS.

#### **1.5.3.2 HiperLAN**

HiperLAN (High-Performance Radio Local Area Network, “Red de Área Local de Radio de Alto Rendimiento”). Dispone de 2 versiones que trabajan en la banda de frecuencias de los 5 GHz, permite accesos de alta velocidad, como Redes ATM, IEEE 1394, Redes IP. Alcanza velocidades de transmisión de 54 Mbps Utilizando OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing, “Multiplexado Ortogonal por División de Frecuencia”).

#### **1.5.3.3 Estándar 802.11 (Wi-Fi)**

Las Redes Inalámbricas de Área Local (WLAN) por muchos años empleaban soluciones que eran particulares de cada fabricante, con su gran desventaja de no permitir interconectar equipos de diferentes fabricantes, lo cual obligaba al cliente a trabajar con un mismo fabricante lo cual era un limitante tecnológico.

Estos inconvenientes fueron solucionados creando un sistema normalizado que sea común para todos los fabricantes, este sistema es el creado por el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) y se le conoce con el nombre de Wi-Fi (Wireless Fidelity, “Fidelidad Inalámbrica”).

Wi-Fi permite alcanzar velocidades de 11, 22, 54 Mbps.

Emplea dos tipos de tecnologías de espectro ensanchado, por salto de frecuencia (FHSS) y secuencia directa (DSSS), con el fin de que la señal transmitida pueda ser adecuadamente recibida y decodificada en presencia de ruido.

Este protocolo define el uso en las dos primeras capas del modelo OSI, es decir, la capa física y de enlace de datos.

#### **1.5.3.3.1 Estándar 802.11b**

Tiene sus orígenes en 1999, es un estándar de redes WLAN, con una transmisión de datos de hasta 11 Mbps, trabaja en la frecuencia de los 2,4 GHz (banda no licenciada de radio frecuencia), su mayor uso es en redes domésticas. La Tabla 1.6 presenta un análisis de las características generales del estándar.

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Su tecnología está basada en un estándar internacional, su uso no requiere de asignación de frecuencias, rango de señal bueno, aplicaciones a muy bajo costo.	Debido a que opera en una banda no licenciada está expuesta a interferencias de equipos electrónicos que operen en esta banda de los 2,4 GHz y tiene un número máximo de usuarios que puedan trabajar simultáneamente.

Tabla 1.6 Análisis del Estándar 802.11b.

#### **1.5.3.3.2 Estándar 802.11a**

Este estándar es una mejora del mencionado anteriormente, presenta una mejora en la transmisión de datos, soportando velocidades de hasta 54 Mbps, trabaja en

la frecuencia de los 5,4 GHz. La Tabla 1.7 muestra un análisis de las características generales del estándar.

Ventajas	Desventajas
Está expuesta a menos interferencias ya que hay un menor número de equipos que operan en esta banda, soporta velocidades más altas y el número de usuarios que pueden operar simultáneamente incrementa.	Rango de señal bajo, debido a trabajar a una mayor frecuencia la señal presenta mayor dificultad de atravesar obstáculos, tecnología de alto costo e incompatible con 802.11 b.

Tabla 1.7 Análisis del Estándar 802.11a.

#### 1.5.3.3.3 *Estándar 802.11g*

Aprovecha las mejores características de los dos estándares mencionados anteriormente. Alcanza velocidades de hasta 54 Mbps y utiliza la banda de frecuencia de 2,4 GHz, en la Tabla 1.8 se indican las características generales del estándar.

Ventajas	Desventajas
Incrementa el número de usuarios simultáneos, rango de señal bueno, compatible con el estándar 802.11 b por trabajar en la misma frecuencia.	Se expone a las interferencias de la banda de los 2,4 GHz.

Tabla 1.8 Análisis del Estándar 802.11g.

#### 1.5.3.3.4 *Estándar 802.11n*

Este estándar trabaja tanto en la banda de 2,4 GHz como en la de 5,4 GHz. Es capaz de ofrecer velocidades de hasta 300 Mbps. En la tabla 1.9 se indican características generales del mismo.

Ventajas	Desventajas
Hará que las redes WLAN tengan un mejor rendimiento, buen despliegue de redes WLAN escalables.	Se expone a las interferencias de la banda de los 2,4 GHz y 5,4 GHz.

Tabla 1.9 Análisis del Estándar 802.11n.

### 1.5.3.4 Topología WLAN

Estas redes inalámbricas pueden estar formadas con o sin un punto de acceso que es lo que determina su topología, esto determina si es una red Ad-hoc o una red de infraestructura.

#### 1.5.3.4.1 Red Ad-Hoc

Esta red establece una comunicación directa entre los dispositivos que forman parte de la red mediante un identificador único aleatorio que es la dirección MAC que es generado por la tarjeta inalámbrica que inicia la conversación. Una vez activada la tarjeta inalámbrica esta permanece en un modo escucha permaneciendo por 6 segundos localizando algún canal en el que se encuentre una conversación activa con el fin de formar parte de la misma, si no encuentra una conversación activa este dispositivo crea una nueva comunicación con el fin de que otros equipos se conecten a él.

Todos los dispositivos conectados entre sí deben ser configurados con un mismo identificador de servicio básico conocido como BSSID.

Este tipo de topología soporta un máximo de 256 usuarios y la forma de la red se indica en la Figura 1.3.

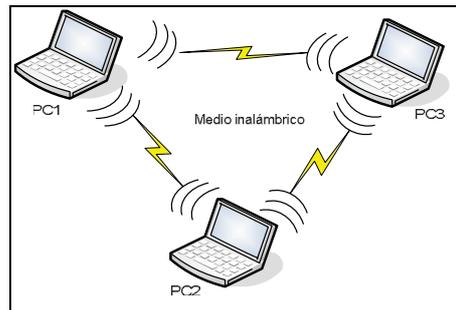


Figura 1.3 Red Ad-Hoc

#### 1.5.3.4.2 Red de Infraestructura

Este tipo de red es una ampliación de una red existente cableada a dispositivos inalámbricos mediante un punto de acceso, el cual es el encargado de establecer la conexión entre el medio cableado e inalámbrico, eso si considerando el rango de cobertura que tenga el mismo.

La dirección MAC que identificará la comunicación será la MAC del punto de acceso. Este tipo de topología soporta un máximo de 2048 usuarios y su esquema de red se indica en la Figura 1.4.

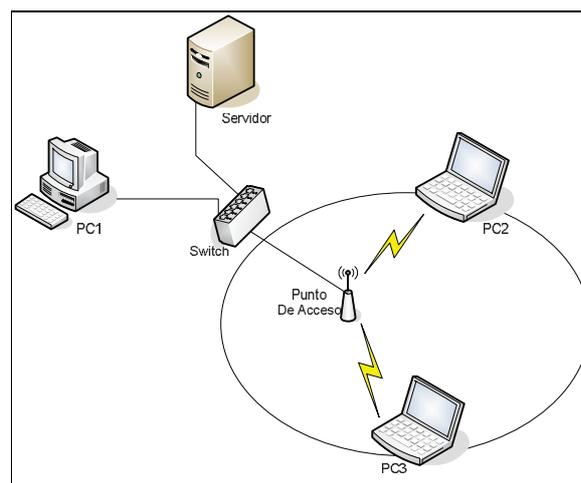


Figura 1.4 Red de Infraestructura.

## **1.5.4 REDES INALÁMBRICAS DE ÁREA METROPOLITANA (WMAN)**

### **1.5.4.1 LMDS (Local Multipoint Distribution Service, Servicio de Distribución Local Multipunto)**

LMDS es un sistema de comunicación inalámbrica de banda ancha punto-multipunto, los sistemas LMDS emplean una arquitectura de red basada en celdas, por esta razón los servicios que se prestan son fijos y no móviles.

Su acrónimo se deriva de:

**L** (local): hace referencia a la propagación de la señal en la que el rango de frecuencias limita el potencial de área de cobertura de una sola celda.

**M** (multipunto): se refiere a que la señal es transmitida de uno a varios puntos, donde el enlace entre el usuario y la estación base es una transmisión que se genera de forma punto a punto.

**D** (distribución): indica la distribución de las señales, pueden consistir de tráfico simultáneo de voz, Internet, datos y video.

**S** (servicio): es el servicio que se ofrece dentro de una red LMDS y que dependen del acuerdo entre el abonado y el operador.

#### ***1.5.4.1.1 Bandas de Operación y Cobertura***

Opera en las bandas de frecuencia de los 2.4 o 5.0 GHz (dependiendo del país en que se opere).

En cuanto a su cobertura, se divide en celdas de varios kilómetros de radio:

- [3 – 9] Km en la banda de los 2.4 GHz.
- [1 – 3] Km en la banda de los 4 GHz.

#### ***1.5.4.1.2 Topología de la Red***

En los sistemas LMDS se puede diseñar distintas arquitecturas de red. Los diseños más utilizados por los operadores es el acceso inalámbrico punto-

multipunto, se pueden también proveer sistemas punto-punto y sistemas de distribución de televisión con LMDS. La Tabla 1.10 nos muestra ventajas y desventajas de esta topología.

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bajos costos de instalación.</li> <li>• Sistema fácilmente escalable.</li> <li>• Mantenimiento, manejo y costos de operación de bajo costo.</li> <li>• Velocidades de acceso de hasta 8 Mbps, en distancias cortas se puede transmitir información hasta 1 Gbps.</li> <li>• Integración de servicios en los que se incluyen voz, datos, Internet y video.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se requiere de línea de vista entre la estación base y el abonado remoto.</li> <li>• Las condiciones climáticas como la lluvia ocasionan una disminución de la señal.</li> <li>• Alcance máximo de 12 Km.</li> </ul>

Tabla 1.10 Análisis LDMS.

#### 1.5.4.2 WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access)

WiMAX es el nuevo estándar de transmisión inalámbrica, brindando accesos de hasta 48 Km de radio con transmisiones de datos de hasta 70 Mbps. Pertenece a la familia de estándares IEEE 802.16.

Es una tecnología que permite alcanzar altas tasas de transferencia de información, ya que se emplea la técnica de antenas MIMO (Multiple In – Multiple Out), esta técnica es un arreglo de antenas en las que varias transmiten y reciben la señal, soporta hasta 63 Mbps de bajada y 28 Mbps de subida en canales de 10 MHz.

Garantiza calidad de servicio (QoS), se tiene bajo retardo para transmisiones de video y sonido.

Es escalable, soporta canales de ancho de banda flexibles, es decir, si a un operador se le asigna de ancho de banda 20 MHz, puede ser dividido en dos canales de 10 MHz cada uno o a la vez en cuatro canales de 5 MHz cada uno.

En cuanto a la seguridad WiMAX presenta:

- Autenticación dispositivo/usuario.
- Protocolos de administración.
- Encriptación de tráfico.
- Control y gestión de protección de mensajes.
- Protocolos de optimización para handoffs rápidos.

#### ***1.5.4.2.1 Estándar 802.16***

Al utilizar como medio de transmisión el aire, se presentan dificultades tanto en atenuación y distorsión de la señal esto debido a las interferencias que se pueden tener en dicho medio. Por este motivo el estándar 802.16 incluye métodos con el fin de hacer más eficientes los enlaces en los que no hay línea de vista óptima.

##### ***1.5.4.2.1.1 Control de Acceso al Medio***

En cuanto al control de acceso al medio (MAC) y en función de los requerimientos del cliente, nos provee de diferentes tipos de calidad de servicio. En cuanto a la transmisión de voz y video se tiene una baja latencia y una pequeña tasa de error es aceptable. En cambio en la transmisión de datos la latencia no es un problema pero no se tolera errores. Por lo que este estándar integra transmisiones de voz, video y datos empleando características apropiadas de la capa MAC, ya que resulta mucho mejor que hacerlo en capas superiores.

802.16 soporta modulación adaptativa, es decir se pueden ajustar los diferentes esquemas de modulación según las condiciones de señal a ruido que se tengan en el radio enlace, si el enlace de radio tiene una calidad alta entonces es usada la modulación más alta, brindando al sistema una mayor capacidad. Por el contrario, si se presenta un desvanecimiento en la señal este sistema adapta la señal a un esquema de modulación menor con el fin de mantener la calidad y la estabilidad del enlace. El estándar soporta sistemas de duplexación tanto en el

tiempo (TDD) como en frecuencia (FDD), La Figura 1.5 muestra una comparación para este tipo de modulación.

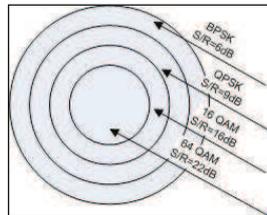


Figura 1.5 Radio comparativo para la Modulación Adaptativa.

a) **FDD (Frequency Division Duplex)**.- Es usado en telefonía celular en el que se necesitan de dos canales tanto para recepción como transmisión y con una separación para no tener interferencia.

b) **TDD (Time Division Duplex)**.- emplea un solo canal tanto para la recepción como la transmisión, esto debido a ser secuenciales y no simultáneos.

#### 1.5.4.2.2 Estándar 802.16d - WiMAX Fijo

Se basa en IEEE 802.16 y ETSI HyperMAN, este estándar se desarrolla para trabajar en bandas no licenciadas y licenciadas entre 2 y 11 GHz en sistemas LOS y NLOS tanto para conexiones punto a punto como punto – multipunto.

Específicamente esta tecnología opera en las bandas comprendidas entre 3.5 GHz y 5.8 GHz. Emplea modulación OFDM con 256 portadoras. La Tabla 1.11 nos muestra las frecuencias de operación con su respectiva modulación y canalización.

Frecuencia [MHz]	Multiplexación	Canales [MHz]
3400 – 3600	TDD	3.5
3400 – 3600	FDD	3.5
3400 – 3600	TDD	7
3400 – 3600	FDD	7
5725 - 5850	TDD	10

Tabla 1.11 Frecuencias de operación con su modulación y canal respectivo.

#### **1.5.4.2.3 Estándar 802.16e – WiMAX Móvil**

802.16e nos ofrece movilidad, esta tecnología de acceso de radio emplea en su interfaz de aire SOFDMA (Scalable Orthogonal Frequency Division Multiple Access), este método de acceso hace referencia a la capacidad de soportar canales con ancho de banda escalables desde 1.25 MHz a 20 MHz.

Entre las características más importantes se puede mencionar a sus tasas de transferencia altas, calidad de servicio (QoS), escalabilidad, seguridad y movilidad.

#### **1.5.4.2.4 Arquitectura de la Red**

WiMAX está basada en la plataforma todo IP (ALL-IP), es decir, en conmutación de paquetes de extremo a extremo.

La red WiMAX tiene un amplio rango de implementación, brinda una cobertura y capacidad de radio para sectores densos o poco poblados. Soporta varios tipos de topologías, en la misma red se puede tener servicios fijos y móviles, puede trabajar tanto en bandas licenciadas como no licenciadas pero se tiene mayor uso en la licenciadas. La Tabla 1.12 nos muestra ventajas y desventajas del estándar.

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Instalación más económica en relación a montar una infraestructura cableada.</li> <li>• Gran rendimiento de la red.</li> <li>• No es necesario tener línea de vista directa para su conexión.</li> <li>• Permite el acceso de última milla en áreas remotas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alto consumo de energía en los dispositivos.</li> <li>• Potencia limitada, lo que podría ser susceptible a interferencias.</li> </ul>

Tabla 1.12 Análisis del Estándar 802.16e.

## **1.6 TECNOLOGÍAS DE TRANSMISIÓN DE REDES INALÁMBRICAS**

### **1.6.1 TECNOLOGÍA DE ESPECTRO ENSANCHADO POR SECUENCIA DIRECTA (DSSS)**

Utiliza un código expandido redundante para transmitir bits de datos llamado Chipping Code, es un patrón de bits que reemplaza a los bits originales transmitidos, permite la corrección de errores, presenta menos interferencia y la frecuencia de ancho de banda es compartida.

### **1.6.2 TECNOLOGÍA DE ESPECTRO ENSANCHADO POR SALTO EN FRECUENCIA (FHSS)**

Utiliza rangos de frecuencias que cambian durante la transmisión (Hopping Code, “Código de salto o cambio”), si una frecuencia en particular presenta interferencia, entonces esa parte de la señal será transmitida en la próxima frecuencia indicada por el hopping code.

## **1.7 SEGURIDAD EN REDES INALÁMBRICAS**

La seguridad en las redes inalámbricas es de alta importancia, debido a que cualquier dispositivo que se encuentre dentro del rango de una determinada red podría tener acceso a la misma, lo cual es una gran desventaja ya que este usuario del dispositivo, intencionalmente o no puede ingresar a la red no solamente para ingresar de manera gratuita al Internet, sino también se convertiría en una amenaza haciendo un uso inapropiado o ilegal de la red a la cual ingresa. Por los motivos señalados es de vital importancia realizar una adecuada configuración de los puntos de acceso inalámbricos. A continuación se presentarán métodos que permitan una configuración segura de estos puntos.

### 1.7.1 FILTRADO DE DIRECCIONES MAC

Este método tiene en los puntos de acceso inalámbrico una tabla de datos en la que contiene las direcciones MAC (Media Access Control) de las tarjetas de red inalámbricas que van a formar parte de la red, por lo que un equipo puede autenticarse debido a que las tarjetas de red poseen una única dirección MAC. Este método tiene como ventaja su sencillez, se puede emplear en redes considerablemente pequeñas. Sin embargo para redes grandes presenta muchos inconvenientes como por ejemplo:

- Mal escalamiento, si aumentan o disminuyen el número de equipo es necesario realizar una actualización en las tablas de direcciones, convirtiéndose así en un proceso tedioso.
- Complicada manipulación de las tablas, el formato de las direcciones MAC es hexadecimal y se podría cometer errores en la edición de las tablas.
- Estas direcciones MAC no son cifradas al viajar por el medio, razón por la cual se tornan vulnerables si un agente externo a la red captura estas direcciones y las utiliza en la tarjeta de su dispositivo.

Es un método que no garantiza seguridad ya que no posee ningún mecanismo de cifrado de la información.

### 1.7.2 WEP

Wired Equivalent Privacy (Privacidad Equivalente al Cable). WEP utiliza un cifrado de datos, opera en la capa dos del modelo OSI. EL mecanismo es el siguiente:

- A la trama en claro se le agrega un código de integridad (Integrity Check Value, ICV), el cual es empleado más tarde por el receptor para verificar si la trama no ha sido alterada durante su transporte.
- Tanto para el emisor como para el receptor se utiliza una misma clave de 40 o 128 bits.
- Dado el caso en que se empleara la misma clave se la concatena con un número aleatorio que toma el nombre de Vector de Inicialización (IV) de 24

bits, este vector cambia con cada trama con el fin de no obtener tramas cifradas similares.

- Esta clave junto con el IV ingresan a un generador RC4 el cual genera una cifra de flujo del tamaño de la trama a cifrar más 32 bits.
- Se realiza un OR exclusivo (XOR) bit a bit de la trama con su clave, dando como resultado la trama cifrada.
- La trama cifrada y el IV se transmiten juntos.
- Una vez enviado al receptor, este se encarga del proceso de descifrado, un generador RC4 produce la cifra de flujo a partir del IV y la clave compartida. Esta cifra de flujo debe coincidir con la usada en la transmisión.
- Se procede con XOR bit a bit de esta cifra de flujo con la trama cifrada, teniendo así la trama en claro y el ICV.
- Se aplica a la trama en claro el algoritmo CRC-32 con el fin de obtener un segundo ICV que es comparado con el recibido.
- Si estos son idénticos la trama se acepta caso contrario se la rechaza.

### **1.7.3 VPN**

Virtual Private Network (Red Privada Virtual), se basa en crear un canal privado de datos sobre una red pública, superan las limitaciones WEP y trabajan en cualquier tipo de hardware inalámbrico.

Los servidores VPN son los encargados de autorizar y autenticar a los usuarios con acceso inalámbrico y de cifrar el tráfico desde y hacia el usuario de la VPN.

### **1.7.4 802.1x**

Es un protocolo basado en la arquitectura cliente-servidor, donde equipos no registrados en la red no pueden ser parte de ella. En este método participan el dispositivo del cliente que desea ingresar a la red inalámbrica, un servidor de autenticación-autorización donde consta la información de los usuarios con permisos de ingresar a la red y el autenticador como un switch o un enrutador que es el encargado de recibir la notificación de intento de acceso.

El usuario se autentica mediante el protocolo EAP (Extensive Authentication Protocol), el cual fue creado para la autenticación de acceso a la red y el servidor RADIUS (Remote Authentication Dial-In User Server); este protocolo a más de la autenticación, autoriza aplicaciones de acceso a la red. Una vez que el usuario ingresa a un punto de acceso este tiene restringido el tráfico normal, únicamente permite el tráfico EAPOL (EAP over LAN) con el fin de autenticarse. Si todo el proceso de autenticación es el correcto el usuario tiene acceso a la red.

### **1.7.5 WPA**

Wi-Fi Protected Access (Acceso Protegido de Wi-Fi), es una mejora del estándar WEP, haciendo una optimización del cifrado de datos y empleando un mecanismo de autenticación. El protocolo de cifrado empleado es el TKIP (Temporal Key Integrity Protocol), se encarga de cambiar periódicamente la clave compartida entre el usuario de la red y el punto de acceso. Puede operar en dos modalidades:

- Modalidad de red empresarial: se necesita de un servidor RADIUS, por lo que el punto de acceso utilizará de 802.1x y EAP para la autenticación, el servidor se encargará de proporcionar las claves para la autenticación.
- Modalidad PSK (Pre-Shared Key): al no emplear un servidor RADIUS se requiere de una contraseña compartida tanto en el punto de acceso como en los dispositivos móviles. Cuando el acceso a la red es realizado el protocolo TKIP realiza su trabajo con el fin de garantizar la seguridad del acceso.

### **1.7.6 WPA 2**

El nuevo estándar de seguridad es el 802.11i, proporciona un alto nivel de seguridad incluyendo el algoritmo AES (Advanced Encryption System, Sistema Avanzado de Encriptación), WPA2 opera también en dos modalidades como WPA. El AES usa una llave temporal de 128 bits con un vector de inicialización de 48 bits, los métodos de autenticación utilizados son el IEEE 802.11x y el protocolo TKIP, anteriormente mencionados.

## **1.8 ANTENAS**

### **1.8.1 INTRODUCCIÓN**

Se podría definir a una antena como un dispositivo conductor diseñado para transmitir y recibir ondas electromagnéticas. Estas ondas se caracterizan por su frecuencia y longitud de onda.

#### **1.8.1.1 Patrones de Radiación**

Este patrón de radiación es una interpretación de la energía que radía una antena y que se la representa de forma tridimensional.

#### **1.8.1.2 Ganancia**

La ganancia de una antena es la relación existente entre la potencia a la entrada de una antena y la potencia que sale de esta, se expresa en decibelios, y se refiere a cuánta energía transmite una antena en comparación a la que transmitiría una antena isotrópica. Una antena isotrópica es una antena ideal en la que se considera que su patrón de radiación es esférico y con una ganancia lineal unitaria.

#### **1.8.1.3 Directividad**

La directividad es la capacidad de una antena de concentrar la potencia radiada en una dirección particular. Es una propiedad de la antena para direccionar la energía radiada en un destino específico.

#### **1.8.1.4 Polarización**

Se entiende como polarización a la orientación de las ondas electromagnéticas cuando estas salen de la antena, esta orientación puede ser: lineal o circular. Con

el fin de tener un rendimiento óptimo tanto la antena transmisora como la receptora deben tener la misma polaridad.

## 1.8.2 TIPOS DE ANTENAS, CARACTERÍSTICAS GENERALES.

### 1.8.2.1 Antenas Dipolo

Una antena dipolo está formada por dos conductores colineales de igual longitud, con alimentación central y un radio mucho menor que la longitud de los conductores. Es la antena más sencilla de construir, muy sensible al movimiento, su mejor desempeño es en forma vertical. La figura 1.6 muestra una antena dipolo comercial.



Figura 1.6 Antena Dipolo

### 1.8.2.2 Antenas Yagi

Una antena Yagi es un arreglo de conductores colineales, en la que solo un dipolo transmite las ondas electromagnéticas, estos conductores se anteponen al otro con tamaño variable y progresivo. El número de conductores define su ganancia y directividad. Está conformada por un dipolo y uno o varios directores y reflectores. La siguiente figura muestra un ejemplo de antena Yagi en la que se tienen 3 directores (D1, D2, D3), un reflector y su dipolo.

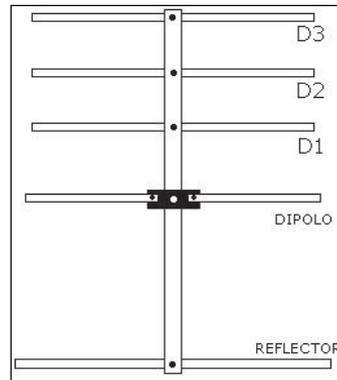


Figura 1.7 Antena Yagi

### 1.8.2.3 Antenas de Panel Plano

Esta antena es un panel con forma cuadrada o rectangular, son muy direccionales ya que concentran casi en su totalidad su potencia radiada en una sola dirección tanto en el plano horizontal como vertical. La figura 1.8 muestra una antena de panel plano comercial.



Figura 1.8 Antena de Panel Plano

### 1.8.2.4 Antenas Tipo Grilla

Es una antena en la cual su reflector es un arreglo de varillas horizontales y perpendiculares, permitiendo así ofrecer una muy baja resistencia al viento conservando su buen desempeño. Muy buena directividad.



Figura 1.9 Antena tipo Grilla.

## **1.9 SELECCIÓN DE TECNOLOGÍA INALÁMBRICA**

El diseño de la red involucra dos etapas de diseño:

### **1.9.1 RED DE BACKBONE**

Esta red permitirá enlazar los nodos de repetición de la red y para ello se utilizarán enlaces inalámbricos punto a punto.

### **1.9.2 RED DE ACCESO**

Esta red permitirá enlazar los centros educativos beneficiarios hacia los nodos de repetición y a través d ello hacia el nodo de distribución de Internet a ser instalado en el Municipio de Pelileo.

Las frecuencias de operación para los enlaces de backbone y red e acceso serán en bandas no licenciadas en las frecuencias de 2,4 Ghz y 5 Ghz. La definición de las frecuencias será función de las mediciones de interferencias a ser realizadas en cada nodo de repetición.

Debido a las distancias promedio existentes entre los nodos de repetición y los centros educativos que varían entre 500 metros a 10 Km se ha definido la utilización de estándares IEEE 802.11 a/b/g ó IEEE 802.16 siendo este último el estándar que mejor performance y disponibilidad de servicio presta en una red de banda no licenciada.

## **CAPÍTULO 2**

### **DISEÑO DE LA RED EDUCATIVA**

#### **2.1 OBJETO DEL PROYECTO**

Diseñar una red de telecomunicaciones para transmisión de Internet, voz y videoconferencia para ochenta unidades educativas del cantón San Pedro de Pelileo, provincia de Tungurahua. El proyecto debe cumplir los pliegos técnicos indicados en la base del concurso.

#### **2.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA SOLUCIÓN**

El presente diseño permitirá la conectividad y acceso a Internet de ochenta centros educativos del cantón San Pedro de Pelileo, provincia de Tungurahua.

Este proyecto social permitirá que los estudiantes dispongan permanentemente de acceso a Internet y tengan mayores oportunidades académicas para su aprendizaje. Es responsabilidad social que la red a ser implementada cumpla con los estándares de calidad que los estudiantes se merecen.

Se han definido las siguientes características técnicas generales que debe presentar la red a ser diseñada:

##### **2.2.1 SEGURIDAD DE LA INFORMACIÓN**

El Internet es una red global de acceso libre y por lo tanto es posible que se pueda introducir en la red elementos dañinos como virus, hackers, crackers, entre otros y provoquen fallas en la operación de la red. Por ello es indispensable que la red disponga de sistemas de seguridad de la información bajo sus cuatro

principios: confidencialidad, integridad, disponibilidad de la información y autenticación.

### **2.2.2. DISPONIBILIDAD DE SERVICIOS**

La red a diseñarse debe garantizar que la infraestructura de comunicaciones, la red, el sistema, el hardware y software sean confiables y puedan recuperarse rápida y completamente el momento en que ocurra una interrupción; de esta manera se garantiza que las unidades educativas puedan acceder a los servicios de red disponibles cuando lo requieran.

Los pliegos técnicos del concurso señalan un nivel de disponibilidad superior al 99,5 %.

### **2.2.3 ESCALABILIDAD**

La infraestructura de la red a instalarse debe soportar cambios tecnológicos tanto a nivel de hardware como de software, sin afectar el funcionamiento del sistema, por lo que el diseño propuesto de la red está proyectado para adaptar su funcionamiento al desarrollo de nuevas tecnologías.

Por esta razón se ha considerado la utilización del protocolo IP como base del diseño debido a su permanente desarrollo, tendencia tecnológica y por contar con una gran variedad de equipos en el mercado.

### **2.2.4 RESPALDO DE LA INFORMACIÓN**

En la infraestructura de la red a nivel de equipos principales como servidores no se puede tener un solo dispositivo o equipo en el que se concentren todos los servicios que se ofrece a los centros educativos, ya que si este equipo principal llega a presentar una falla la red en su totalidad quedaría fuera de operación, por lo tanto van a existir distribución de servicios y mecanismos de contingencia y backups.

## **2.3 DISEÑO DE LA RED INALÁMBRICA**

### **2.3.1 METODOLOGÍA DE DISEÑO**

Para el diseño de la red se utilizó un método combinado entre conceptos teóricos y visitas de campo, siendo este último el factor determinante para el diseño.

El diseño fue realizado en las siguientes etapas:

- a) Recopilación de las necesidades tecnológicas de los beneficiarios basados en los pliegos técnicos.
- b) Ubicación geográfica de las unidades educativas beneficiarias en mapas, en función de las coordenadas geográficas proporcionadas por el Fodetel. En función de esto se estableció un alcance básico de la red, zonas de cobertura y sitios posibles de conexión.
- c) Inspecciones de campo en el cual se establecieron los puntos de repetición e infraestructura de la red. Se determinó la tecnología y el medio de transmisión de la red.
- d) Cálculo de enlaces y dimensionamiento tecnológico.
- e) Elaboración del presupuesto referencial del proyecto.

### **2.3.2 CONSIDERACIONES TÉCNICAS DEL PROYECTO**

El diseño contempla la siguiente estructura básica:

- Dimensionamiento del acceso a Internet.
- Diseño y dimensionamiento de la infraestructura física de nodos.
- Diseño y dimensionamiento de la infraestructura física de las unidades educativas.
- Diseño de la red troncal o backbone.
- Diseño de la red de acceso.
- Dimensionamiento de servidores con enfoque al uso de software libre – OPEN SOURCE.

- Diseño lógico de la red.
- Análisis de sistemas de monitoreo.
- Presupuesto.

Es importante indicar que para el cálculo de los enlaces inalámbricos y perfiles topográficos existen una serie de programas que permiten cumplir con el objetivo, tales como: Radio Mobile, Motorola Link Planner, Patch Cal, entre otros. Se ha definido utilizar como herramienta de cálculo el Motorola Link Planner y Google Earth debido a su naturaleza de Open Source.

Los enlaces de descarga son los siguientes.

- <http://www.motorola.com/Business/US-EN/Business+Product+and+Services/Wireless+Broadband+Networks/Point-to-Point+Bridges/Network+Planning+Tools>
- <http://earth.google.es/>

### **2.3.2.1 ACCESO A INTERNET**

#### ***2.3.2.1.1 Interconexión Última Milla***

El acceso a Internet será centralizado en el Municipio de Pelileo.

Para ello se ha realizado un análisis de proveedores que cuenten con licencias de portador y servicios de valor agregado; y que cuenten también con la adecuada infraestructura en el sector que forma parte del proyecto, teniendo los siguientes resultados:

- Fibra óptica: no existe actualmente en la zona.
- Microondas: CNT, Globalcrossing, Telconet, Ecuonet, Operadoras Celulares entre las más relevantes.

Debido a la ubicación geográfica del cantón la opción más flexible de medio de transmisión para interconexión a Internet es inalámbrica a través del uso de microondas.

Para el dimensionamiento del ancho de banda se considera la siguiente fórmula de cálculo:

**Ancho de banda del proyecto** = Número de Centros educativos x Ancho de banda requerido por cada centro.

**Ancho de banda del proyecto** =  $80 \times 128 \text{ Kbps} = 10240 \text{ Kbps}$  ( $5 \text{ E1's}$ )

De acuerdo a los pliegos técnicos existe una consideración futura de aumentar el ancho de banda por cada centro educativo a 512 Kbps, en cuyo caso la capacidad de la microonda deber ser 40960 Kbps ( $20 \text{ E1's}$ ). Por lo tanto será una exigencia que la microonda a instalar tenga la capacidad a futuro de upgrade de ancho de banda a los valores futuros previstos. La Figura 2.1 muestra el esquema de conexión entre el proveedor y el Cantón Pelileo:

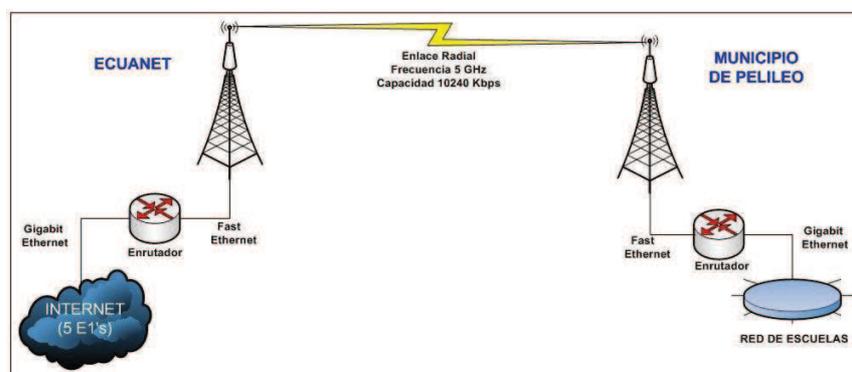


Figura 2.1 Interconexión de Última Milla de Internet entre el Municipio de Pelileo y el Proveedor.

### 2.3.2.1.2 Interconexión Internacional hacia el Internet

El requisito de acceso a Internet por cada centro es 128 Kbps con una compresión de 4:1.

La compresión es un factor que permite la reutilización del ancho de banda de Internet debido a su característica tipo ráfaga que tiene el Internet.

El factor de compresión 4:1 significa que en horas de saturación (tiempo en el cual todos los centros acceden a Internet simultáneamente) el ancho de banda garantizado por centro es la cuarta parte es decir 32 Kbps. En horas de no saturación se tendrá el total del ancho de banda.

Por tanto, basado en el concepto de compresión el acceso a Internet requerido para el proyecto será:

**Ancho de banda del proyecto** =  $80 \times 128 \text{ Kbps} = 10240 \text{ Kbps}$  (5 E1's)

Factor de compresión: 4

**Ancho de banda del proyecto** =  $10240 \text{ Kbps} / 4 = 2560 \text{ Kbps}$  (1,25 E1's)

### ***2.3.2.1.3 Servicios***

El Servicio de Internet prestará los siguientes servicios:

- Navegación
- Correo electrónico con servicios de antivirus, antispam y webmail.
- Dominio personalizado para cada centro educativo
- Media streaming.
- Voz sobre IP dentro de la red.
- Video conferencia dentro de la red.
- Servicios de DNS, FTP, HTTP.
- Chat, foros educativos, etc.
- Filtrado de contenidos.
- Firewall.
- Monitoreo.

## 2.3.2.2 DETERMINACIÓN DE NODOS E INFRAESTRUCTURA

### 2.3.2.2.1 Ubicación de Nodos

En las bases del proyecto se indican las coordenadas geográficas de los centros educativos beneficiarios del proyecto, la Tabla 2.1 nos indica la misma:

ITEM	PARROQUIA	INSTITUCION	COORDENADAS		
1	BENITEZ (PACHANLICA)	MARIANO BENITEZ	S	1 ° 20 ' 25.1 "	W 78 ° 35 ' 12.7 "
2	BENITEZ (PACHANLICA)	ARDILLAS	S	1 ° 20 ' 20.8 "	W 78 ° 35 ' 8.8 "
3	BOLIVAR	ESC. ABDON CALDERON	S	1 ° 22 ' 52.0 "	W 78 ° 32 ' 32.6 "
4	BOLIVAR	ESC. ANTONIO CLAVIJO	S	1 ° 22 ' 21.3 "	W 78 ° 32 ' 3.1 "
5	BOLIVAR	ALBERTO GOMEZ	S	1 ° 23 ' 21.8 "	W 78 ° 32 ' 46.1 "
6	COTALO	IGNACIO MARTINEZ	S	1 ° 25 ' 49.0 "	W 78 ° 30 ' 42.1 "
7	COTALO	COLEGIO POPULAR COTALO	S	1 ° 25 ' 49.0 "	W 78 ° 30 ' 42.1 "
8	COTALO	LOS JILGUERITOS	S	1 ° 25 ' 49.0 "	W 78 ° 30 ' 42.1 "
9	COTALO	PADRE SEG. BILBAO	S	1 ° 26 ' 47.9 "	W 78 ° 30 ' 46.0 "
10	COTALO	ORIENTE	S	1 ° 27 ' 17.0 "	W 78 ° 31 ' 4.5 "
11	COTALO	REP. DE URUGUAY	S	1 ° 24 ' 25.3 "	W 78 ° 29 ' 50.3 "
12	CHIQUICHA	DR. BENINGO MALO	S	1 ° 23 ' 15.0 "	W 78 ° 31 ' 48.7 "
13	CHIQUICHA	CUMANDA	S	1 ° 15 ' 7.3 "	W 78 ° 31 ' 27.6 "
14	CHIQUICHA	TIWINTZA	S	1 ° 23 ' 25. "	W 78 ° 31 ' 57 "
15	EL ROSARIO (RUMICHACA)	EUGENIO ESPEJO	S	1 ° 17 ' 41.4 "	W 78 ° 33 ' 59.8 "
16	EL ROSARIO (RUMICHACA)	ESC. ATAHUALPA	S	1 ° 16 ' 37.6 "	W 78 ° 32 ' 45.8 "
17	EL ROSARIO (RUMICHACA)	DR. JAIME ROLDOS AGUILAR	S	1 ° 16 ' 6.8 "	W 78 ° 33 ' 23.1 "
18	EL ROSARIO (RUMICHACA)	JUAN LEON MERA	S	1 ° 16 ' 51.4 "	W 78 ° 34 ' 2.5 "
19	EL ROSARIO (RUMICHACA)	LOS TRIGALES	S	1 ° 16 ' 37.6 "	W 78 ° 32 ' 45.8 "
20	EL ROSARIO (RUMICHACA)	LOS CONDORES	S	1 ° 17 ' 41.9 "	W 78 ° 33 ' 57.4 "
21	GARCIA MORENO (CHUMAQUI)	MIGUEL DE CERVANTES	S	1 ° 19 ' 16.3 "	W 78 ° 32 ' 38.8 "
22	GARCIA MORENO (CHUMAQUI)	ISIDRO AYORA	S	1 ° 16 ' 43.3 "	W 78 ° 31 ' 33.6 "
23	GARCIA MORENO (CHUMAQUI)	BOLIVIA	S	1 ° 17 ' 44.9 "	W 78 ° 31 ' 57.3 "
24	GARCIA MORENO (CHUMAQUI)	MUNICIPIO-BODEGA MUNICIPAL	S	1 ° 19' 14"	78 ° 32 ' 35 "
25	GUAMBALO (HUAMBALO)	HUAMBALO	S	1 ° 23 ' 7.1 "	W 78 ° 31 ' 1.8 "
26	GUAMBALO (HUAMBALO)	SIMON BOLIVAR	S	1 ° 23 ' 21.4 "	W 78 ° 31 ' 55.6 "
27	GUAMBALO (HUAMBALO)	12 DE OCT.	S	1 ° 23 ' 14.5 "	W 78 ° 31 ' 48.3 "
28	GUAMBALO (HUAMBALO)	CAMILO SEGOVIA	S	1 ° 23 ' 51.9 "	W 78 ° 32 ' 26.3 "
29	GUAMBALO (HUAMBALO)	PRIMERA IMPRENTA	S	1 ° 23 ' 30.8 "	W 78 ° 31 ' 9.2 "
30	GUAMBALO (HUAMBALO)	4 DE FEBRERO	S	1 ° 24 ' 0.0 "	W 78 ° 31 ' 36.1 "
31	GUAMBALO (HUAMBALO)	MARIANA DE JESUS	S	1 ° 22 ' 51.0 "	W 78 ° 31 ' 38.6 "
32	GUAMBALO (HUAMBALO)	RAYITOS DE LUZ	S	1 ° 23 ' 13.5 "	W 78 ° 31 ' 47.0 "
33	GUAMBALO (HUAMBALO)	NUEVO AMANECER	S	1 ° 21 ' 18.7 "	W 78 ° 32 ' 12.2 "
34	PELILEO	INSTITUTO PELILEO	S	1 ° 19 ' 25.2 "	W 78 ° 32 ' 13.8 "

Tabla 2.1 Coordenadas Geográficas de los Centros Educativos.

35	PELILEO	DOMINGO F. SARMIENTO	S	1 ° 19 ' 36.0 "	W	78 ° 32 ' 43.4 "
36	PELILEO	ESC. GABRIELA MISTRAL	S	1 ° 19 ' 40.0 "	W	78 ° 32 ' 36.7 "
37	PELILEO	MONS. VICENTE CISNEROS	S	1 ° 19 ' 38.8 "	W	78 ° 32 ' 52.2 "
38	PELILEO	COLEGIO MARIANO BENITEZ	S	1 ° 19 ' 54.6 "	W	78 ° 32 ' 37.2 "
39	PELILEO	LICEO. JOAQUIN ARIAS	S	1 ° 19 ' 55.5 "	W	78 ° 32 ' 29.6 "
40	PELILEO	JUANA DE ABARBOUROU	S	1 ° 19 ' 50.2 "	W	78 ° 32 ' 26.2 "
41	PELILEO	REP. DE ARGENTINA	S	1 ° 21 ' 52.5 "	W	78 ° 30 ' 36.7 "
42	PELILEO	PELILEO INMORTAL	S	1 ° 19 ' 50.8 "	W	78 ° 32 ' 26.4 "
43	PELILEO	UNIDAD EDUCATIVA TUNGURAHUA	S	1 ° 19 ' 38 "	W	78 ° 32 ' 05 "
44	PELILEO	INSTITUTO IGNACIO ORDOÑEZ	S	1 ° 19 ' 56 "	W	78 ° 32 ' 45 "
45	PELILEO	PALACIO MUNICIPAL	S	1 ° 19 ' 35.8 "	W	78 ° 32 ' 34.6 "
46	PELILEO - INAPI	GNRL. J. JERVASIO ARTIGAS	S	1 ° 20 ' 22.9 "	W	78 ° 31 ' 12.8 "
47	PELILEO - LA CLEMENTINA	LA CLEMENTINA	S	1 ° 17 ' 13.8 "	W	78 ° 30 ' 52.8 "
48	PELILEO GRANDE	NACIONES UNIDAS	S	1 ° 19 ' 52.2 "	W	78 ° 31 ' 46.7 "
49	PELILEO GRANDE	MUNICIPIO-CAMAL MUNICIPAL	S	1 ° 19 ' 42 "	W	78 ° 32 ' 31 "
50	PELILEO GRANDE	MUNICIPIO-COMPLEJO LA MOYA	S	1 ° 19 ' 48 "	W	78 ° 32 ' 44 "
51	PELILEO- HUASIMPAMBA	HUASIMPAMBA	S	1 ° 21 ' 35.8 "	W	78 ° 31 ' 36.0 "
52	PELILEO-ARTEZON	AGUSTIN CONSTANTE	S	1 ° 20 ' 50.5 "	W	78 ° 30 ' 37.3 "
53	PELILEO-CHAUPI	COSMOPOLITA	S	1 ° 21 ' 41.2 "	W	78 ° 30 ' 13.8 "
54	PELILEO-EL PINGUE	MARIA LARRAIN	S	1 ° 22 ' 59.8 "	W	78 ° 30 ' 1.8 "
55	PELILEO-GAMBOA	ANA MARIA SAMANIEGO	S	1 ° 20 ' 26.8 "	W	78 ° 30 ' 48.8 "
56	PELILEO-GUADALUPE	LAGO AGRIO	S	1 ° 22 ' 38.5 "	W	78 ° 30 ' 8.6 "
57	PELILEO-GUANTUGSUMO	DR. MENTOR MERA	S	1 ° 20 ' 26.0 "	W	78 ° 33 ' 39.5 "
58	PELILEO-HUASIMPAMBA	FRAY VICENTE SOLANO	S	1 ° 21 ' 44.5 "	W	78 ° 31 ' 51.6 "
59	PELILEO-LA PAZ	JULIO CESAR SANCHEZ	S	1 ° 20 ' 29.7 "	W	78 ° 32 ' 5.9 "
60	PELILEO-LADRILLO	DARIO GUEVARRA	S	1 ° 20 ' 57.6 "	W	78 ° 33 ' 18.9 "
61	PELILEO-QUINCHIBANA ALTO	MEDARDO ANGEL SILVA	S	1 ° 21 ' 28.8 "	W	78 ° 32 ' 17.1 "
62	PELILEO-QUINCHIBANA BAJO	JUAN M VASCONES	S	1 ° 21 ' 18.7 "	W	78 ° 32 ' 12.2 "
63	PELILEO-SALATE	JUAN MANTILLA	S	1 ° 17 ' 23.7 "	W	78 ° 31 ' 16.1 "
64	PELILEO-TELIGOTE	MIGUEL VALVERDE	S	1 ° 21 ' 6.7 "	W	78 ° 33 ' 56.4 "
65	PELILEO-TELIGOTE	4 DE OCT.	S	1 ° 21 ' 14.8 "	W	78 ° 34 ' 24.8 "
66	PELILEO-YATAQUI	HERMANO MIGUEL	S	1 ° 19 ' 24.7 "	W	78 ° 31 ' 35.5 "
67	SALASACA	COL. TEC. LOS SALASACAS	S	1 ° 19 ' 14.0 "	W	78 ° 34 ' 39.7 "
68	SALASACA	FRAY BARTOLOME DE LAS CASAS	S	1 ° 19 ' 13.9 "	W	78 ° 34 ' 38.0 "
69	SALASACA	MANZANAPAMBA	S	1 ° 18 ' 48.3 "	W	78 ° 34 ' 18.8 "
70	SALASACA	24 DE JULIO	S	1 ° 18 ' 44.2 "	W	78 ° 34 ' 56.3 "
71	SALASACA	DAMAS DEL CLUB DE LEONES	S	1 ° 20 ' 37.0 "	W	78 ° 34 ' 12.7 "
72	SALASACA	SAN BUENA VENTURA	S	1 ° 20 ' 6.4 "	W	78 ° 34 ' 51.7 "
73	SALASACA	INTIÑAN	S	1 ° 19 ' 23.5 "	W	78 ° 34 ' 6.0 "
74	SALASACA	REP. DEL ECUADOR	S	1 ° 19 ' 22.2 "	W	78 ° 35 ' 9.4 "
75	SALASACA	SERGIO NUÑEZ	S	1 ° 18 ' 48.3 "	W	78 ° 34 ' 18.8 "
76	PELILEO	VALLE HERMOSO	S	1°21'05.75"	W	78°30'48.88"
77	COTALO	PATRONATO MUNICIPAL	S	1°26'20.03"	W	78°30'53.91"
78	SAN FERNANDO	UNIDAD MUNICIPAL DE TURISMO	S	1°26'46.84"	W	78°31'08.54"
79	COTALO	COMPLEJO TURISTICO LA COCHA	S	1°26'21.85"	W	78°30'37.86"
80	SALASACA	FERIA ARTESANAL SALASACA	S	1°17'09.01"	W	78°33'06.60"

Tabla 2.1 Coordenadas Geográficas de los Centros Educativos (Continuación).

En función de las inspecciones de campo y considerando los mapas políticos de la zona se ha definido un diseño de ingeniería formado por seis nodos y son presentados en la Tabla 2.2.

No.	Nodo	Denominación	Coordenadas	
			Latitud	Longitud
1	Nodo 1	4 de Febrero	01:24:00.0S	078:31:36.1W
2	Nodo 2	Angamarquillo	01:12:41.6S	078:38:55.8W
3	Nodo 3	Cotaló	01:24:22.5S	078:29:30.4W
4	Nodo 4	Nitón	01:16:41.6S	078:32:10.2W
5	Nodo 5	San Fernando	01:20:56.9S	078:29:05.7W
6	Nodo 6	Palacio Municipal	01:19:35.8S	078:32:34.6W

Tabla 2.2 Ubicación de Nodos en el Cantón Pelileo.

Mediante el uso de la herramienta Google Earth, en la Figura 2.2 se tiene la vista satelital de las posiciones de los nodos que formarán parte de la Red.

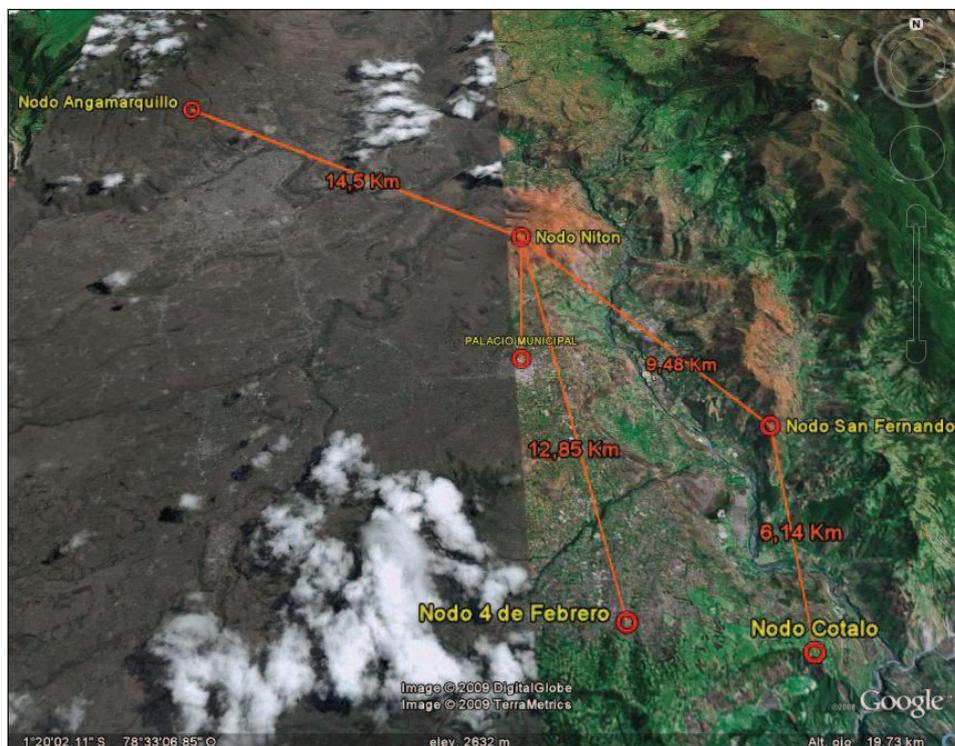


Figura 2.2 Vista Satelital de los Nodos.

### 2.3.2.2.2 Infraestructura Física de Nodos

El proyecto social a instalarse requiere del cumplimiento de los más altos estándares de calidad y la garantía para ello es instalar la infraestructura física cumpliendo con estándares internacionales de telecomunicaciones. Así se tiene:

#### 2.3.2.2.2.1 Torres de Telecomunicaciones

##### a. Tipo de Torres.-

Generalmente se han definido tres tipos de torres de telecomunicaciones, las cuales son utilizadas en función del análisis técnico y costo/beneficio de cada una de ellas. Estas estructuras pueden variar según las necesidades y las condiciones del sitio donde se van a colocar.

1. **Torres Arriostradas.-** Este tipo de torres tienen tirantes o arriostres ubicados en diferentes distancias, el peso de la torre es bajo razón por la cual no representa un peso considerable a la edificación. Eso si, considerando que la instalación de la torre debe contar con los soportes necesarios para su apoyo en la superficie, la base de la torre debe ser fijada en las columnas de la edificación.

La tensión del cable debe ser al menos un 10% de la resistencia del mismo. A continuación la Figura 2.3 muestra este tipo de torre.

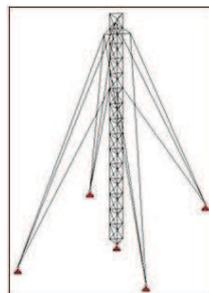


Figura 2.3 Torre Arriostrada.

Fuente: [http://www.construaprende.com/Telecomunicaciones/tipos\\_torres](http://www.construaprende.com/Telecomunicaciones/tipos_torres).

Si la superficie de la instalación no dispone de una columna para el apoyo de la base de la torre se debe instalar una viga de acero para el respectivo soporte tal como lo muestra la Figura 2.4.

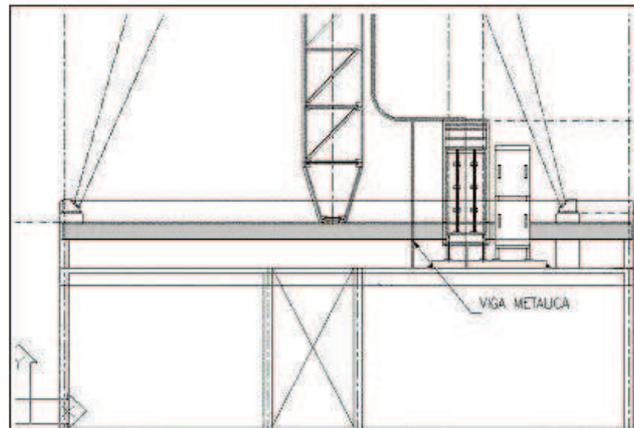


Figura 2.4 Torre Arriostrada sobre viga metálica.

Fuente: [http://www.construaprende.com/telecomunicaciones/tipos\\_torres](http://www.construaprende.com/telecomunicaciones/tipos_torres).

**2. Torres Auto-soportadas.-** Este tipo de torre se instala en terrenos, cerros o zonas urbanas donde sus cimientos sean idóneos para soportar las fuerzas a las que son sometidas. Suelen estar compuestas por perfiles y ángulos de acero unidos por tornillos, pernos o remaches o por medio de soldadura, La figura 2.5 indica este tipo de torre.

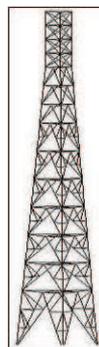


Figura 2.5 Torre Auto-soportada.

Fuente: [http://www.construaprende.com/telecomunicaciones/tipos\\_torres](http://www.construaprende.com/telecomunicaciones/tipos_torres)

**3. Torres Tipo Monopolo.-** La finalidad de este tipo de torres es conservar la estética del lugar a ser instalado, ocupan menos espacio y pueden ser pintadas de tal forma que se camuflen en el sitio como lo muestra la Figura 2.6.



Figura 2.6 Torres Monopolo.

Fuente: [http://www.construaprende.com/telecomunicaciones/tipos\\_torres](http://www.construaprende.com/telecomunicaciones/tipos_torres).

Estas estructuras podrán ser de diversas alturas, dependiendo de la cobertura requerida para poder suministrar un correcto funcionamiento.

En la actualidad, muchas compañías que se dedican a fabricar estas estructuras y han realizado sus modelos optimizados en donde los perfiles y ángulos varían de tamaño y espesor dependiendo de la altura de la estructura y del lugar donde se van a construir y con un enfoque de la velocidad del viento que exista en el lugar en cuestión y el peso a soportar.

En cuanto a los costos de estos tipos de torres, la Tabla 2.3 realiza un análisis comparativo de los mismos.

TIPO DE TORRE	SITIOS RECOMENDADOS A UTILIZAR	COSTO REFERENCIAL PARA UNA ALTURA DE 21 METROS
Arriostradas	Sitios urbanos y remotos con fuertes vientos y para soportar pesos considerables.	4.000,00 USD
Auto - soportadas	Sitios urbanos y remotos con fuertes vientos y para soportar pesos considerables.	20.000,00 USD
Monopolos	Sitios urbanos y con velocidades del viento mínimas.	10.000,00 USD.

Tabla 2.3 Análisis comparativo de costos de las torres mencionadas

Fuente: Cotizaciones de empresas constructoras.

En virtud de la geografía de Pelileo y considerando el costo comparativo entre torres, se ha definido la utilización de torres arriostradas, vientos o tensores con alturas de hasta 15 metros las cuales cumplen las normas Rohn G-25 y que tienen las siguientes características relevantes (Ver Anexo 1):

- Torre triangular de vientos Norma Rohn G-25.
  - Galvanizados por inmersión que permita contrarrestar las acciones de oxidación del clima de la zona, minimice las acciones de mantenimiento y garantice una vida útil apropiada para el proyecto.
  - Varillas pasantes de ½ pulgada.
  - Pernos galvanizados.
  - Cable de acero
  - Grilletes, tensores y plintos galvanizados.
  - Baliza de señalización aeronáutica.
  - Pararrayos.
- b. Obra Civil.-** La obra civil para que las torres de telecomunicaciones soporten vientos está formada por una base de concreto para la torre y bases de sujeción de plintos en los cuales se tensará el cable de acero de la torre.

Las dimensiones de las bases de concreto son construidas en función de altura de la torre, velocidad del viento y peso a soportar de las mismas.

#### ***2.3.2.2.2 Sistemas de Puesta a Tierra***

El estándar internacional a utilizar será el NFC 17 102 de Francia y UNE 21 186 de España (Ver Anexo 2) que indican una resistencia eléctrica de 10 Ohmios para descargas de sistemas de pararrayos; y una resistencia eléctrica de 5 Ohmios para equipo electrónico sensible como son: sistemas de telecomunicaciones o equipo médico.

Previa a la instalación del sistema a tierra en cada sitio se realizará una medición de la resistividad del suelo para conocer el tipo de suelo y su impedancia; el valor obtenido permitirá definir el tipo de malla de tierra (triangular, horizontal o una varilla) a ser instalado en nodos, unidades educativas y sistemas de descarga de pararrayos.

Se ha definido tres diseños (tipos de malla) de sistema a tierra que permitan cumplir los estándares internacionales para sistemas de telecomunicaciones. En todos los sistemas se tendrá básicamente los siguientes componentes:

- Varillas copperweld de 1,80 x 5/8.
- Mejorador de conductividad.
- Suelda cadwell.
- Cable desnudo número 1/0 AWG.
- Una bornera de tierra para nodos y unidades educativas.

A continuación los diagramas esquemáticos de diseño de sistemas de tierra a instalar:

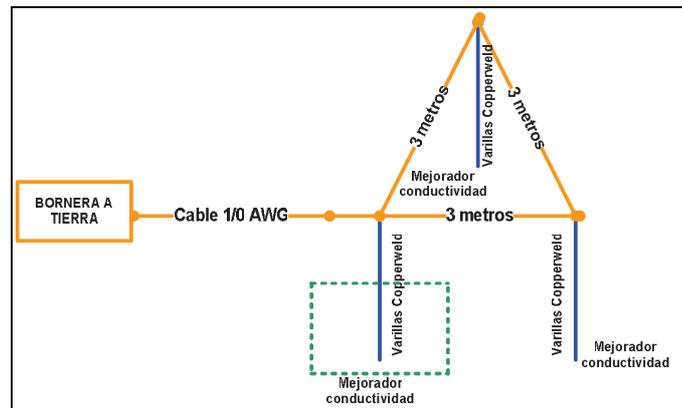


Figura 2.7 Diseño de Sistema a Tierra (malla triangular).

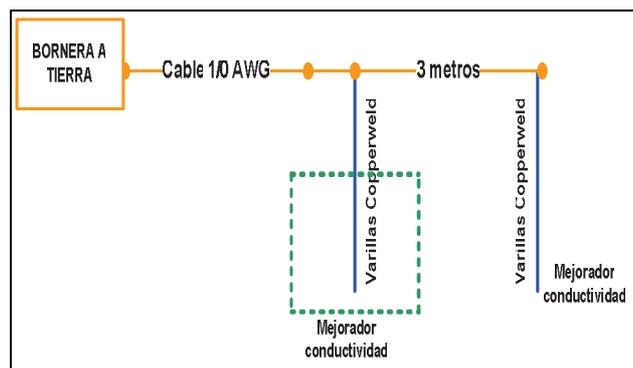


Figura 2.8 Diseño de Sistema a Tierra (malla horizontal).

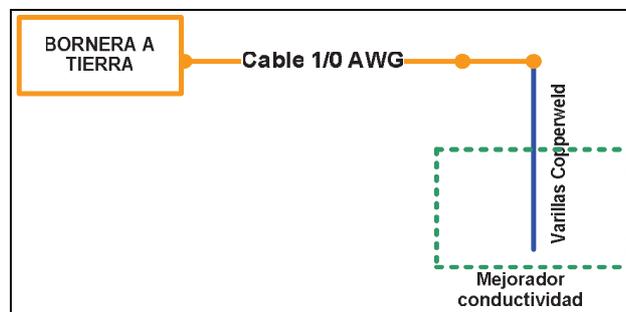


Figura 2.9 Diseño de Sistema a Tierra (una varilla)

### **2.3.2.2.2.3 Pararrayos**

En sistemas de telecomunicaciones existen dos tipos de pararrayos a utilizar:

- a. Tipo Franklin.-** En donde el radio de protección se calcula mediante la aplicación del método electro geométrico con el concepto de la “esfera rodante” según la NFPA 780 (Ver Anexo 2); en el mejor de los casos nos dará un cono de protección máxima de 45° de ángulo a una altura de 18 metros.
- b. Tipo Dispositivo de Cebado.-** En donde el radio de protección depende del dispositivo de cebado que según la norma NFC 17 102 (francesa) y UNE 21 186 (española) (Ver Anexo 2). Puede dar una radio de protección de 79 metros en el Nivel I, colocando el pararrayos a una altura de 5 m por sobre toda infraestructura a proteger.

Por lo tanto, el tipo de pararrayos que se considerará en el diseño será en función de la altura de la torre y del grado de incidencias de rayos de la zona. Los pararrayos a utilizar son tipo Franklin.

### **2.3.2.2.2.4 Respaldos de Energía**

- a. UPS y Banco de Baterías.-** Para garantizar una protección eléctrica de los equipos de telecomunicaciones así como brindar tiempos de autonomía y respaldos de energía se utilizarán UPS y bancos de baterías.

Para el dimensionamiento de UPS se consideran los siguientes parámetros:

- Consumo total de potencia de los equipos a ser instalados, en los respectivos nodos.
- 50% de reserva de potencia para crecimiento.

Para el dimensionamiento del banco de baterías se consideran:

- Incidencias de pérdida de energía en la zona.

- Tiempo de recuperación de las baterías.

En las Tablas 2.4 hasta la Tabla 2.9 se indican el consumo de Potencia por nodo.

<b>NODO PALACIO MUNICIPAL</b>			
<b>EQUIPO</b>	<b>POTENCIA [w]</b>	<b>CANTIDAD MÁXIMA DE EQUIPOS</b>	<b>SUBTOTAL [w]</b>
Switch Cisco 3750	540	1	540
Radios	10	1	10
Servidores	300	3	900
<b>POTENCIA TOTAL [w]</b>			<b>1450</b>

Tabla 2.4 Consumo de Potencia en el Nodo Palacio Municipal.

<b>NODO 4 DE FEBRERO</b>			
<b>EQUIPO</b>	<b>POTENCIA [w]</b>	<b>CANTIDAD MÁXIMA DE EQUIPOS</b>	<b>SUBTOTAL [w]</b>
Motorola PTP 300 IDU y ODU	10	2	20
Switch Cisco 2960	45	1	45
Radios	10	1	10
Equipos para pruebas	200	2	400
<b>POTENCIA TOTAL [w]</b>			<b>475</b>

Tabla 2.5 Consumo de Potencia en el Nodo 4 de Febrero.

<b>NODO ANGAMARQUILLO</b>			
<b>EQUIPO</b>	<b>POTENCIA [w]</b>	<b>CANTIDAD MÁXIMA DE EQUIPOS</b>	<b>SUBTOTAL [w]</b>
Motorola PTP 300 IDU y ODU	10	2	20
Switch Cisco 2960	45	1	45
Radios	10	1	10
Equipos para pruebas	200	2	400
<b>POTENCIA TOTAL [w]</b>			<b>475</b>

Tabla 2.6 Consumo de Potencia en el Nodo Angamarquillo.

<b>NODO COTALÓ</b>			
<b>EQUIPO</b>	<b>POTENCIA [w]</b>	<b>CANTIDAD MAXIMA DE EQUIPOS</b>	<b>SUBTOTAL [w]</b>
Motorola PTP 300 IDU y ODU	10	2	20
Switch Cisco 2960	45	1	45
Radios	10	1	10
Equipos para pruebas	200	2	400
<b>POTENCIA TOTAL [w]</b>			<b>475</b>

Tabla 2.7 Consumo de Potencia en el Nodo Cotaló.

<b>NODO NITÓN</b>			
<b>EQUIPO</b>	<b>POTENCIA [w]</b>	<b>CANTIDAD MAXIMA DE EQUIPOS</b>	<b>SUBTOTAL [w]</b>
Motorola PTP 300 IDU y ODU	10	2	20
Switch Cisco 2960	45	1	45
Radios	10	1	10
Equipos para pruebas	200	2	400
<b>POTENCIA TOTAL [w]</b>			<b>475</b>

Tabla 2.8 Consumo de Potencia en el Nodo Nitón.

<b>NODO SAN FERNANDO</b>			
<b>EQUIPO</b>	<b>POTENCIA [w]</b>	<b>CANTIDAD MAXIMA DE EQUIPOS</b>	<b>SUBTOTAL [w]</b>
Motorola PTP 300 IDU y ODU	10	2	20
Switch Cisco 2960	45	1	45
Radios	10	1	10
Equipos para pruebas	200	2	400
<b>POTENCIA TOTAL [w]</b>			<b>475</b>

Tabla 2.9 Consumo de Potencia en el Nodo San Fernando.

De los resultados obtenidos de las tablas anteriores; La Tabla 2.10 muestra el análisis del consumo de potencia de cada nodo:

<b>NODO</b>	<b>CONSUMO DE POTENCIA ESPERADA [w]</b>	<b>POTENCIA DE GUARDA 50% [w]</b>	<b>POTENCIA TOTAL [w]</b>
Palacio Municipal	1450	725	2175
4 de Febrero	475	237,5	712,5
Angamarquillo	475	237,5	712,5
Cotaló	475	237,5	712,5
Nitón	475	237,5	712,5
San Fernando	475	237,5	712,5

Tabla 2.10 Análisis de Consumo de Potencia por Nodo.

Para el dimensionamiento del banco de baterías se tomará en cuenta la potencia total de consumo en los nodos, es decir, sus equipos de transmisión y de pruebas. Por lo tanto, cuando no hay servicio de energía eléctrica, la corriente necesaria por nodo es:

**Nodo Palacio Municipal:**

$$P = V * I * \cos \varphi$$

$$I = \frac{P}{V * \cos \varphi}$$

$$I = \frac{2175W}{120V * 1} = 18,125 A$$

$$I \approx 20 A$$

Por lo que el banco de baterías deberá suministrar al menos 20 A.

**Nodos 4 de Febrero, Angamarquillo; Cotaló, Nitón y San Fernando:**

$$P = V * I * \cos \varphi$$

$$I = \frac{P}{V * \cos \varphi}$$

$$I = \frac{712,5W}{120V * 1} = 5,93 A$$

$$I \approx 6 A$$

Por lo que el banco de baterías deberá suministrar al menos 6 A.

La característica técnica principal de las baterías será de 100 y 50 Amperios por hora, entonces se hará una relación en la que indique el tiempo aproximado de descarga de las baterías que alimentarán a los nodos.

Se ha considerado un tiempo de 5 horas de duración de las baterías, siendo el tiempo máximo en tardar la empresa portadora en brindar una solución al corte de energía. La capacidad nominal de las baterías que ofrecen un periodo de 5 horas de descarga es de 15.8 A a 10.20 V, es decir de 79 A-h; y con un voltaje nominal de 12 V.

**Nodo Palacio Municipal:**

$$\frac{100A-h}{20A} = 5horas$$

### **Nodos 4 de Febrero, Angamarquillo, Cotaló, Nitón y San Fernando:**

$$\frac{50A-h}{6A} = 8,33horas$$

Estos tiempos de descarga de las baterías son suficientes hasta solucionar inconvenientes eléctricos en la red.

En conjunto con las baterías se utilizará un inversor, el mismo que se encargará de tomar corriente continua del banco de baterías para luego convertirla en corriente alterna y así suministrar energía a los equipos de los nodos. El inversor tendrá 24 V de entrada, debido a esto la disposición de las baterías será de 2 en serie para obtener el voltaje deseado. La Tabla 2.11 indica el número de baterías a instalarse en cada nodo:

<b>NODO</b>	<b>AUSENCIA DE ENERGIA DE LA ZONA ESTIMADA (horas)</b>	<b>No. DE BATERIAS (se estiman UPS con alimentación 12 voltios)</b>
Palacio Municipal	4	2 baterías
4 de Febrero	4	2 baterías
Angamarquillo	4	2 baterías
Cotaló	4	2 baterías
Nitón	4	2 baterías
San Fernando	4	2 baterías

Tabla 2.11 Número de Baterías por Nodo.

#### **2.3.2.2.2.5 Terrenos y Casetas de Comunicaciones de Nodos**

Considerando que la máxima altura de las torres a ser instaladas es de 15 metros y según la norma Rohn G-25 exige una distancia mínima de los tensores del 80% de la altura, es decir 12 metros; se estima que los terrenos a utilizar como nodos deberán tener un área triangular de 9 metros cuadrados.

En cuanto a las casetas de comunicaciones se ha diseñado un sistema de cajas metálicas galvanizadas para una correcta operación de los equipos de telecomunicaciones con sus respectivos equipos o unidades de enfriamiento.

Todos los nodos serán protegidos con cerramientos de malla y con su respectiva puerta de acceso. La figura 2.10 hace referencia al modelo de la caseta de equipos a instalar.

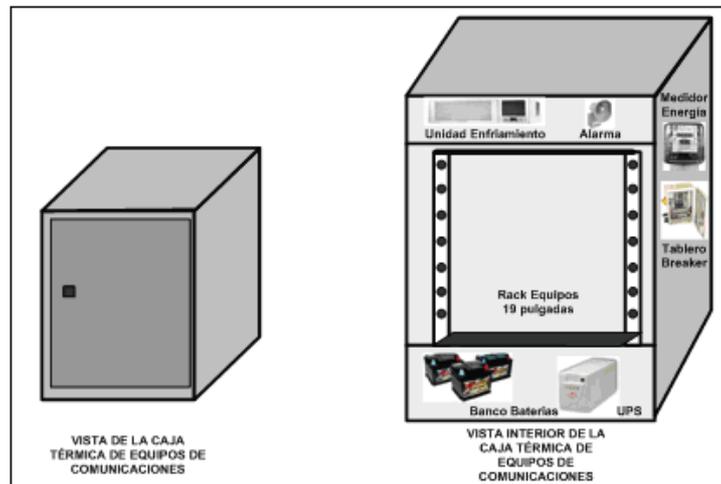


Figura 2.10 Modelo de Caseta/Caja de Equipos a Instalar en Nodos de Acceso

Fuente: Proyecto ERPE Riobamba – Ecuagnet – año 2006.

En cuanto a la capacidad de la unidad de enfriamiento a continuación se presenta el cálculo para su dimensionamiento, considerando la potencia total obtenida en la Tabla 2.10 Análisis de Consumo de Potencia por Nodo:

$$P_{total} = 712.5w$$

Y la equivalencia de potencia en BTUs:

$$\frac{2Kw}{h} = 6828.85BTU$$

Por lo tanto la unidad de enfriamiento será de 3000 BTU en los nodos de acceso.

#### **2.3.2.2.2.6 Nodo Principal – Palacio Municipal**

Se define como nodos de servicio principal al sitio de centralización de la red o de distribución de Internet hacia las unidades educativas y que está planificado

funcione en las oficinas del Municipio de Pelileo. Cabe indicar que en este caso el Palacio Municipal será un sitio de centralización de la red, en donde se hará el respectivo monitoreo de la misma.

Deberá tener la siguiente estructura física y eléctrica:

- Cuarto de equipos exclusivo acondicionado para Centro de Cómputo del proyecto.
- Aire acondicionado para el centro de cómputo con el objeto de guardar la temperatura y humedad adecuada para el funcionamiento de equipos.
- Canaletas internas para cables de datos, eléctricos y antenas.
- Un rack cerrado de 19 pulgadas; 1,80 metros de alto.
- Sistema eléctrico exclusivo para el centro de cómputo.
- Sistema a tierra menor o igual a 5 ohmios según estándares.
- UPS de 4 KVA con banco de baterías.
- Generador eléctrico con conmutación automática.
- Seguridad: mallas de protección, candados, alarmas o sistemas de control de acceso al centro de cómputo.
- Cableado estructurado interno exclusivo para el centro de cómputo CAT-6.
- Escritorio pequeño y sillas para soporte.

Así mismo, de la potencia total del nodo principal obtenida en la Tabla 2.10 Análisis de Consumo de Potencia por Nodo:

$$P_{total} = 2175w$$

Y la equivalencia de potencia en BTUs:

$$\frac{2Kw}{h} = 6828.85BTU$$

Por lo tanto la unidad de enfriamiento será de 7200 BTU que corresponde al cálculo requerido por el nivel de disipación de calor emitido por los equipos a ser instalados en el centro de cómputo.

Con el fin de disponer de un centro de cómputo adecuado, la Figura 2.11 muestra una propuesta de distribución para el nodo de servicios con su respectiva separación para el cuarto frío de equipos.

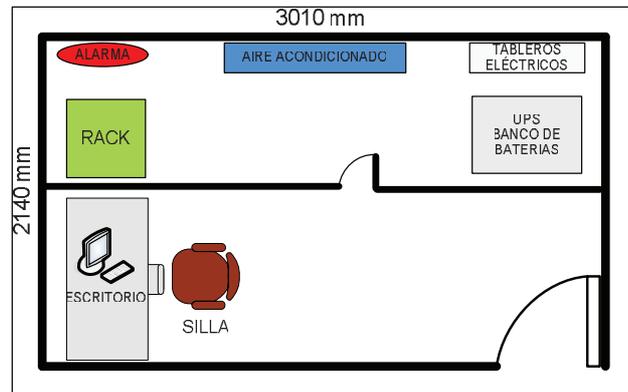


Figura 2.11 Propuesta de Distribución del Centro de Cómputo del Nodo de Servicios.

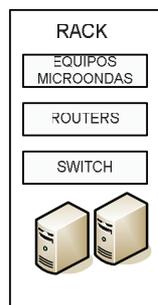


Figura 2.12. Rack de Equipos.

Considerando las características de temperatura de los equipos a ser instalados en el centro de cómputo, el cuarto frío tendrá una temperatura máxima de 15°C para poder conservar adecuadamente el funcionamiento de los equipos de comunicaciones.

La característica del cuarto frío es definida como tipo conservador en la que la temperatura del mismo oscila entre 0°C y 15°C y el espesor de aislamiento que se requiere para este tipo de cuartos es de 2 pulgadas.

#### **2.3.2.2.2.7 *Nodos de Acceso***

Se define como nodos de acceso los sitios que permitirán por un lado la conexión hacia el backbone de la red de Internet y por el otro el acceso de las unidades educativas hacia la red inalámbrica.

En todos los nodos se instalarán infraestructura física y eléctrica de acuerdo a los estándares de calidad propuestos, así se tiene:

- Caseta / Caja de equipos detallada anteriormente.
- Sistema a tierra menor o igual a 5 ohmios según estándares.
- UPS y banco de baterías.
- Seguridades: mallas de protección, candados, alarmas o sistemas de control de acceso al centro de cómputo.
- Equipamiento a instalarse serán: torres, pararrayos, enlaces, enrutadores, switches.

#### **2.3.2.2.2.8 *Infraestructura Física en Centros Educativos***

En cada uno de los centros educativos se tendrá la siguiente infraestructura física:

- Mástiles, cuyas alturas específicas se establecieron según los cálculos de perfiles topográficos.
- Rack abierto empotrado en la pared con regleta eléctrica y bandeja de equipos.
- UPS sin banco de baterías.
- Sistema a tierra menor o igual a 5 ohmios según estándares.
- Cableado estructurado con cable FTP categoría 5E norma ANSI/EIA/TIA 568 A-B para interconexión entre IDU-ODU-AP.
- Canaletas internas y/o mangueras plásticas de protección de cables.
- Radio de enlace con interfaz Fast Ethernet.
- Red de Área Local Inalámbrica (WiFi) para distribución de acceso a Internet.

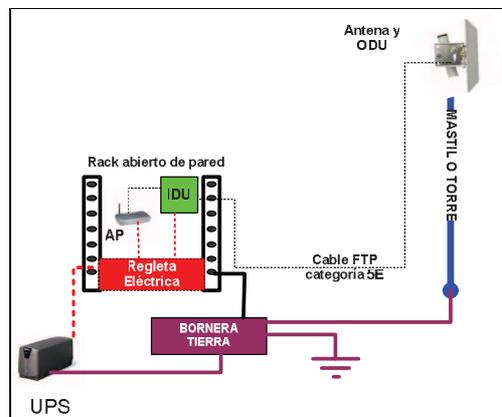


Figura 2.13 Diseño de Instalación Física en Centros Educativos

Existen casos específicos en los cuales la ubicación geográfica de la escuela es totalmente obstruida por la vegetación y el uso de torres de telecomunicaciones sobrepasan los valores permitidos por los estándares; en estos casos se procederá a trasladar la instalación del mástil hacia la parte más alta (cerro, casa o edificio) cercano a la escuela y la interconexión se realizará mediante cable FTP hasta 100 metros. A continuación, en la Figura 2.14 se detalla el esquema de conectividad:

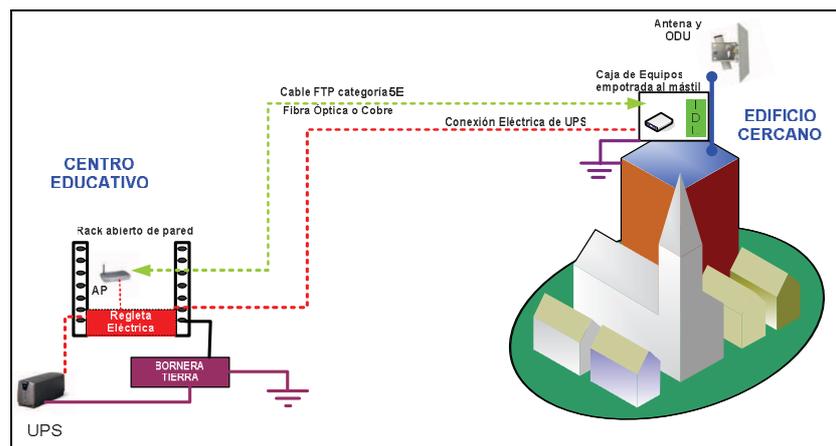


Figura 2.14 Diseño de Instalación Física en Centros Educativos – Casos Especiales.

### 2.3.2.4 Red Troncal o Red de Backbone

Se define como red troncal o de backbone los enlaces punto a punto que permiten la conexión de todos los nodos de acceso hacia el Nodo de Servicios formando de esta manera la red inalámbrica principal del proyecto.

#### 2.3.2.4.1 Topología

Debido a la geografía de Pelileo se han realizado un diseño de conectividad que utiliza topologías físicas tipo estrella.

La figura 2.15 detalla la topología física de la red a interconectar:



Figura 2.15 Topología Física de la Red de Backbone.

#### 2.3.2.4.2 Dimensionamiento de Enlaces y Disponibilidad de Servicio

Dados los requerimientos del diseño y de los resultados obtenidos con la herramienta para el cálculo de radio-enlaces, la Tabla 2.12 indica las características principales de la red de backbone.

Enlace	Ancho de Banda Requerido [Kbps]	Distancia [Km]	Frecuencia [Ghz]	Ganancia de Antenas [dBi]	Disponibilidad [%]
Nitón – Palacio Municipal	41490	3	5,4	17	99,8
Nitón – Angamarquillo	9216	14,5	5,4	17	99,8
Nitón – San Fernando	19465	9,7	5,4	17	99,8
Nitón – 4 de Febrero	8192	13,5	5,4	17	99,8
San Fernando - Cotaló	4617	6.4	5,4	17	99,8

Tabla 2.12 Características Principales de la Red de Backbone.

A continuación se indican los cálculos obtenidos por la herramienta Link Planner de los enlaces de los nodos de la red de backbone así como también sus respectivos enlaces entre nodos.

#### ***2.3.2.4.3 Ejemplo de Cálculo de Enlaces***

Se detalla a continuación el procedimiento a seguir para la obtención de los enlaces, es indispensable que el usuario disponga de una cuenta de correo electrónico debido a que la herramienta cuando realiza los cálculos envía la información solicitada a la respectiva cuenta. Así como también de una conexión a Internet para hacer el trabajo más eficiente.

El ejemplo de cálculo se realizará entre el Nodo Nitón y el Nodo Palacio Municipal.

#### **1. Actualización de Datos Personales en la Herramienta.-**

Nos dirigimos a Tools/Herramientas como lo indica la Figura 2.16

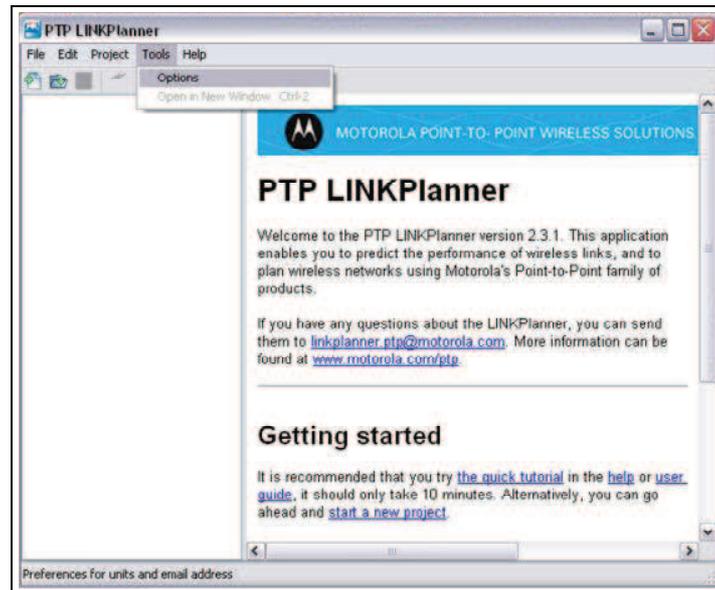


Figura 2.16 Registro de Datos Personales.

The screenshot shows the "Options" dialog box with the "Personal Information" tab selected. The fields are filled with the following data:

Field	Value
Name:	Diego Campos
Organisation:	Personal com
Phone:	092537472
Email:	diegoacampos@gmail.com

Below the email field, the text reads: "Terrain profile data will be delivered to this email address". At the bottom of the dialog, there are "OK" and "Cancel" buttons.

Figura 2.17 Ingreso de Datos.

## 2. Creación de un nuevo proyecto.-

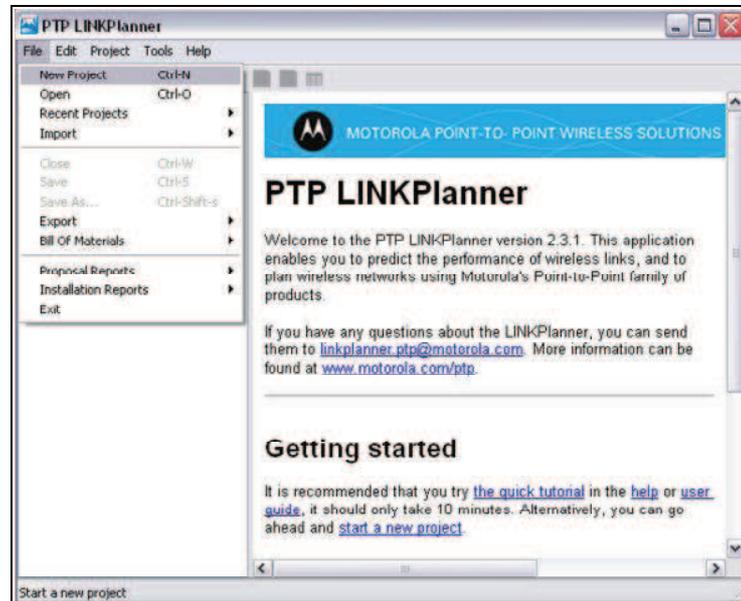


Figura 2.18 Creación de un Nuevo Proyecto para el Cálculo de Enlaces.

## 3. Ingreso de Puntos a Enlazar.-

Nos dirigimos a Project/New Site tal como lo indica la Figura 2.19 y a continuación se ingresan las coordenadas geográficas de los puntos a enlazar y la altura a la cual estarán los radios como lo indica la Figura 2.20

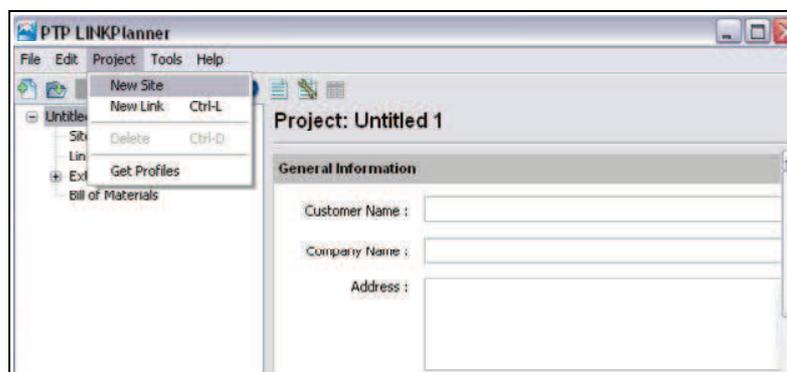


Figura 2.19 Creación de Puntos a Enlazar.

The dialog box is titled "Add new site to project 'Untitled 1'". It contains the following fields:

- Name: NODO NITON
- Maximum Height: 1.5 meters
- Latitude: 01:16:41.65
- Longitude: 078:32:10.2W
- Description: SI LA ALTURA IMPIDE UN CORRECTO ENLACE ESTA SE PUEDE MODIFICAR UNA VEZ REALIZADO EL CÁLCULO DEL ENLACE RESPECTIVO.

Buttons: OK, Cancel

Figura 2.20 Ingreso de Datos del Nodo Nitón.

The dialog box is titled "Add new site to project 'Untitled 1'". It contains the following fields:

- Name: PALACIO MUNICIPAL
- Maximum Height: 2 meters
- Latitude: 01:19:35.85
- Longitude: 078:32:34.6W
- Description: (empty)

Buttons: OK, Cancel

Figura 2.21 Ingreso de Datos del Nodo Palacio Municipal.

Se realiza el mismo procedimiento para el ingreso de todos los enlaces del proyecto, una vez realizado esto se procede con la solicitud de cálculo del enlace deseado entre dos puntos como lo indica la Figura 2.22.

The dialog box is titled "Add new link to project 'Untitled 1'". It features two search boxes labeled "From:" and "To:". Below each search box is a list of nodes:

- From: NODO NITON, PALACIO MUNICIPAL
- To: NODO NITON, PALACIO MUNICIPAL

Buttons: New Site, OK, Cancel

Text: Press OK to create the link

Figura 2.22 Selección del Enlace deseado.

Cuando la solicitud de cálculo es realizada nos dirigimos a Project/Get Profiles como indica la Figura 2.23 para que el resultado sea enviado a la cuenta de correo del usuario. Esta instrucción realiza el cálculo en conjunto con la herramienta Google Earth que es una aproximación muy clara de la geografía del sector que se desea analizar.

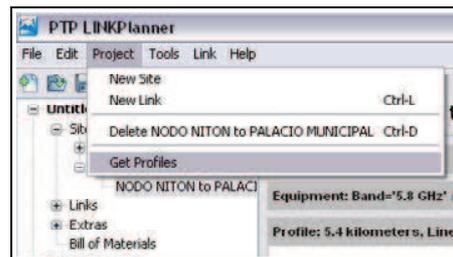


Figura 2.23 Solicitud de Cálculo del Enlace.

Una vez que la información es enviada al correo, ésta se descarga para posteriormente abrirla con la herramienta de cálculo, obteniendo como resultado toda la información necesaria del enlace analizado. La Figura 2.24 muestra el sumario del enlace para el ejemplo de cálculo.

El sumario del enlace mostrado en las figuras obtenidas por la herramienta Link Planner nos representa:

- a. **System Gain Margin.-** Es el margen de ganancia en dB para la operación del enlace con una modulación robusta.
- b. **Free Space Path Loss.-** Es la cantidad de atenuación en la señal viajando por el vacío.
- c. **Excess Path Loss.-** Cantidad de atenuación debido a las obstrucciones del enlace. Si el enlace tiene una completa línea de vista, este valor será cero.
- d. **Total Path Loss.-** Es la suma de las pérdidas por espacio libre y las pérdidas debido a las obstrucciones.

e. **Mean Aggregate Data Rate.**- Es la capacidad máxima del enlace en Mbps.

f. **Link Availability.**- Es la disponibilidad del enlace.

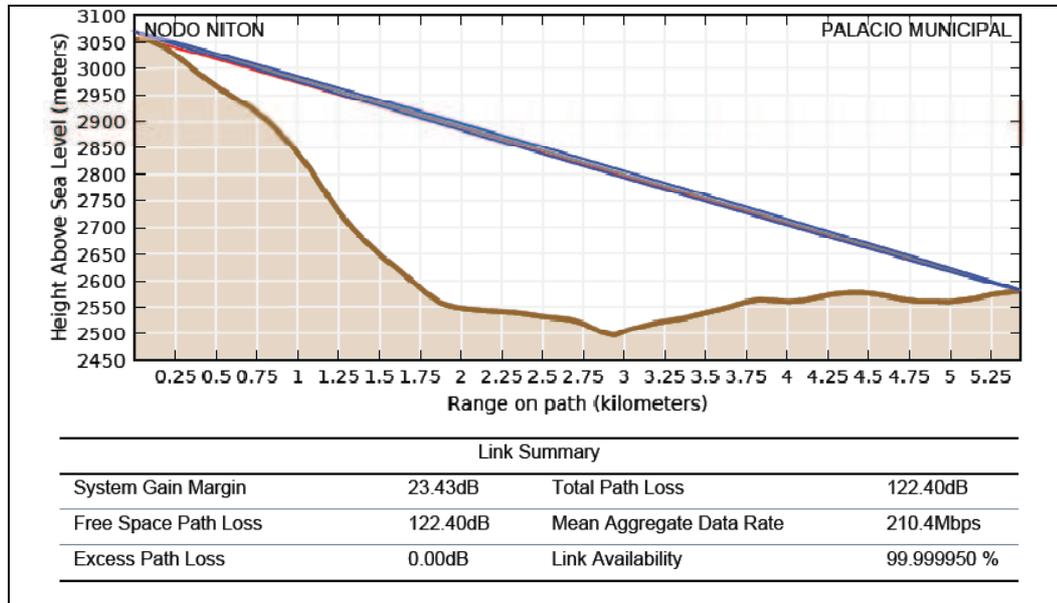


Figura 2.24 Enlace Nodo Angamarquillo – Palacio Municipal.

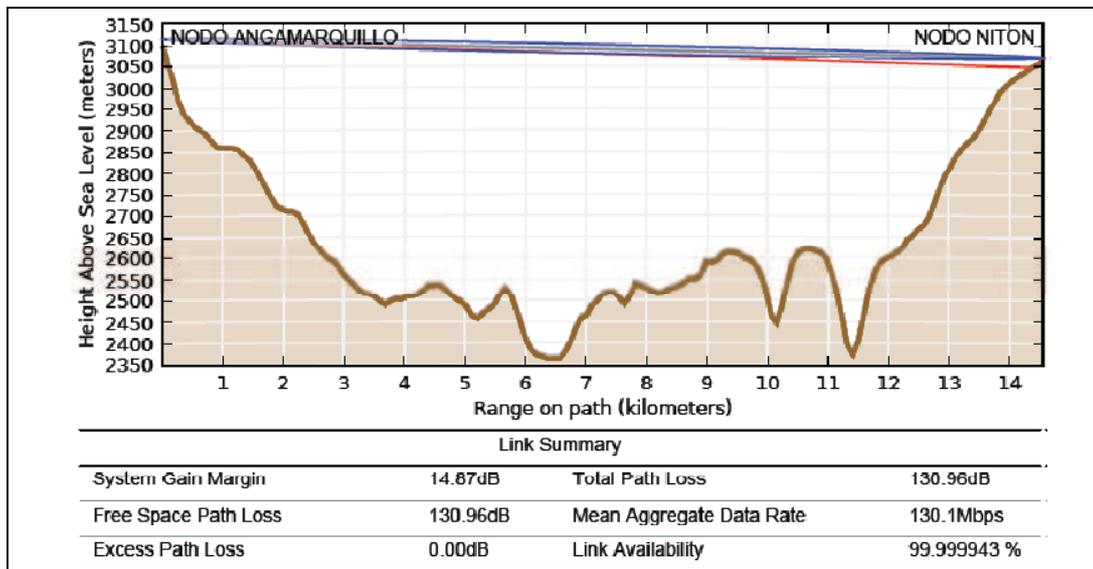


Figura 2.25 Enlace Nodo Angamarquillo – Nodo Nitón.

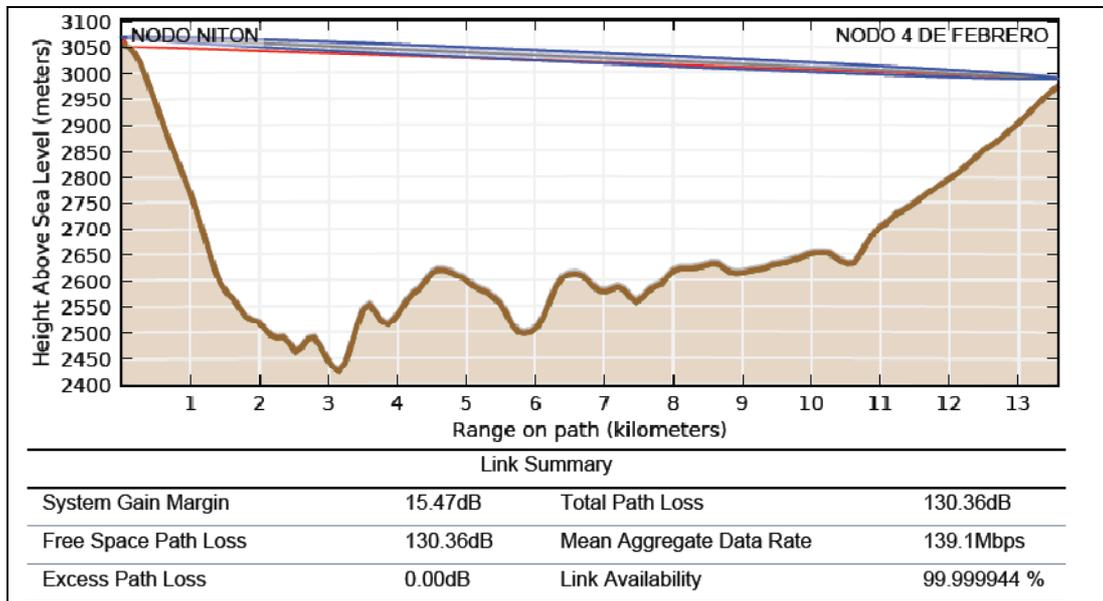


Figura 2.26 Enlace Nodo Nitón – Nodo 4 de Febrero.

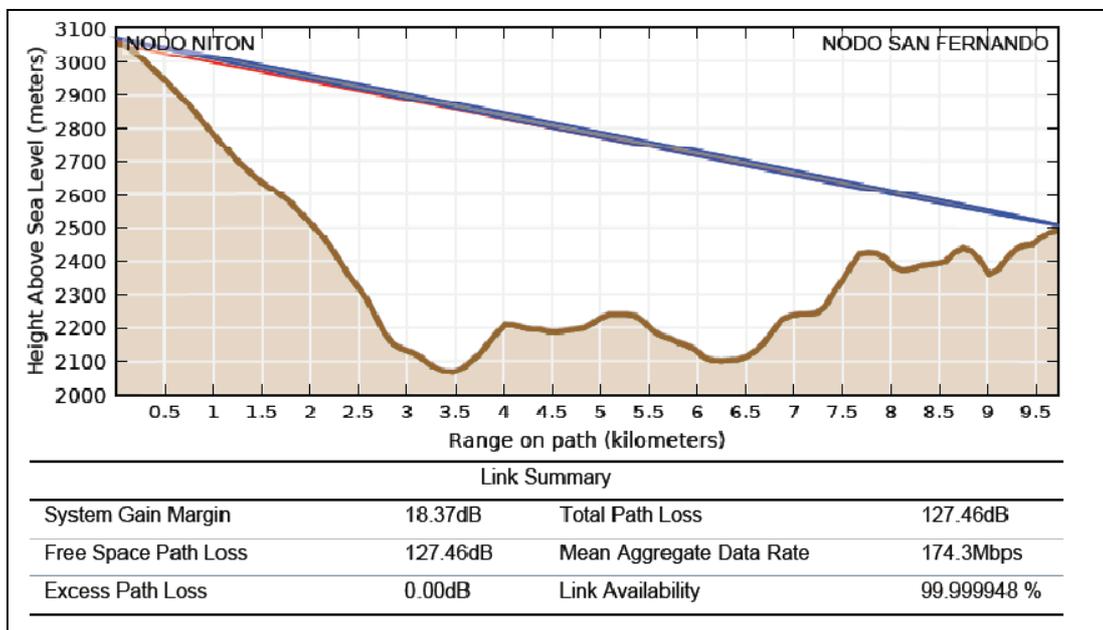


Figura 2.27 Enlace Nodo Nitón – Nodo San Fernando.

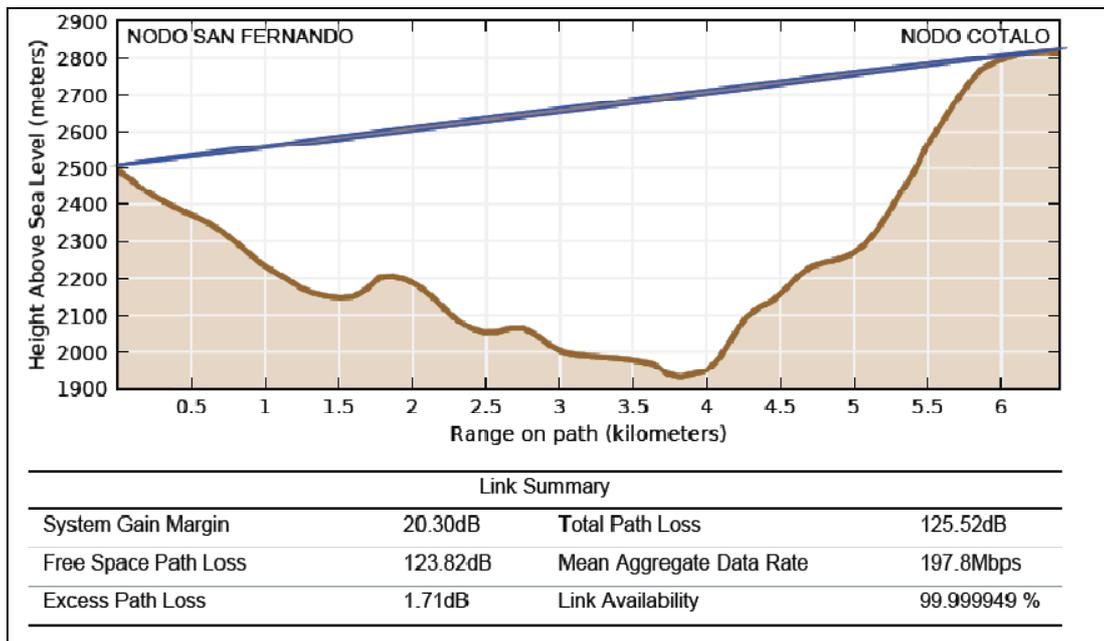


Figura 2.28 Enlace Nodo San Fernando – Nodo Cotaló.

### 2.3.2.5 Red de Acceso o Celdas IP.

Se define como celdas IP a las bases multipunto a instalarse en cada uno de los nodos de acceso y que permite la conectividad entre las unidades educativas hacia la red inalámbrica.

#### 2.3.2.5.1 Topología.

La topología a ser implementada en las redes de acceso es típicamente la topología estrella y se conectan con un punto central que es la base multipunto.

#### 2.3.2.5.2 Dimensionamiento de Enlaces y Bases Multipunto.

Para dimensionar la red, es importante hacer una consideración en función a un crecimiento futuro de la red con el incremento de centros educativos en la zona, la Tabla 2.13 muestra este análisis. El throughput es conocido como la capacidad de transmisión del enlace.

Nodo	Incremento de centros a 10 años	Velocidad de acceso máxima esperada [Kbps]	Throughput [Kbps]	Grados de cobertura	Frecuencia [GHz]	Distancia máxima entre centros educativos (Km)	# Bases por Nodo
4 de Febrero	26	512/128	13312	90	5,8	13	1
Angamarquillo	28	512/128	14336	90	5,8	14,5	1
Cotaló	19	512/128	9728	60	5,8	5	1
Nitón	39	512/128	19968	90	5,8	12	1
San Fernando	18	512/128	9216	120	5,8	7	1

Tabla 2.13 Dimensionamiento de Enlaces y Bases Multipunto.

### 2.3.2.5.3 Perfiles Topográficos

A continuación se presentan todos los enlaces que formarán parte de la red, así como también se indica el nodo al que pertenecen los mismos.

#### 2.3.2.5.3.1 Enlaces hacia Nodo 4 de Febrero

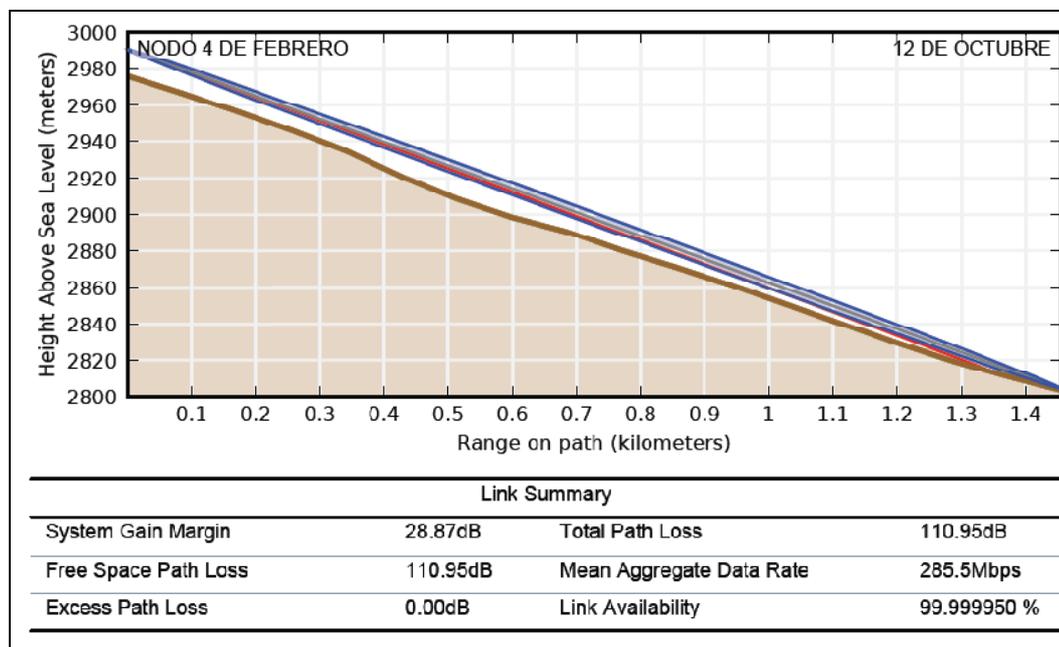


Figura 2.29 Enlace Nodo 4 de Febrero – 12 de Octubre (Mástil 1m).

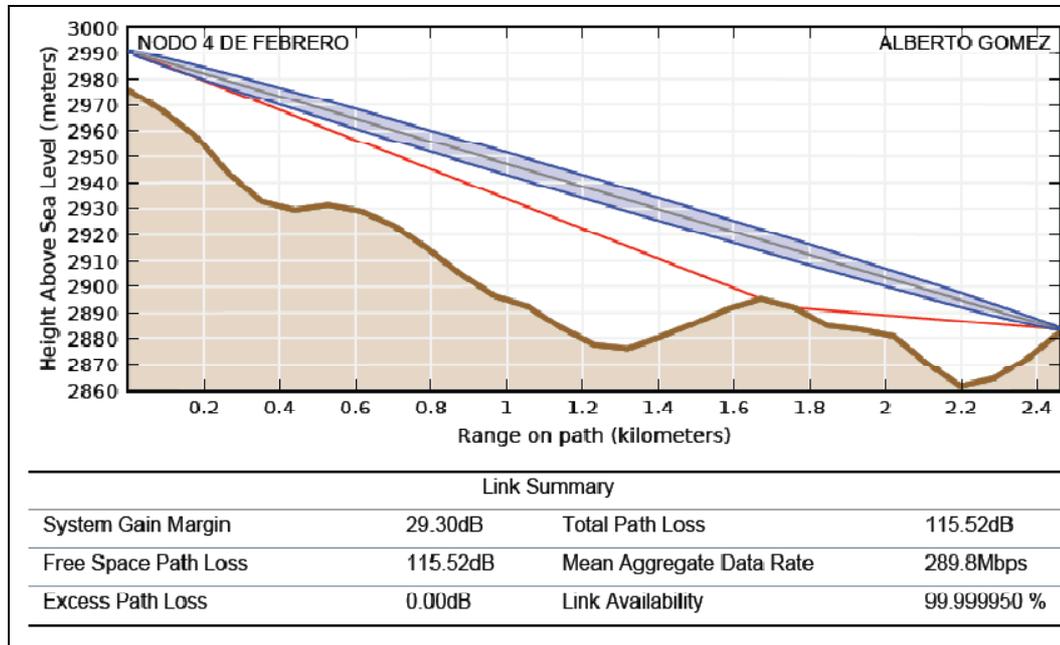


Figura 2.30 Enlace Nodo 4 de Febrero - Alberto Gómez (Mástil 1m).

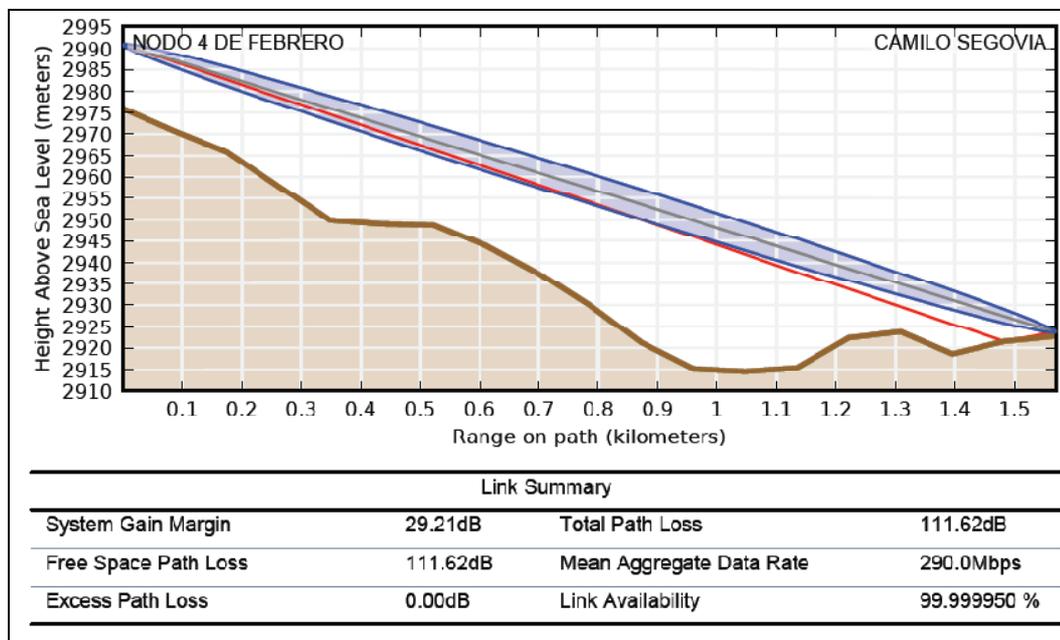


Figura 2.31 Enlace Nodo 4 de Febrero – Camilo Segovia (Mástil 1m).

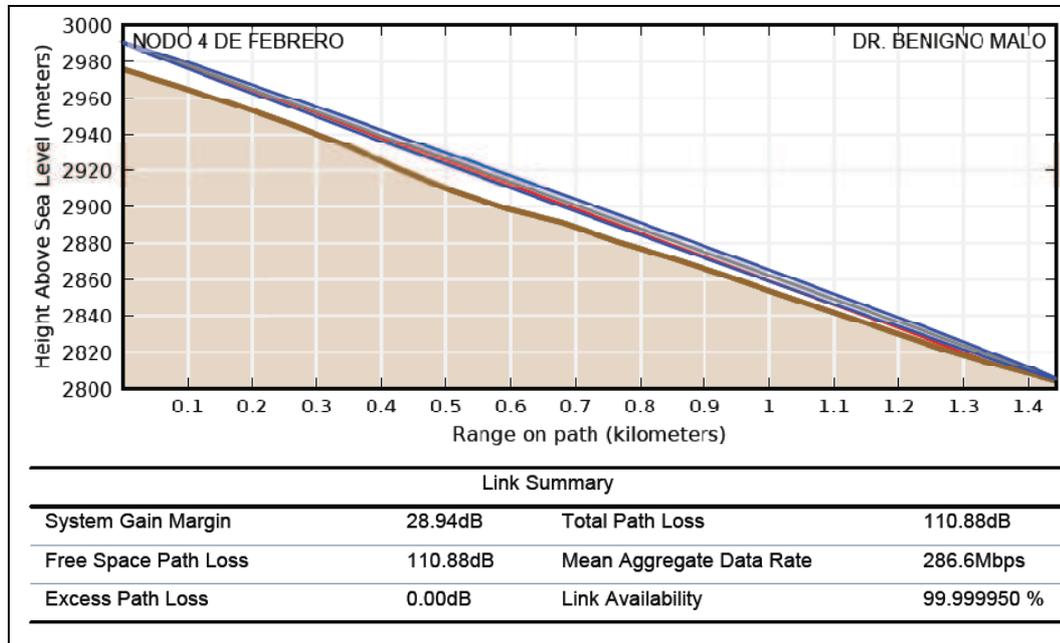


Figura 2.32 Enlace Nodo 4 de Febrero – Dr. Benigno Malo (Mástil 1m).

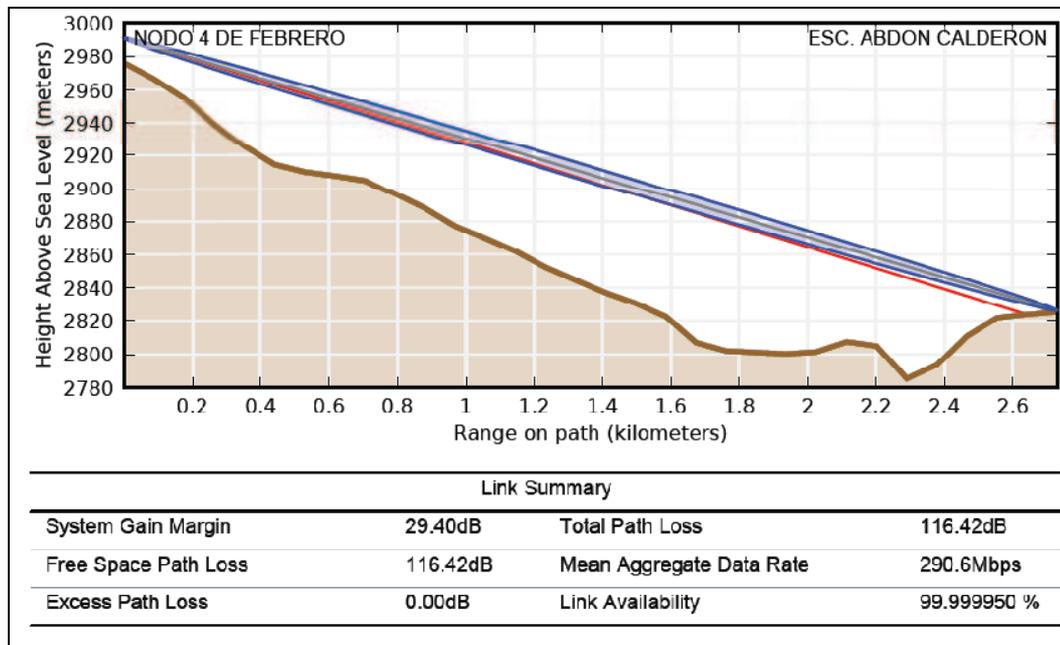


Figura 2.33 Enlace Nodo 4 de Febrero – Esc. Abdón Calderón (Mástil 1m).

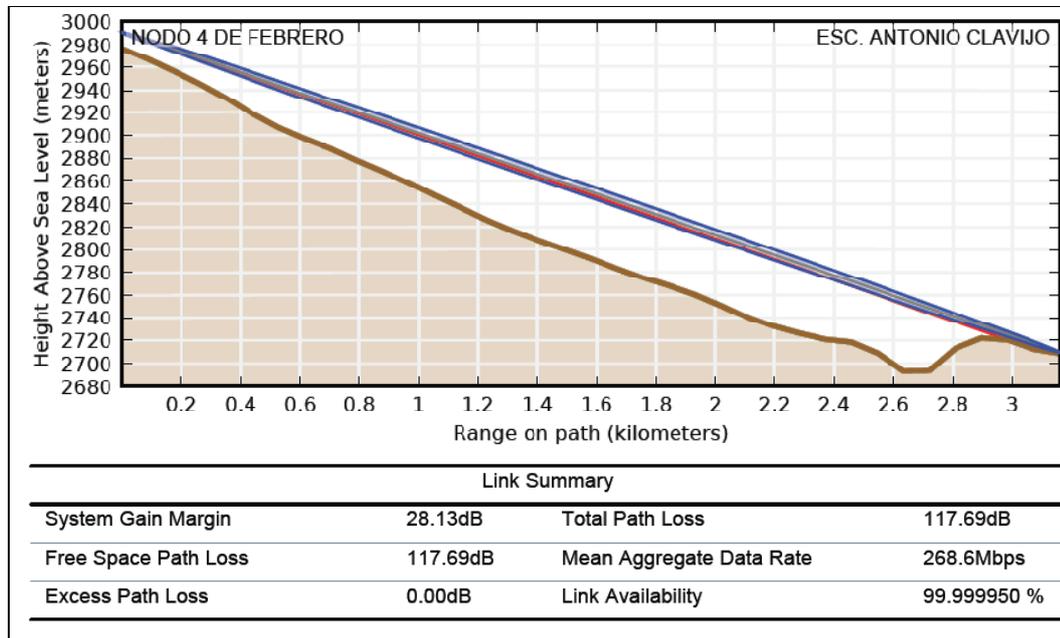


Figura 2.34 Enlace Nodo 4 de Febrero – Esc. Antonio Clavijo (Mástil 1m).

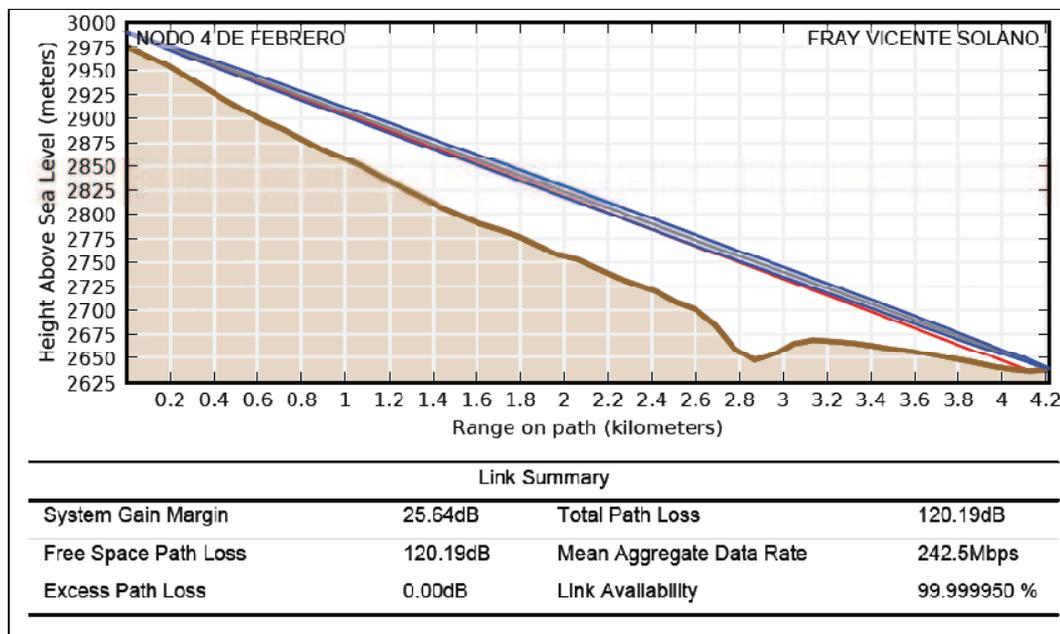


Figura 2.35 Enlace Nodo 4 de Febrero – Fray Vicente Solano (Mástil 1m).

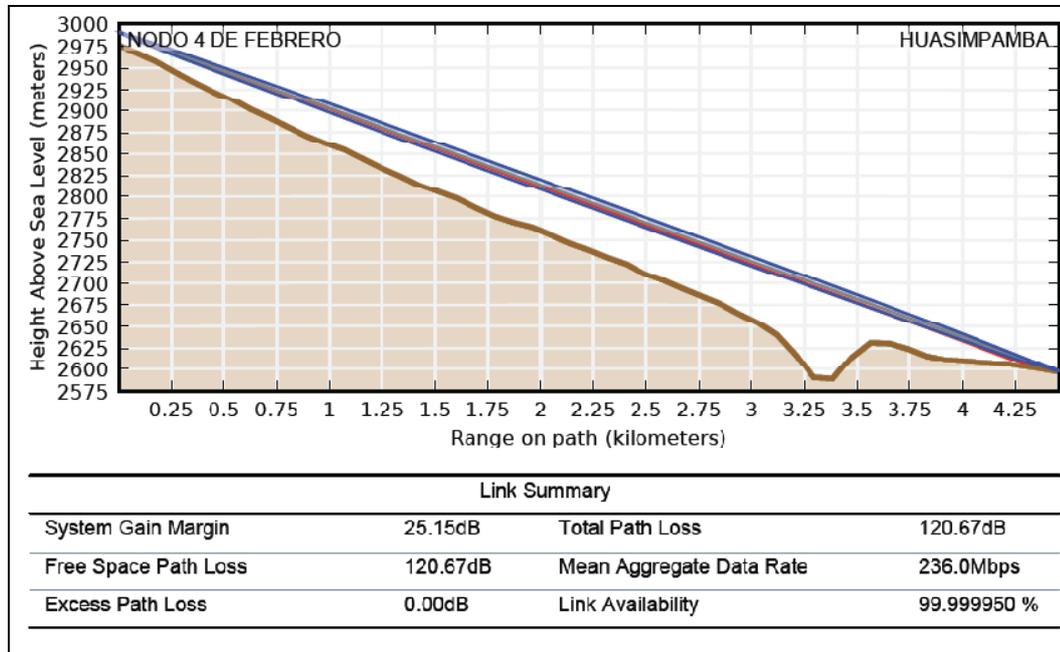


Figura 2.36 Enlace Nodo 4 de Febrero – Huasimpamba (Mástil 1m).

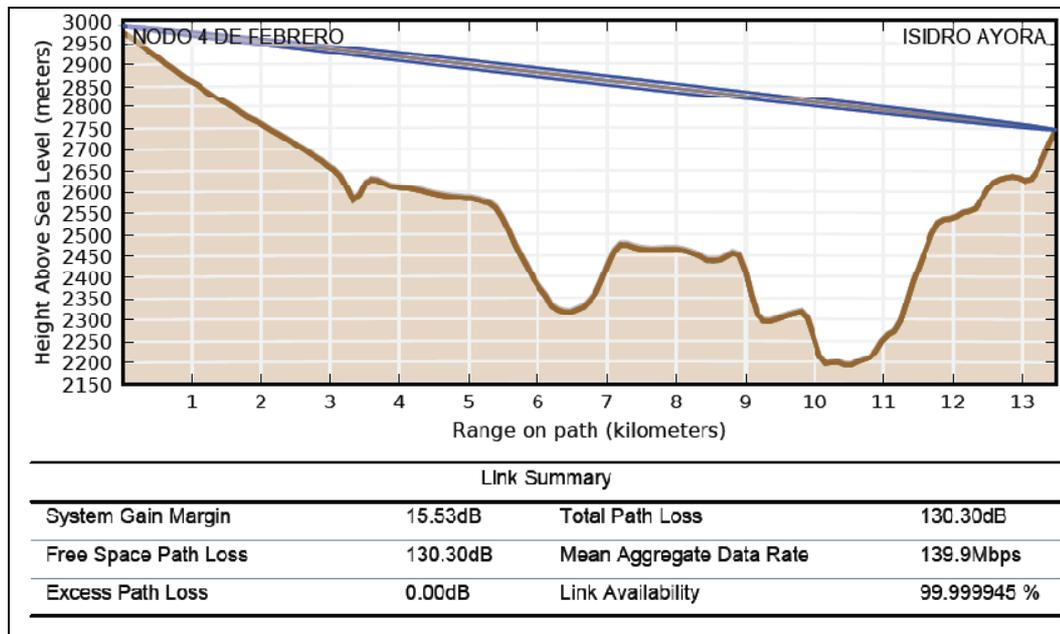


Figura 2.37 Enlace Nodo 4 de Febrero – Isidro Ayora (Mástil 1m).

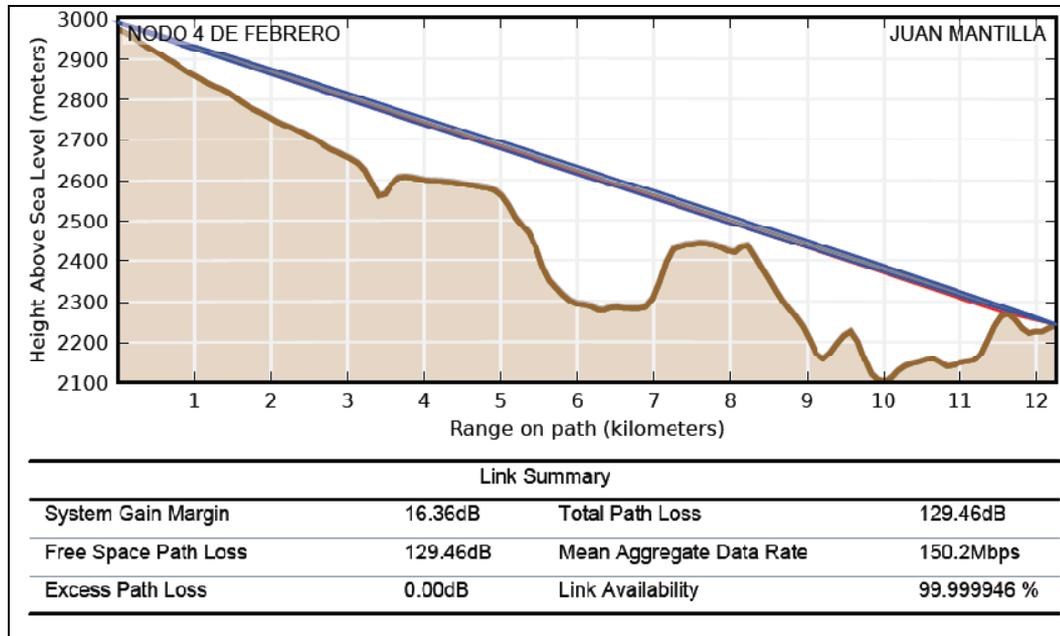


Figura 2.38 Enlace Nodo 4 de Febrero – Juan Mantilla (Mástil 1m).

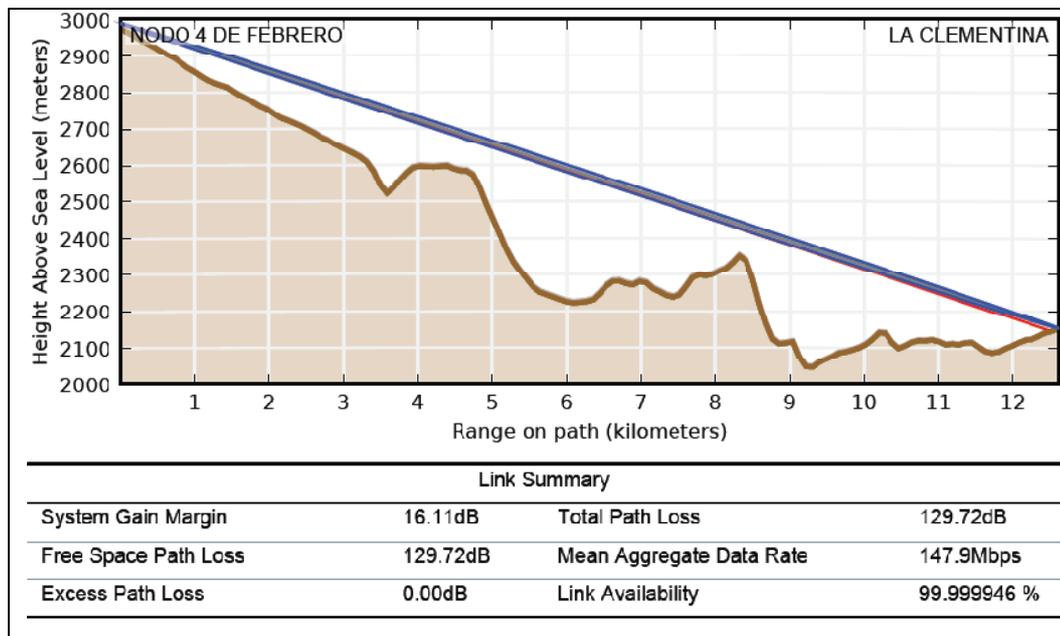


Figura 2.39 Enlace Nodo 4 de Febrero – La Clementina (Mástil 1m).

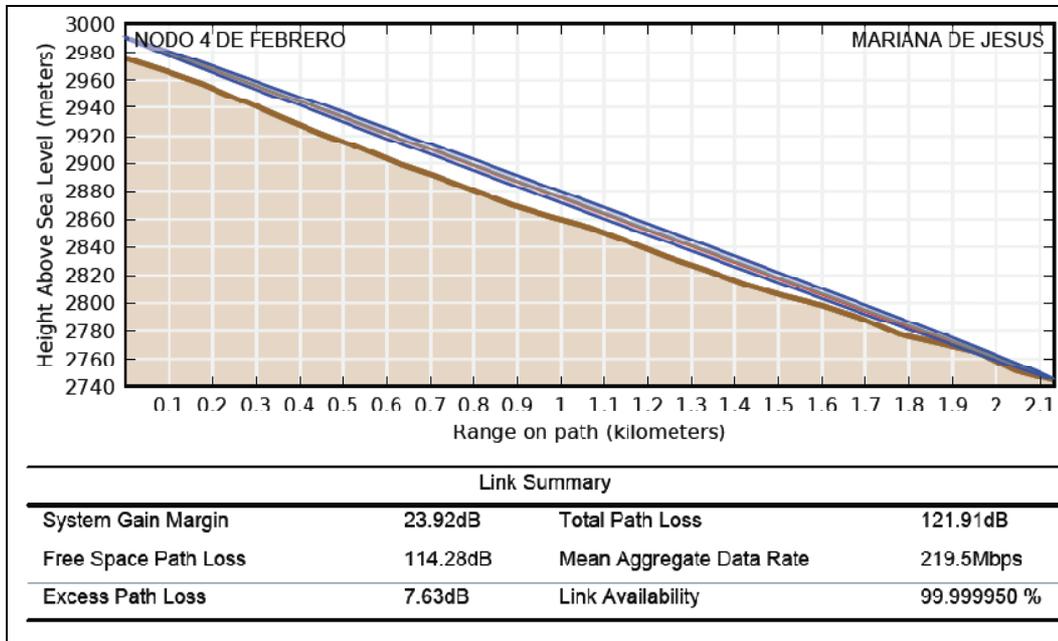


Figura 2.40 Enlace Nodo 4 de Febrero – Mariana de Jesús (Mástil 1m).

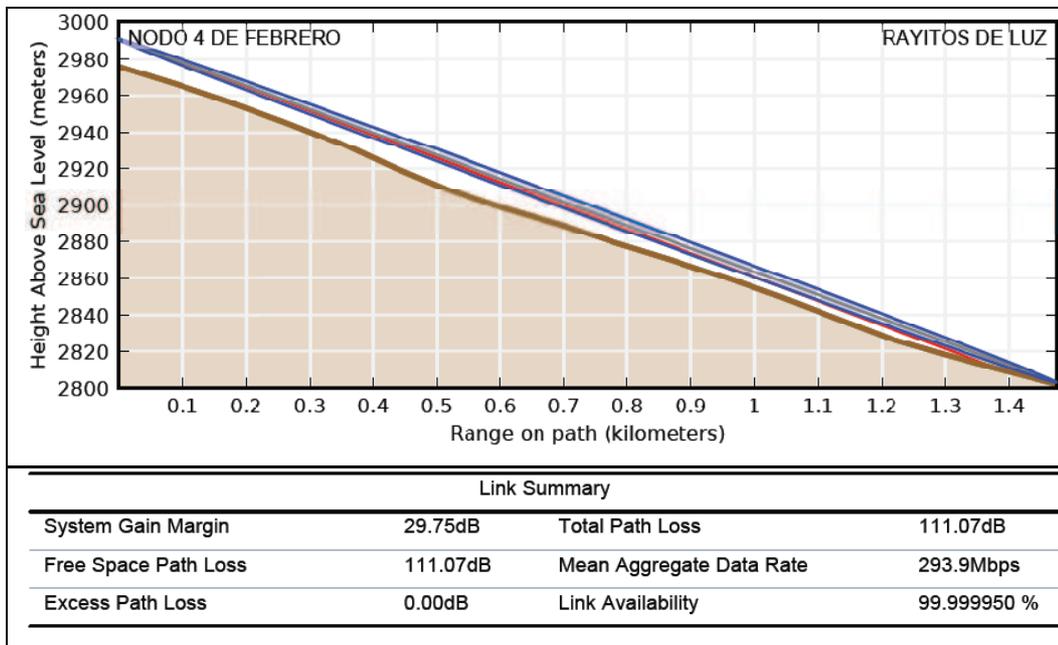


Figura 2.41 Enlace Nodo 4 de Febrero – Rayitos de Luz (Mástil 1m).

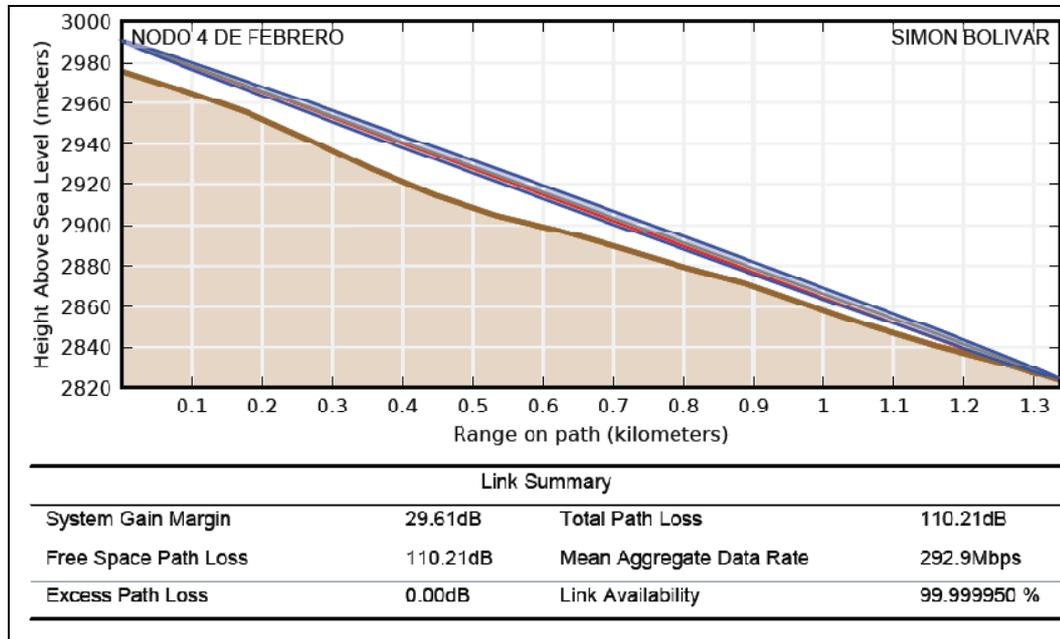


Figura 2.42 Enlace Nodo 4 de Febrero - Simón Bolívar (Mástil 1m).

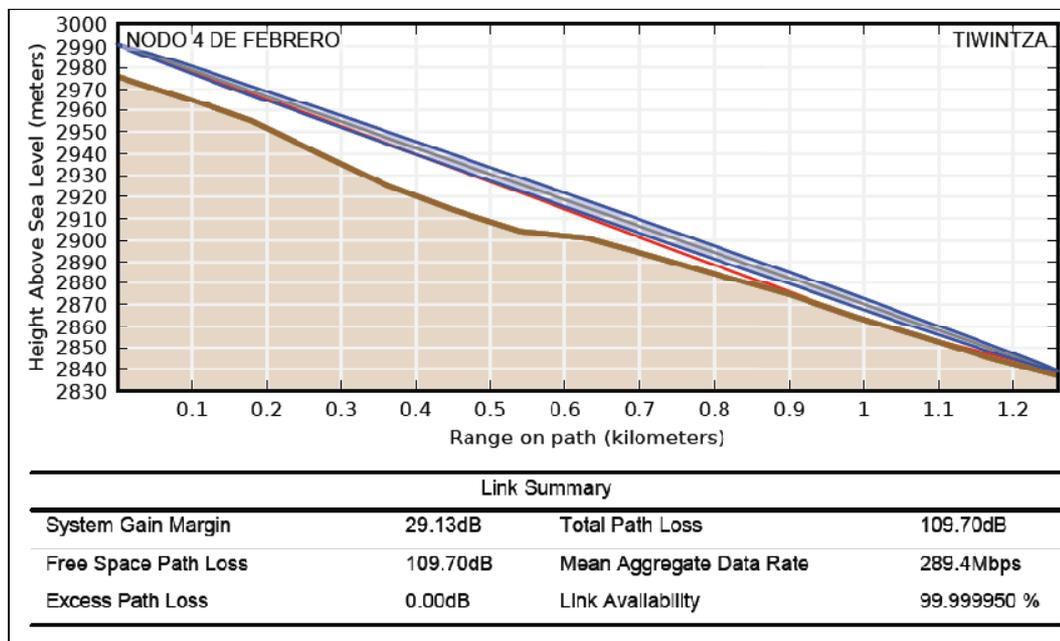


Figura 2.43 Enlace Nodo 4 de Febrero – Tiwintza (Mástil 1m).

2.3.2.5.3.2 Enlaces hacia el Nodo Angamarquillo

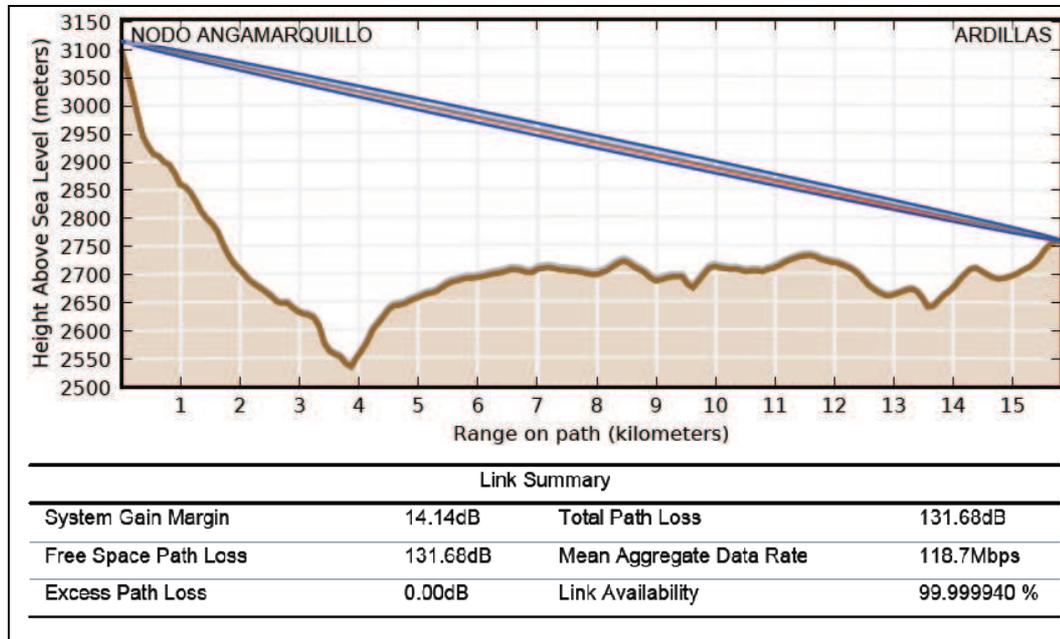


Figura 2.44 Enlace Nodo Angamarquillo – Ardillas (Mástil 1m).

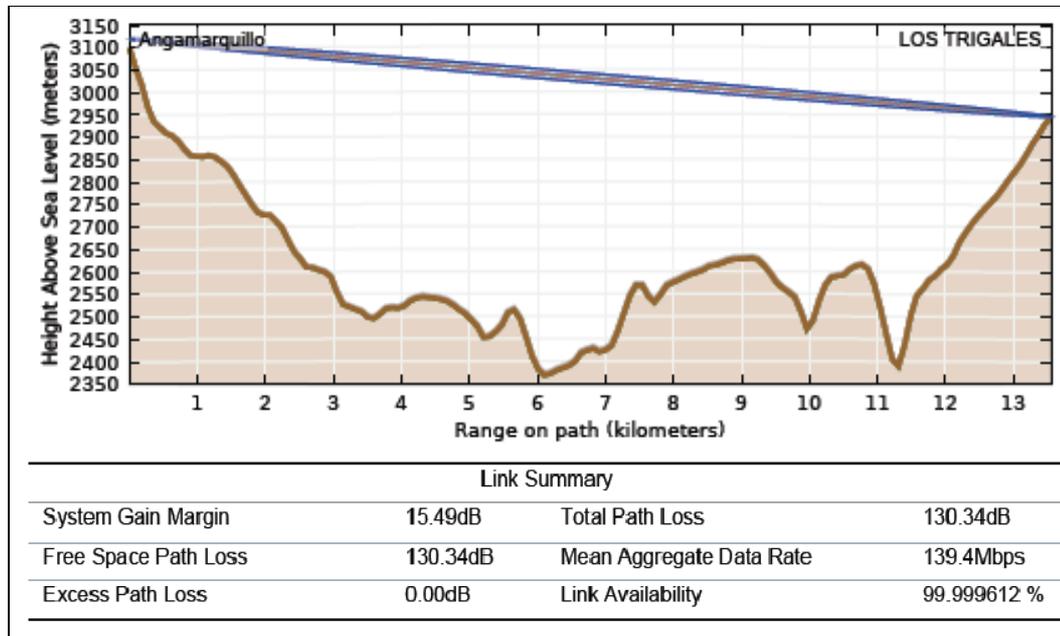


Figura 2.45 Enlace Nodo Angamarquillo - Los Trigales (Mástil 1m).

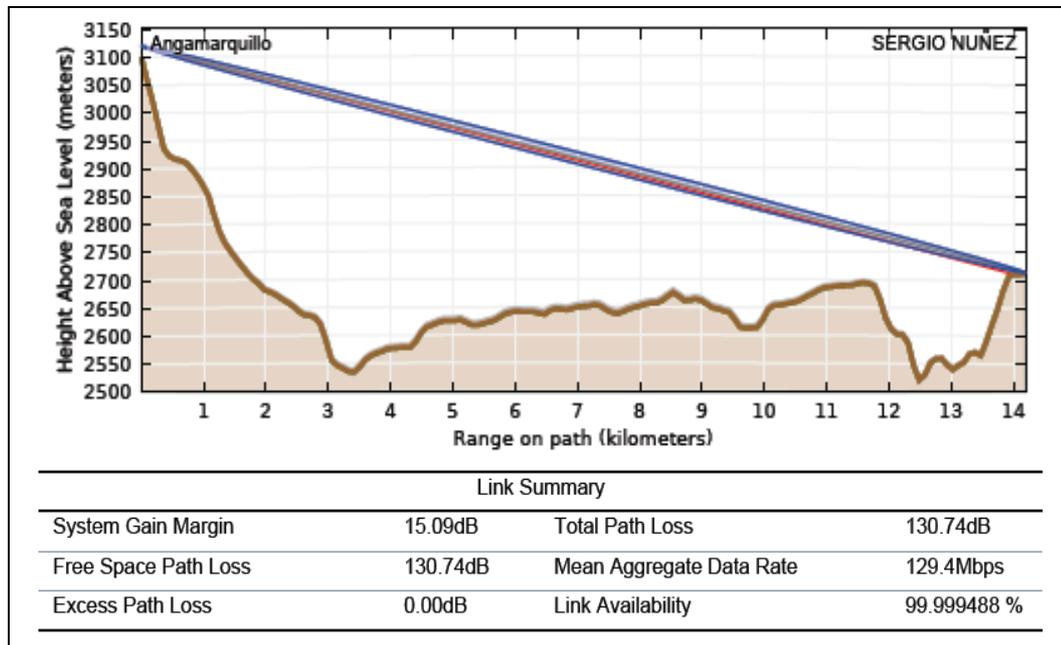


Figura 2.46 Enlace Nodo Angamarquillo - Sergio Nunez (Mástil 1m).

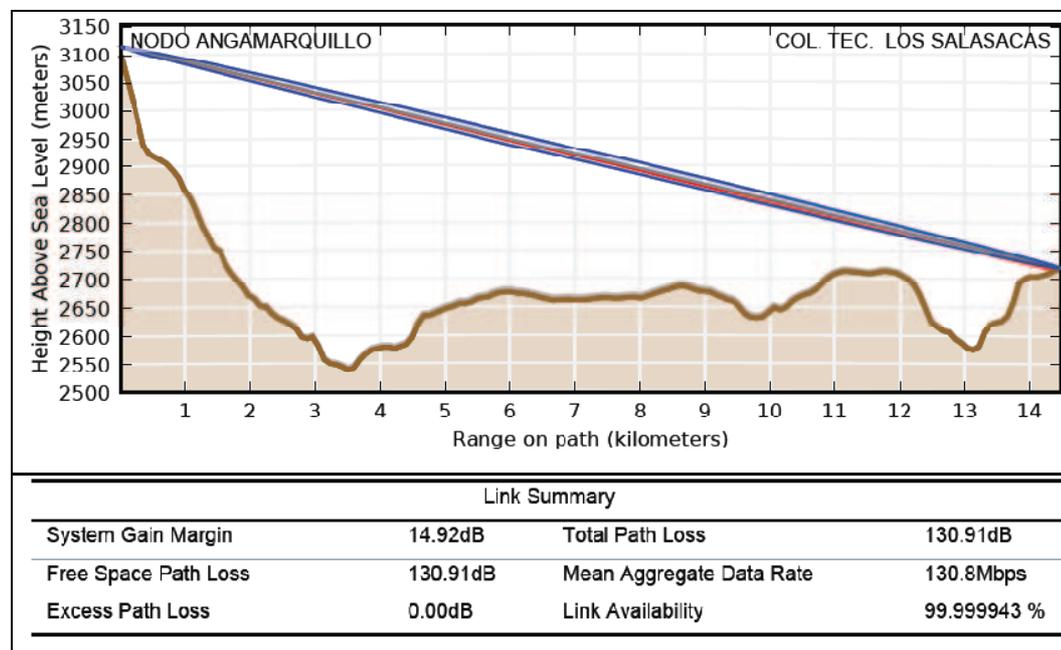


Figura 2.47 Enlace Nodo Angamarquillo - Col. Tec. Los Salasacas (Mástil 1m).

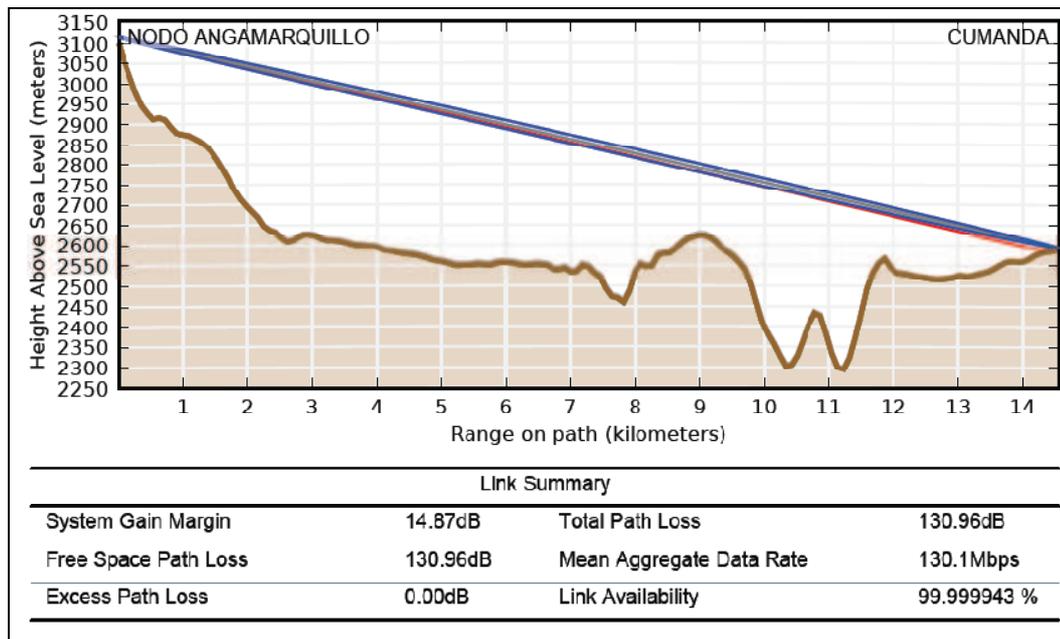


Figura 2.48 Enlace Nodo Angamarquillo – Cumandá (Mástil 1m).

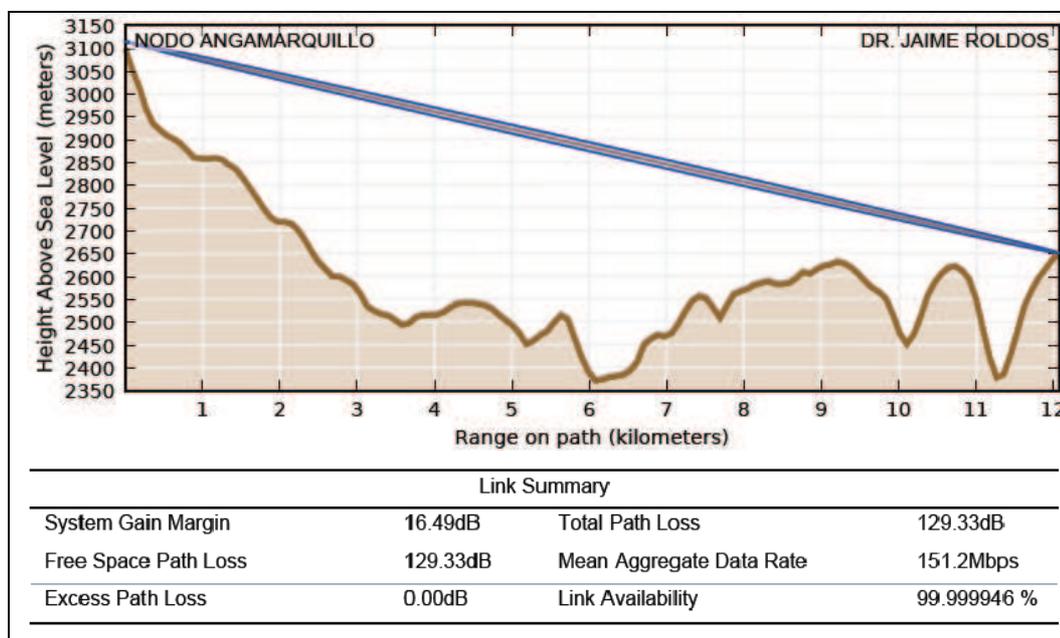


Figura 2.49 Enlace Nodo Angamarquillo - Dr. Jaime Roldós (Mástil 1m).

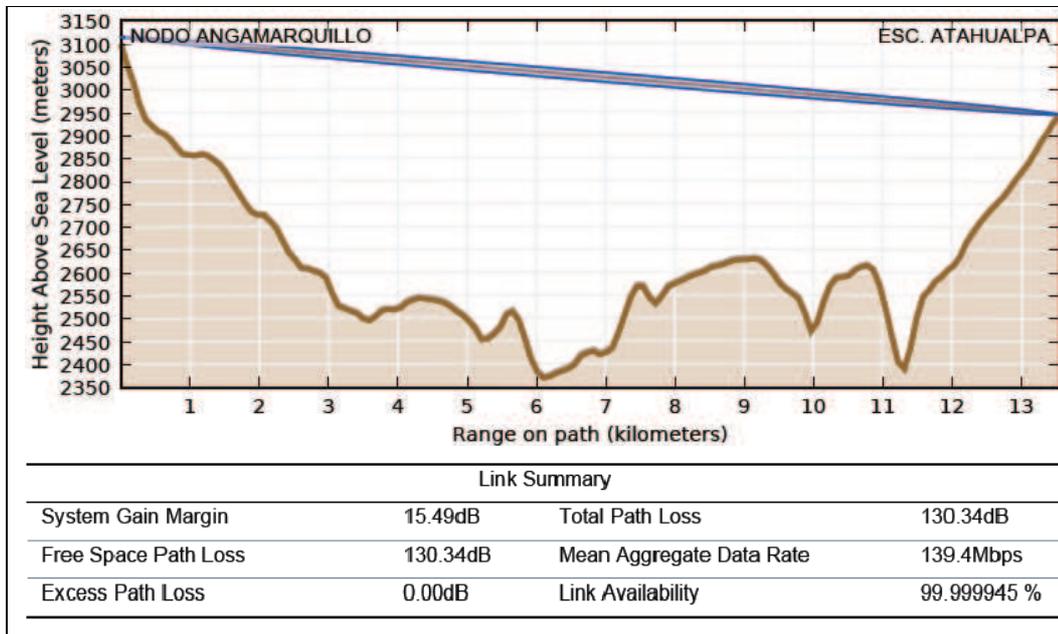


Figura 2.50 Enlace Nodo Angamarquillo - Escuela Atahualpa (Mástil 2m).

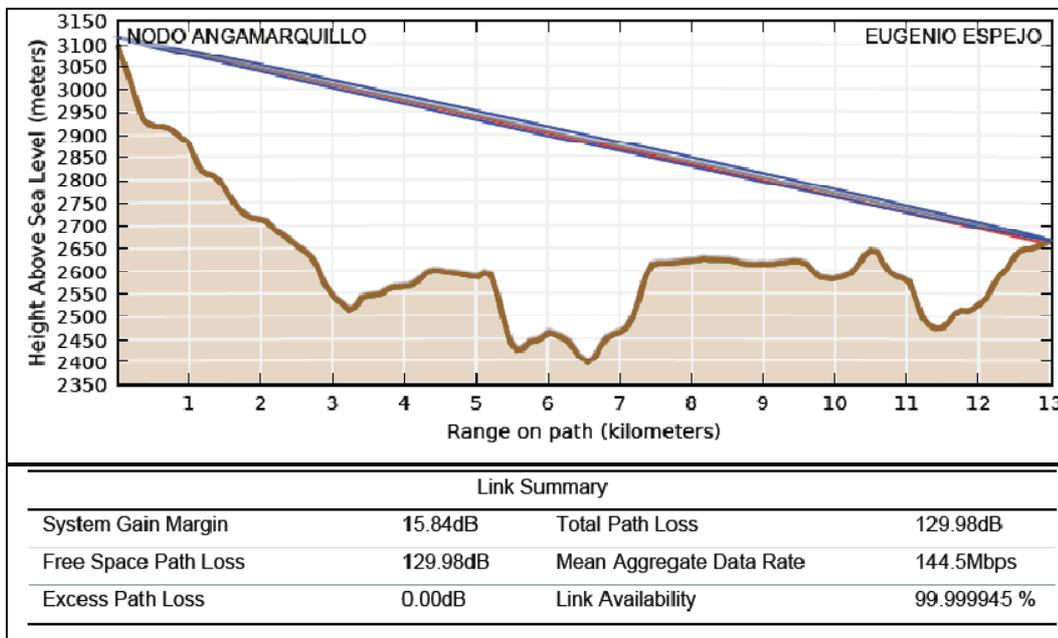


Figura 2.51 Enlace Nodo Angamarquillo - Eugenio Espejo (Mástil 1m).

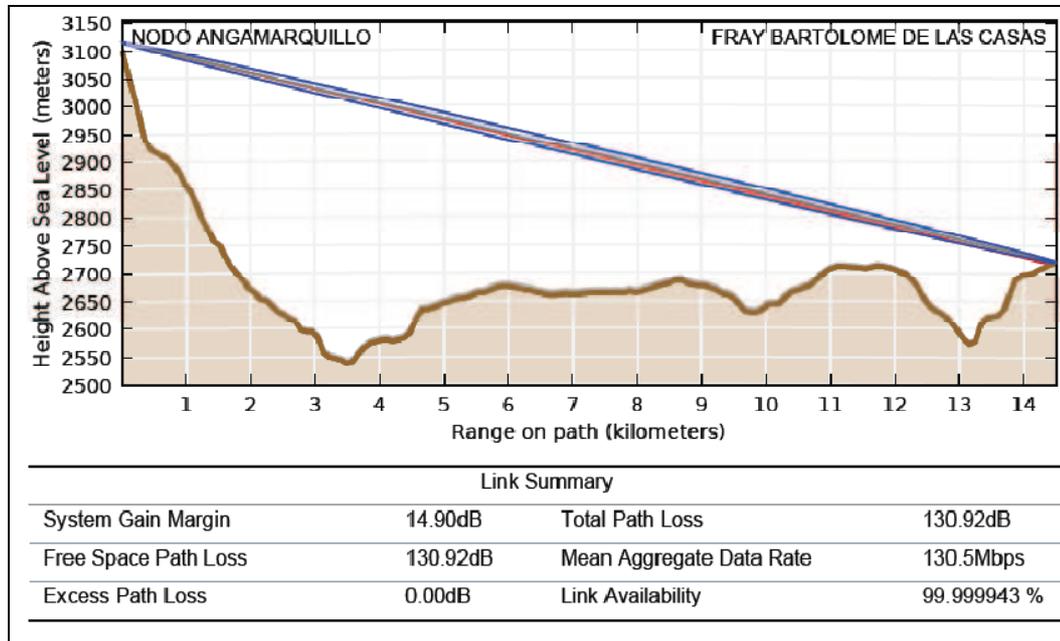


Figura 2.52 Enlace Nodo Angamarquillo - Fray Bartolomé de las Casas (Mástil 1m).

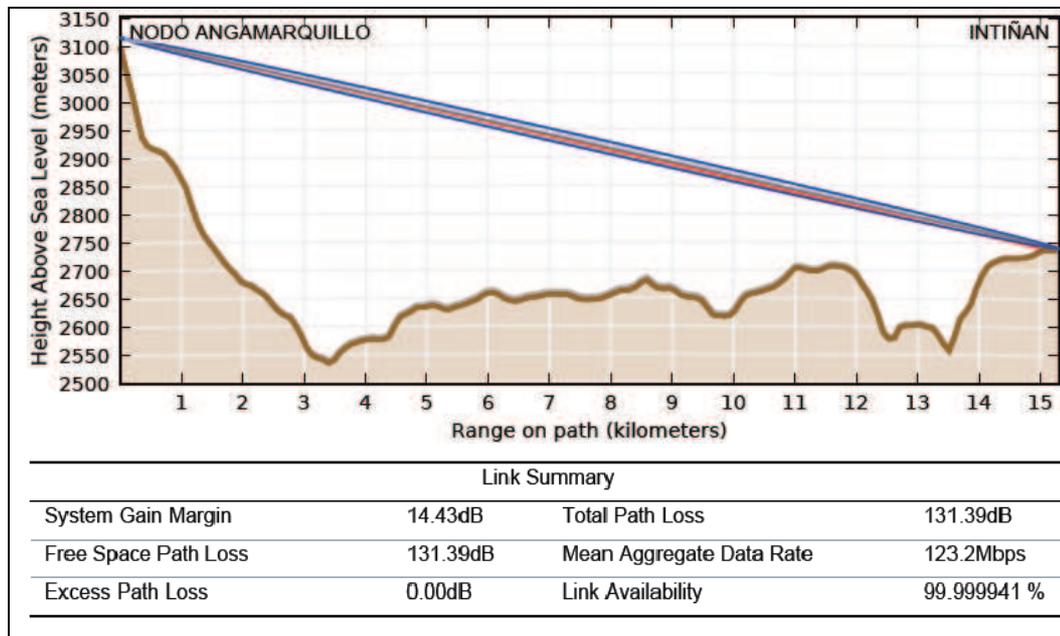


Figura 2.53 Enlace Nodo Angamarquillo – Intiñán (Mástil 1m).

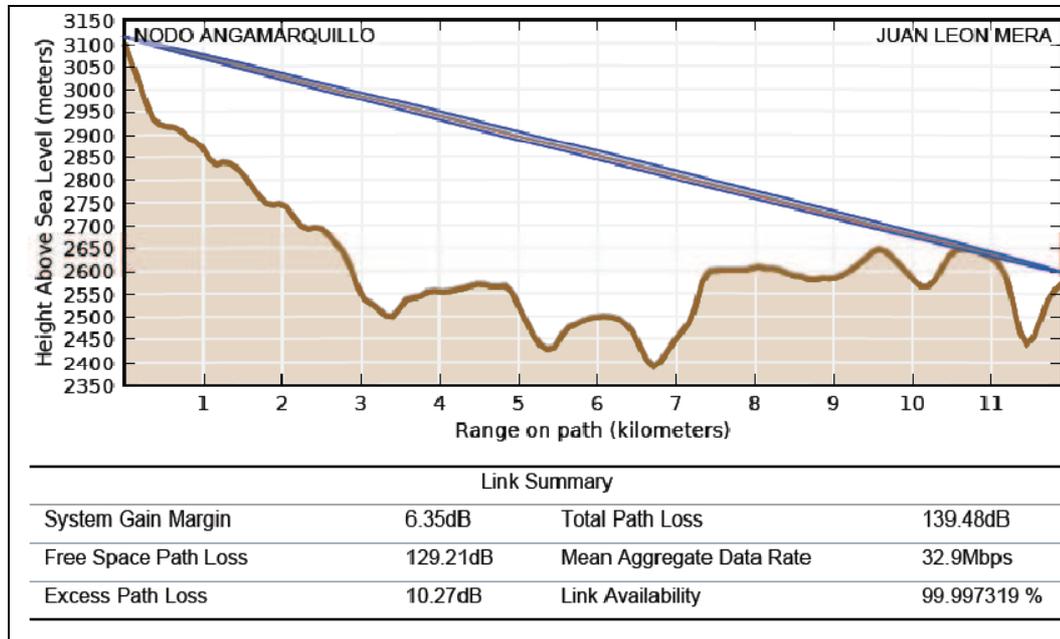


Figura 2.54 Enlace Nodo Angamarquillo - Juan León Mera (Mástil 1m).

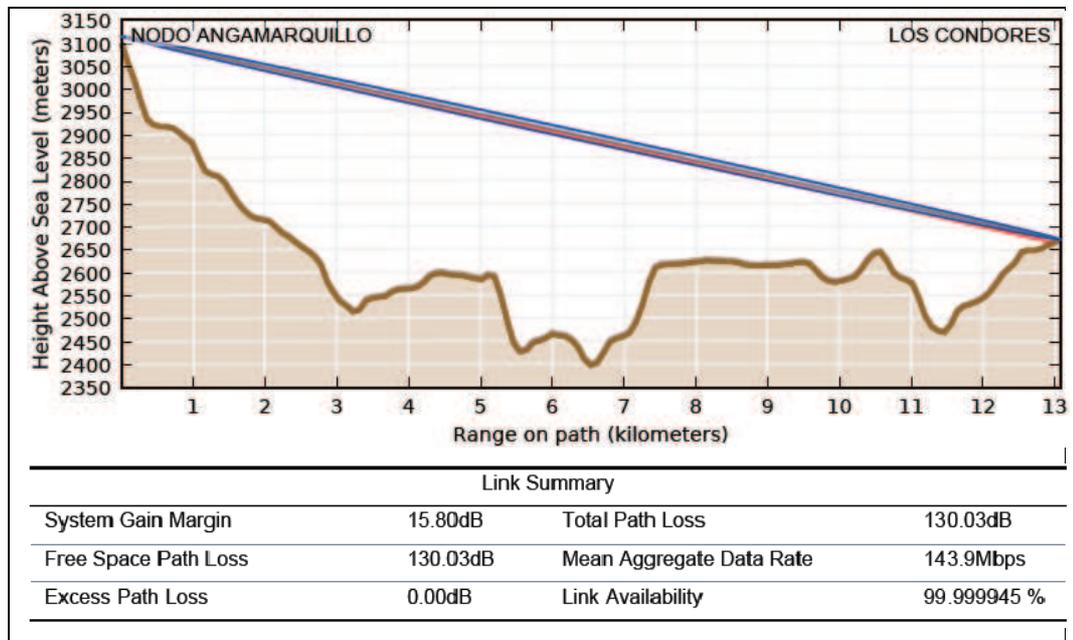


Figura 2.55 Enlace Nodo Angamarquillo - Los Cóndores (Mástil 1m).

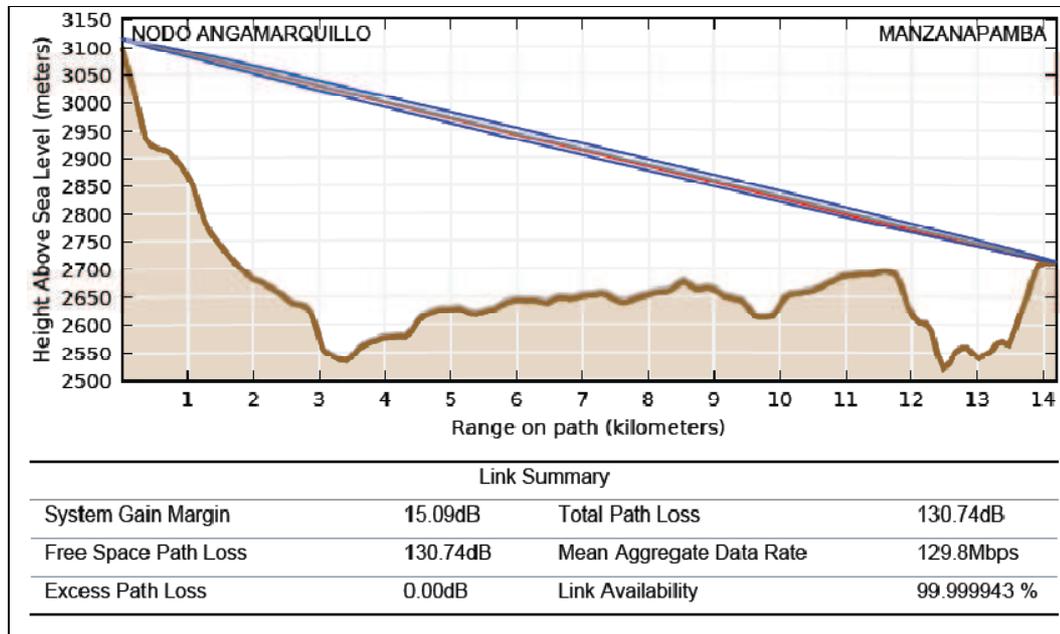


Figura 2.56 Enlace Nodo Angamarquillo – Manzanapamba (Mástil 1m).

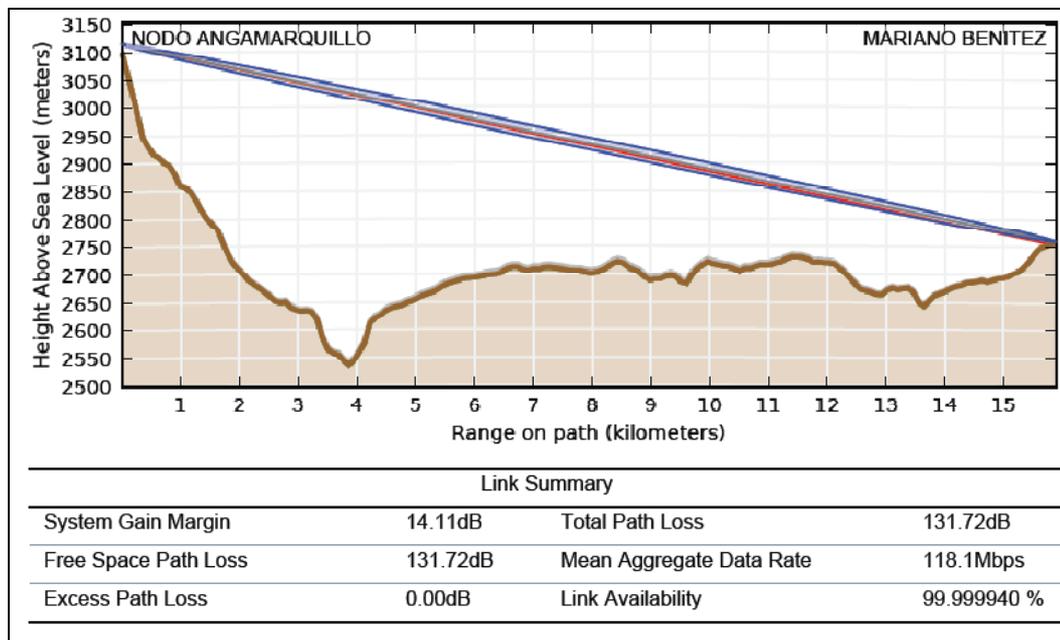


Figura 2.57 Enlace Nodo Angamarquillo - Mariano Benítez (Mástil 1m).

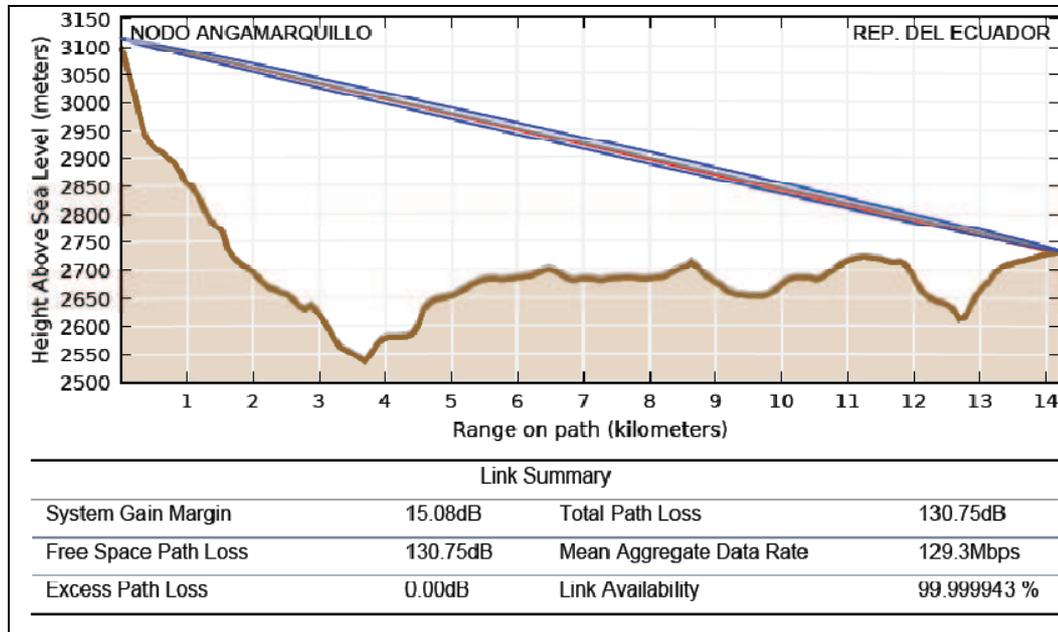


Figura 2.58 Enlace Nodo Angamarquillo - Rep. del Ecuador: (Mástil 1m).

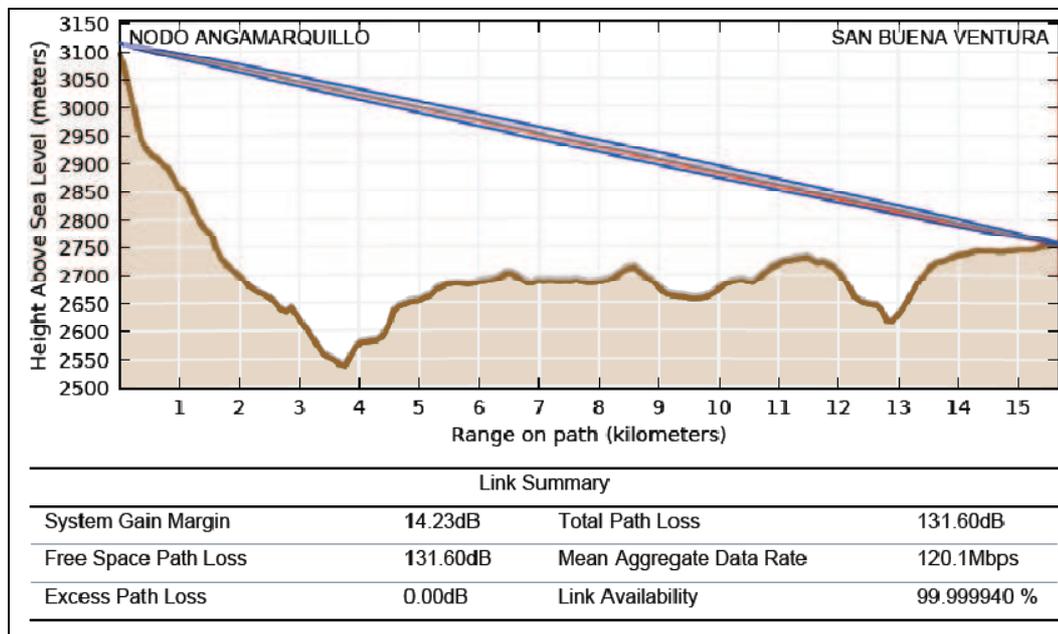


Figura 2.59 Enlace Nodo Angamarquillo - San Buena Ventura (Mástil 1m).

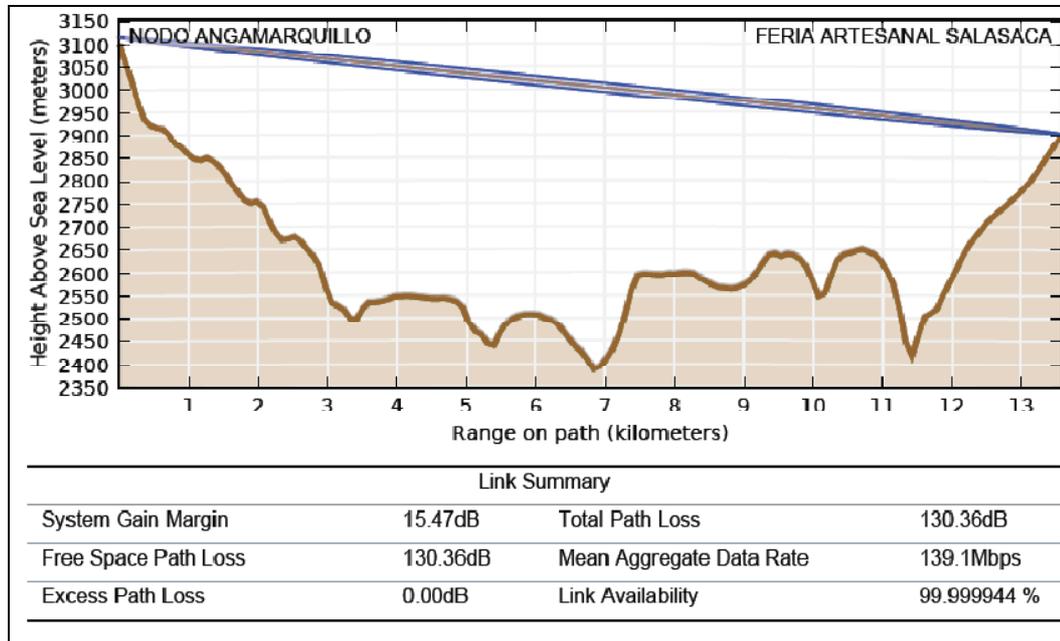


Figura 2.60 Enlace Nodo Angamarquillo – Feria Artesanal Salasaca (Mástil 1m).

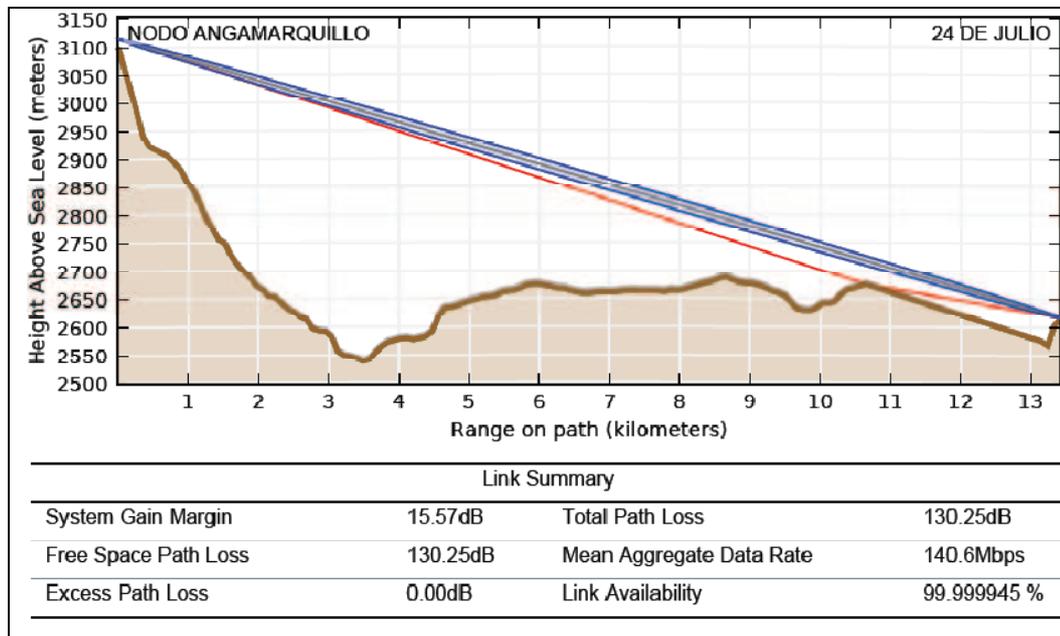


Figura 2.61 Enlace Nodo Angamarquillo – 24 de Julio (Mástil 1m).

2.3.2.5.3.3 Enlaces hacia el Nodo Cotaló

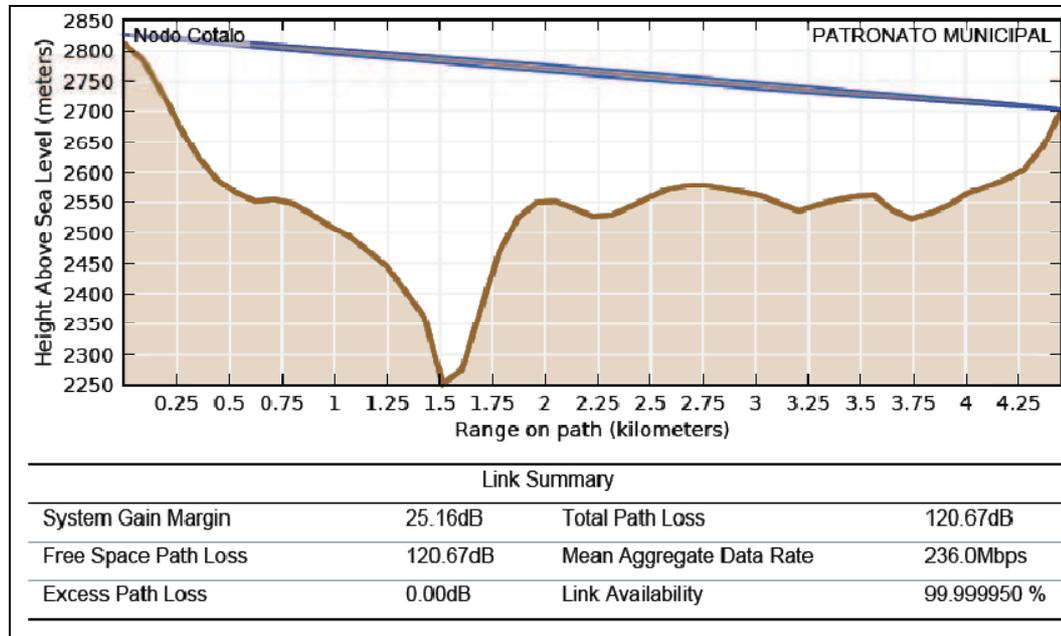


Figura 2.62 Enlace Nodo Cotaló – Patronato Municipal (Mástil 1m).

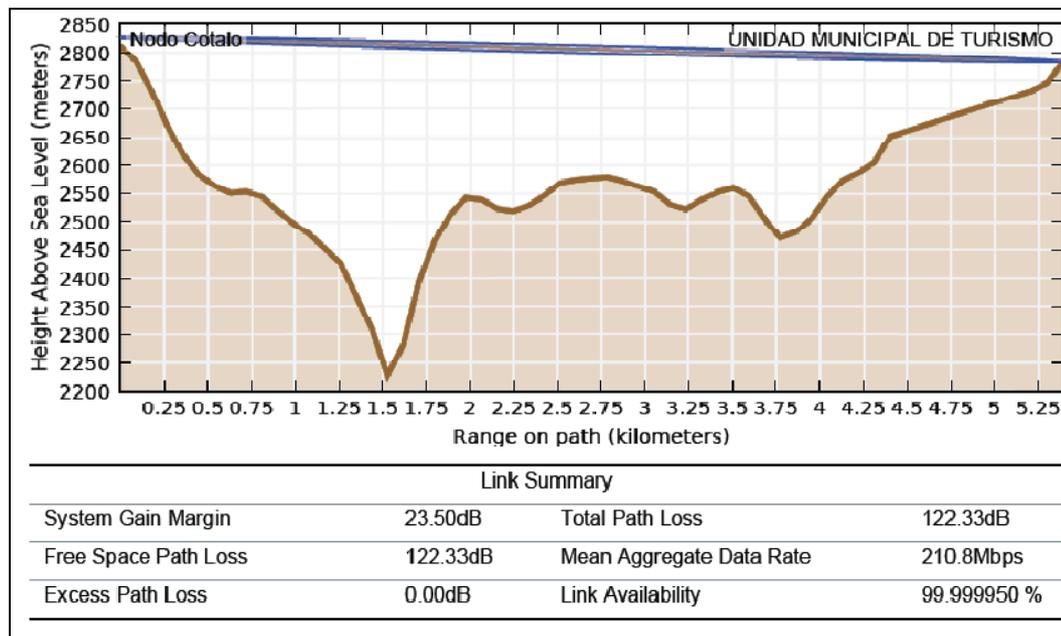


Figura 2.63 Enlace Nodo Cotaló – Unidad Municipal de Turismo (Mástil 1m).

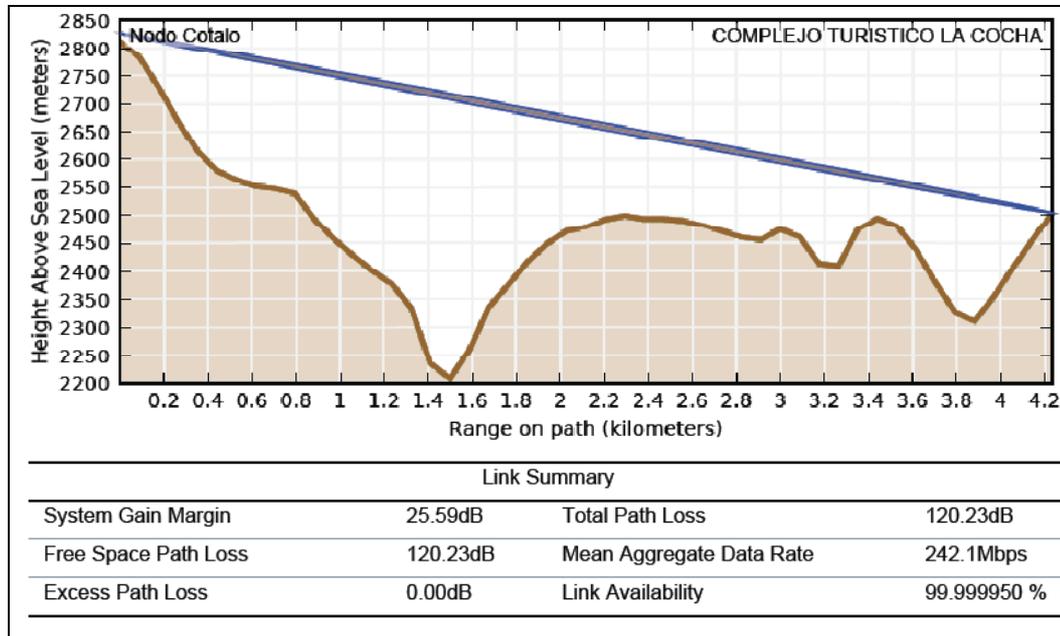


Figura 2.64 Enlace Nodo Cotaló – Complejo Turístico La Cocha (Mástil 1m).

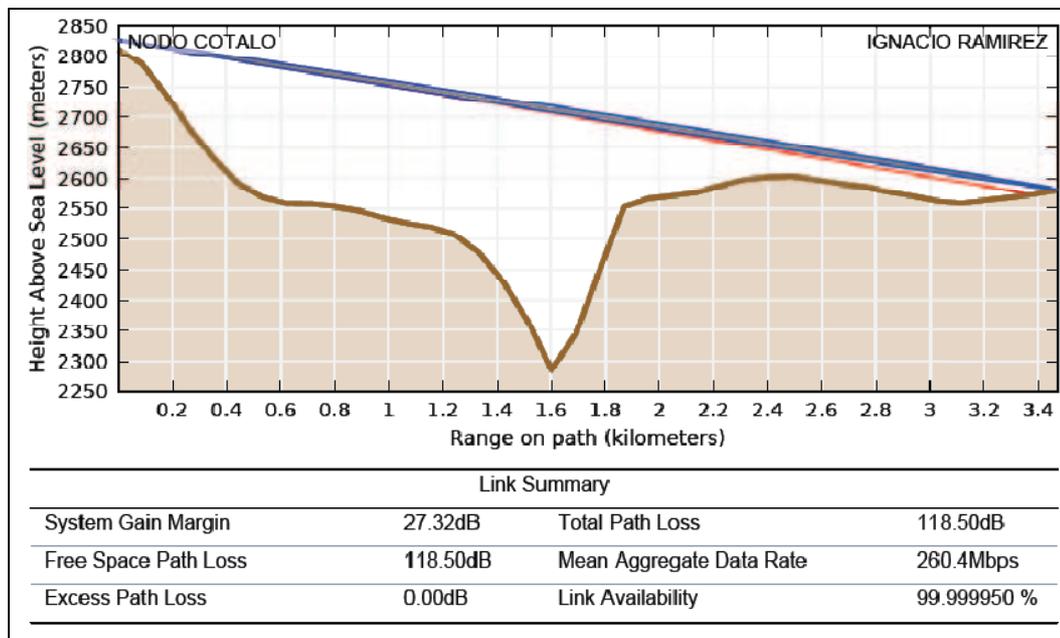


Figura 2.65 Enlace Nodo Cotaló - Ignacio Ramírez (Mástil 1m).

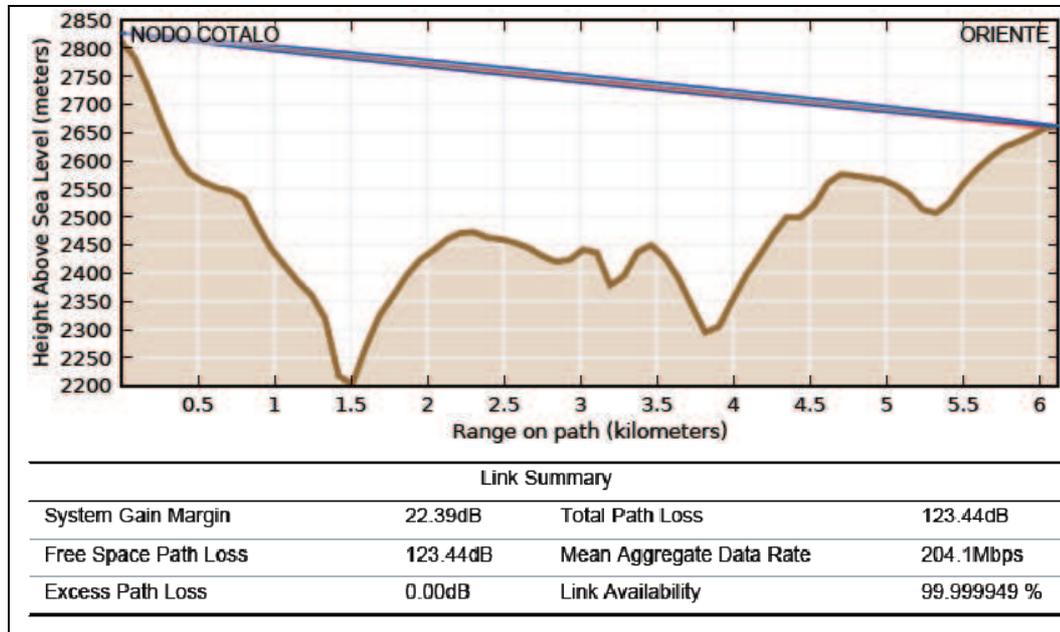


Figura 2.66 Enlace Nodo Cotaló - Oriente (Mástil 1m).

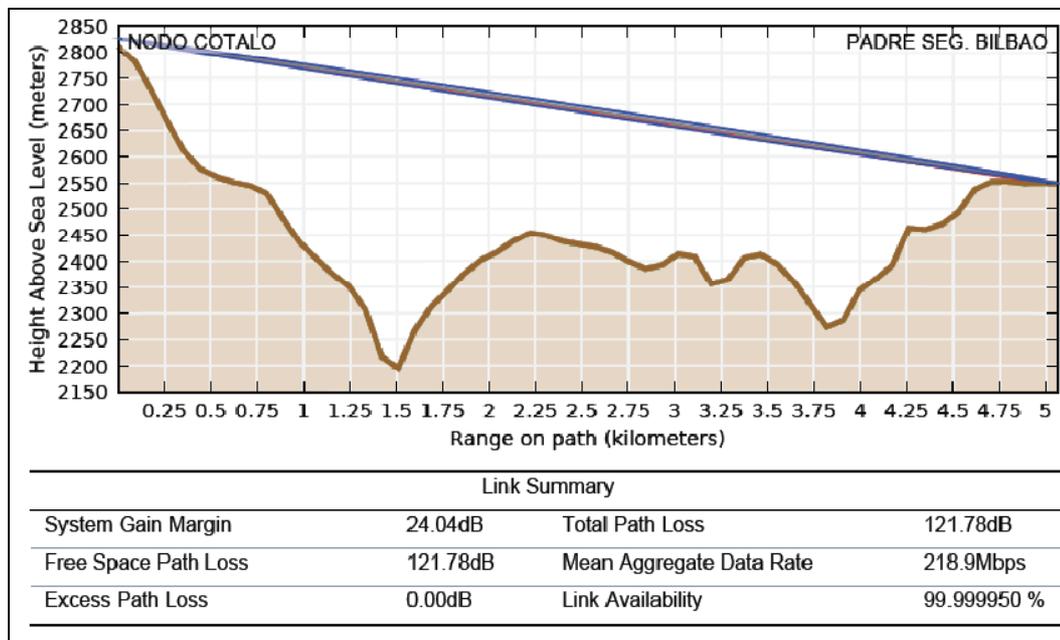


Figura 2.67 Enlace Nodo Cotaló - Padre Seg. Bilbao (Mástil 1m).

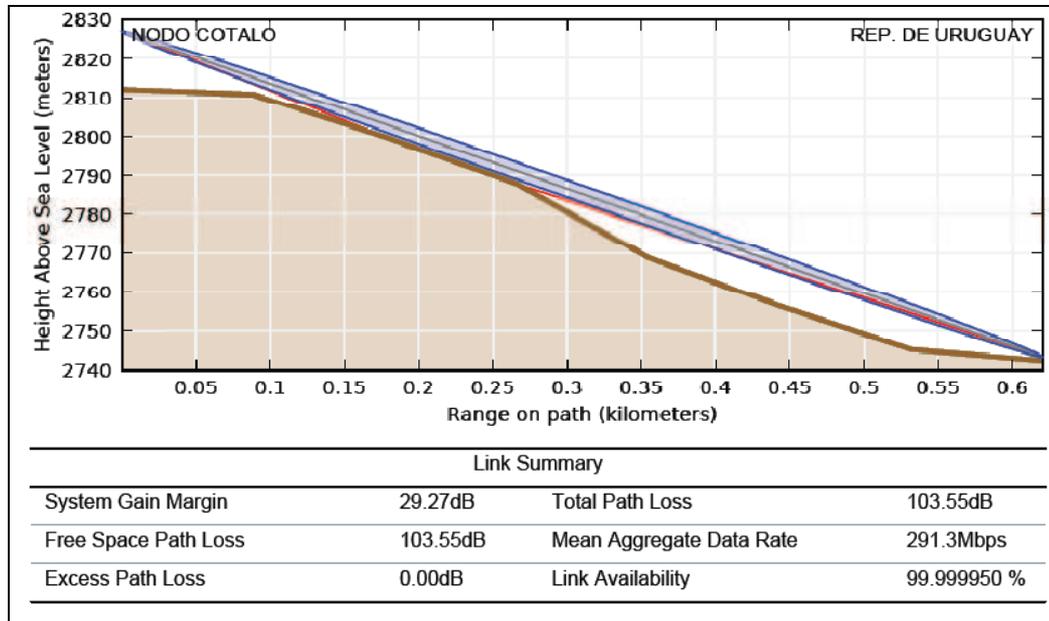


Figura 2.68 Enlace Nodo Cotaló - Rep. De Uruguay (Mástil 1m).

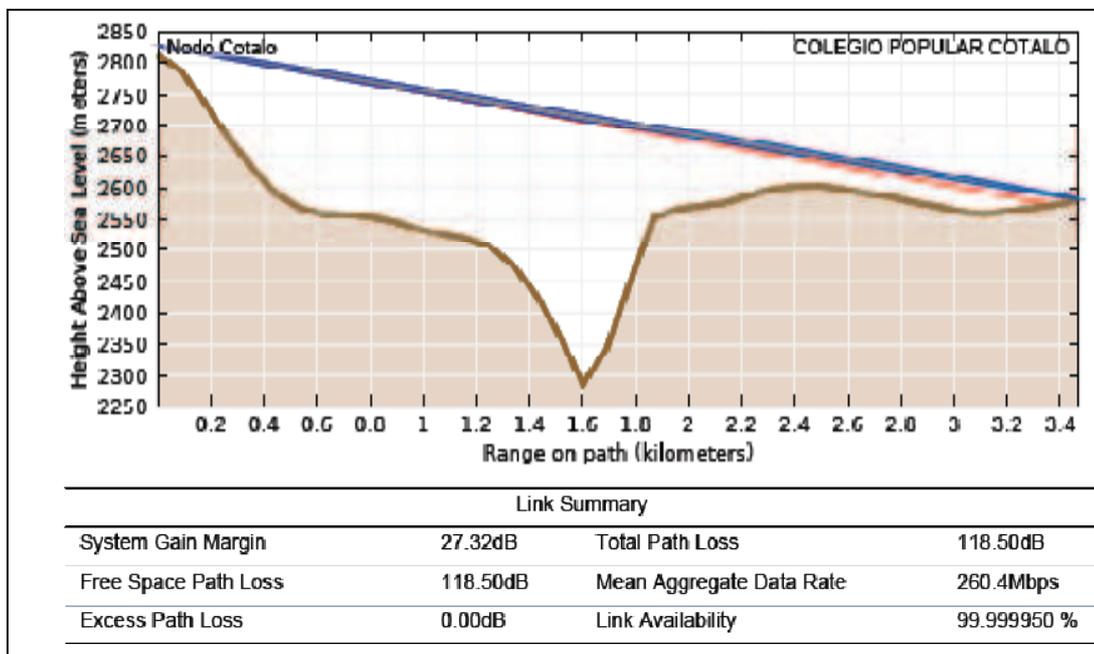


Figura 2.69 Enlace Nodo Cotaló - Colegio Popular Cotaló (Mástil 1m).

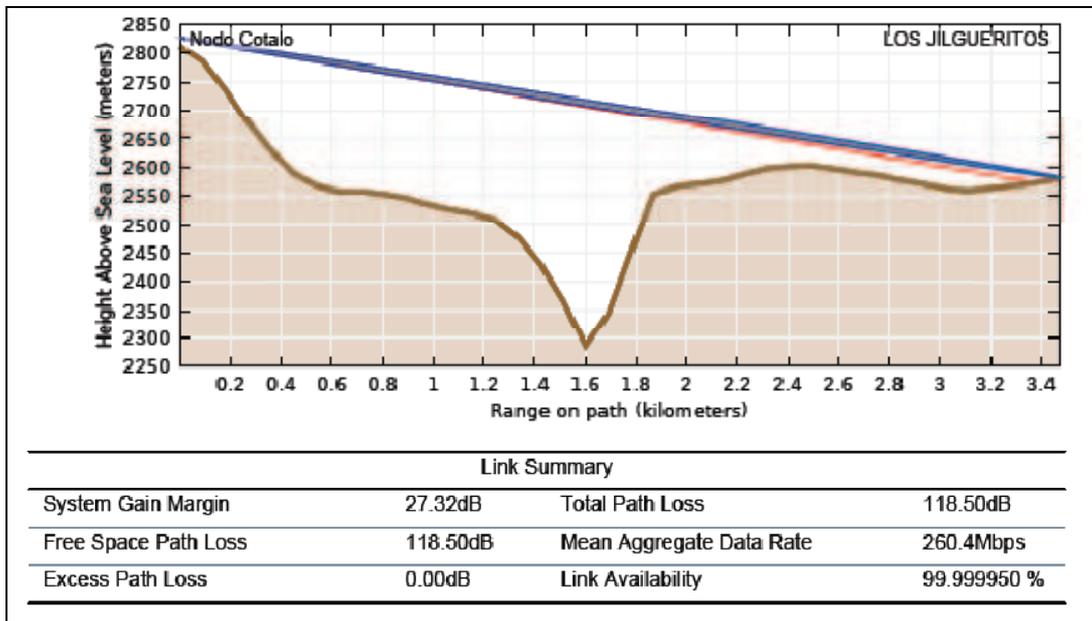


Figura 2.70 Enlace Nodo Cotaló - Los Jilgueritos: (Mástil 1m).

2.3.2.5.3.4 Enlaces hacia el Nodo Nitón

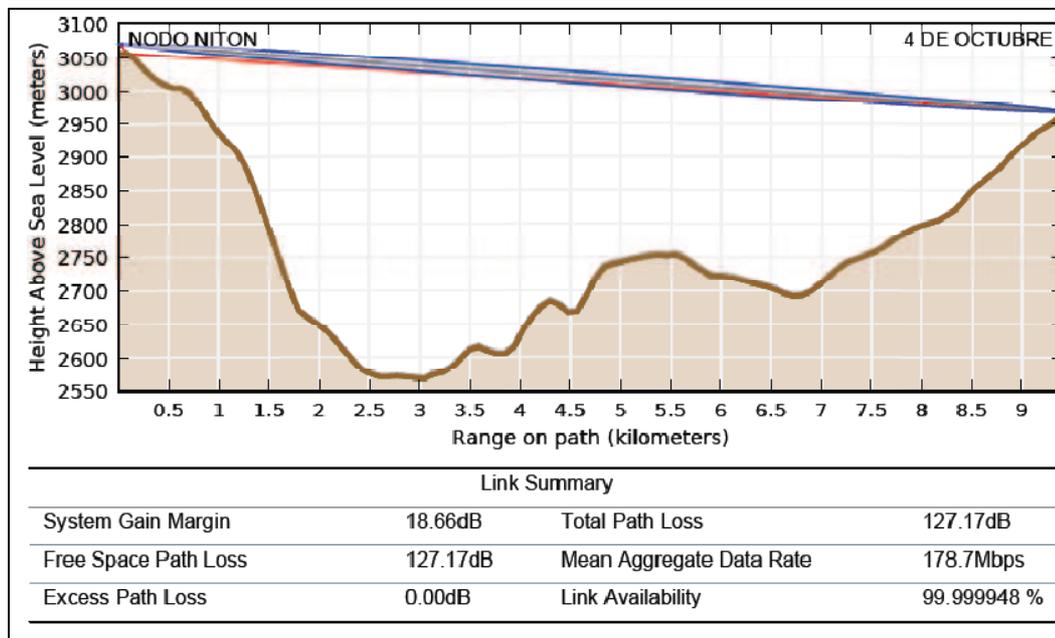


Figura 2.71 Enlace Nodo Nitón - 4 de Octubre (Mástil 1m).

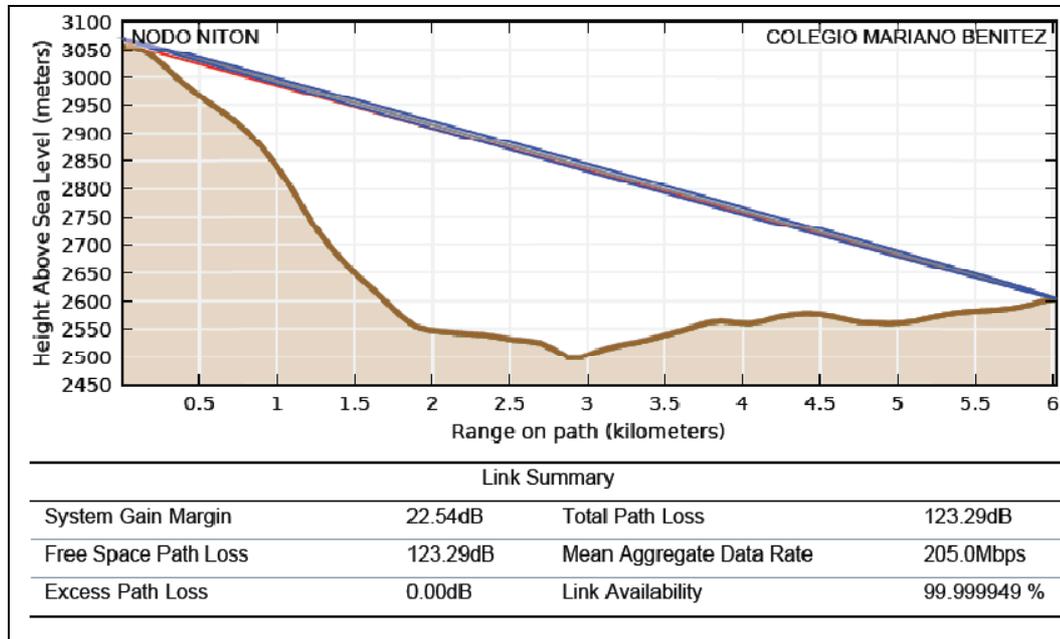


Figura 2.72 Enlace Nodo Nitón - Colegio Mariano Benítez (Mástil 1m).

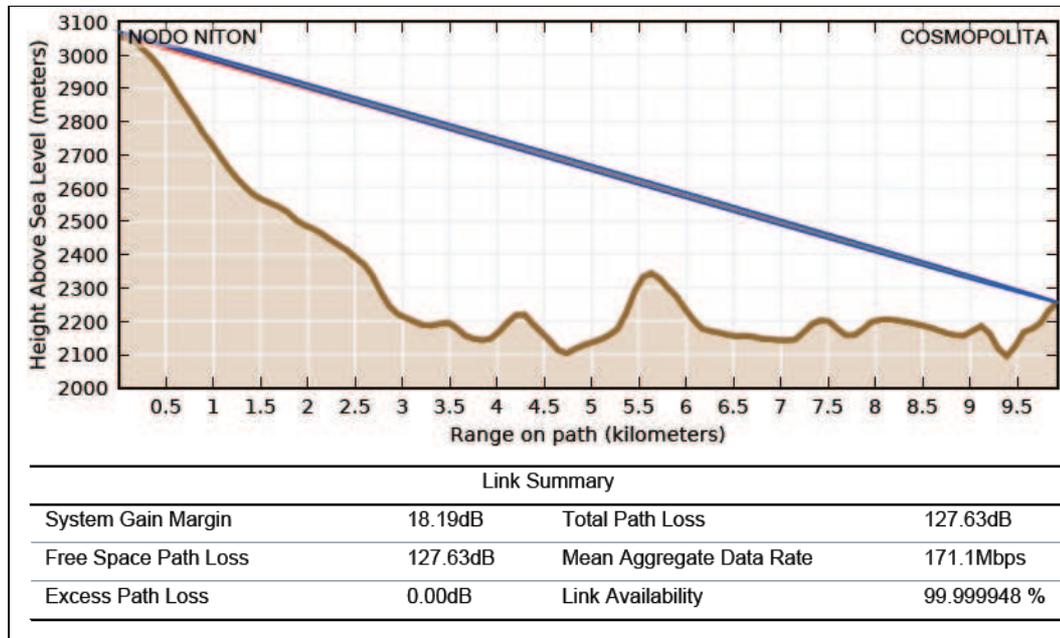


Figura 2.73 Enlace Nodo Nitón - Comospolita (Mástil 1m).

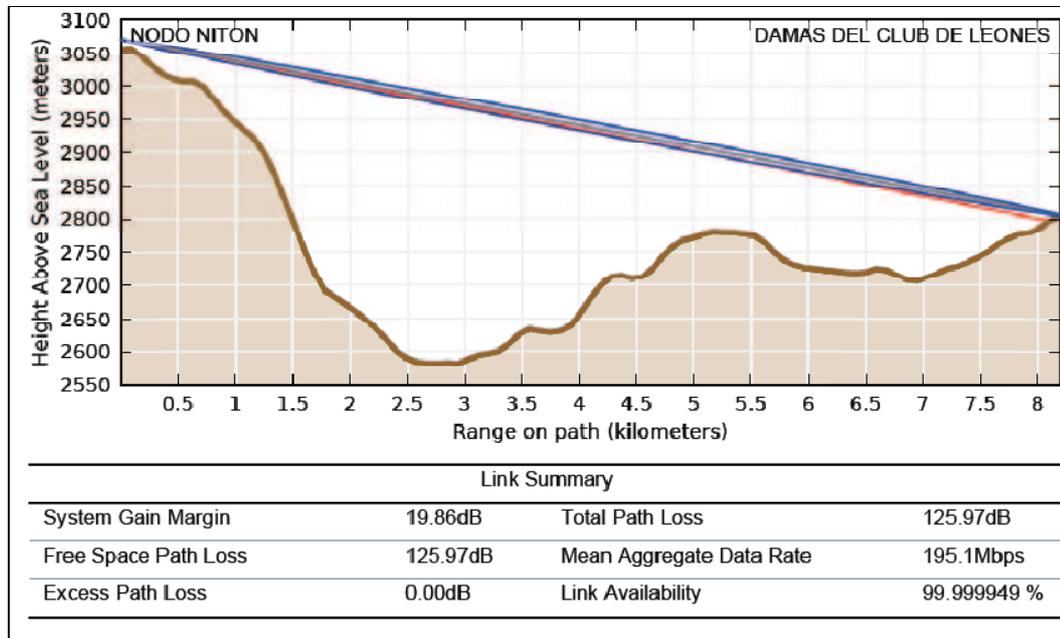


Figura 2.74 Enlace Nodo Nitón - Damas Club de Leones (Mástil 1m).

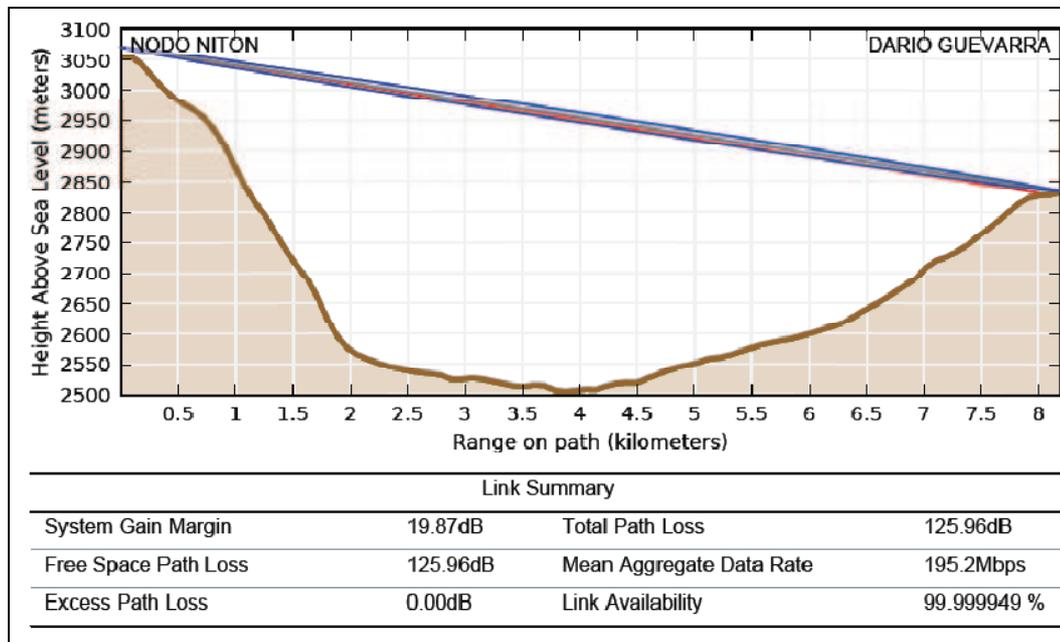


Figura 2.75 Enlace Nodo Nitón - Darío Guevara (Mástil 1m).

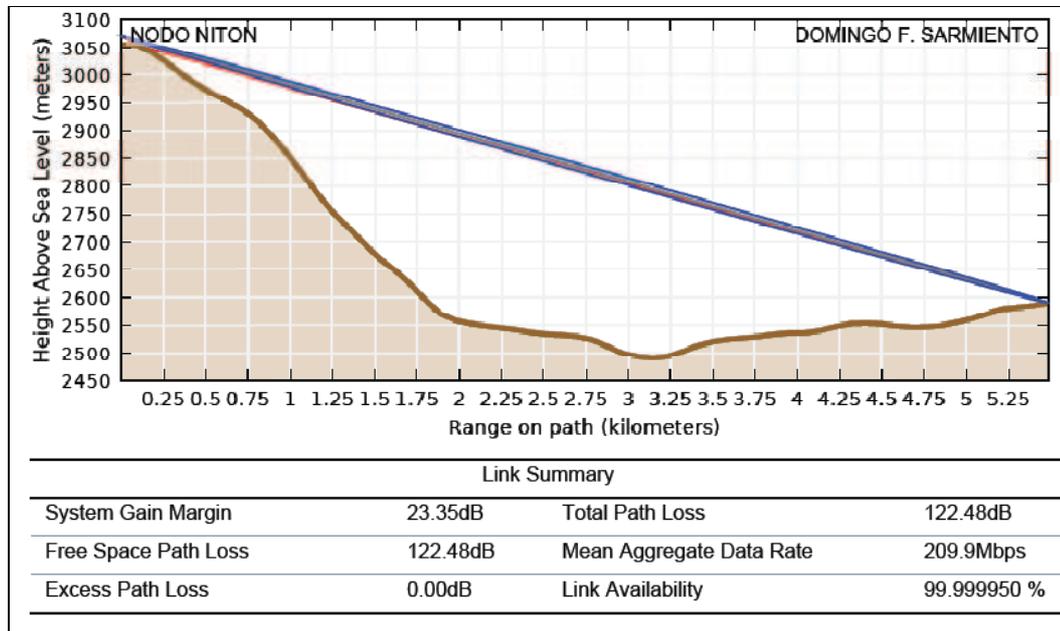


Figura 2.76 Enlace Nodo Nitón - Domingo F. Sarmiento (Mástil 1m).

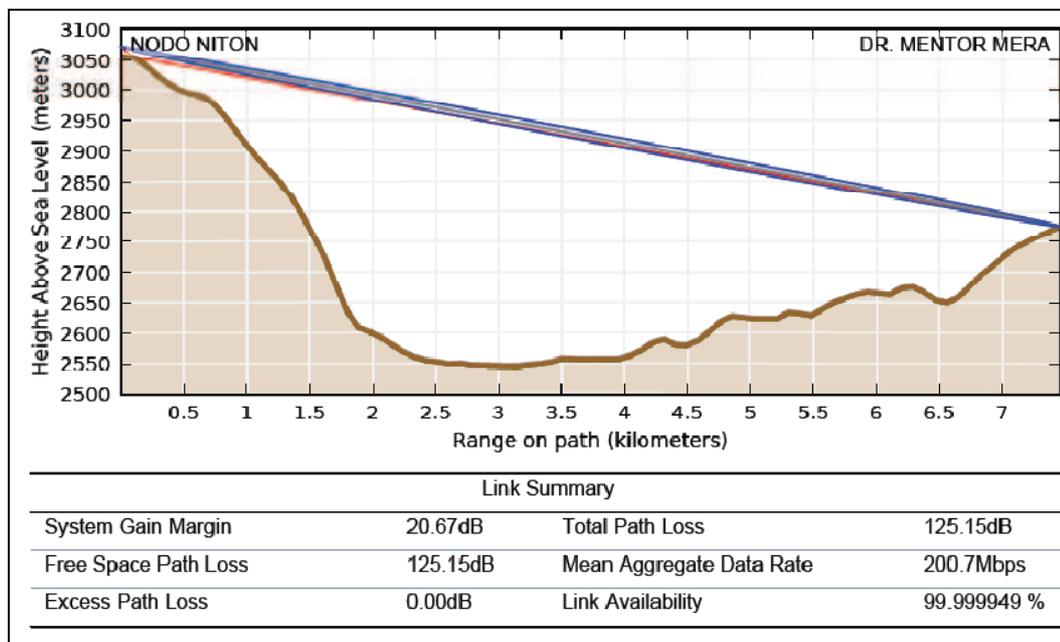


Figura 2.77 Enlace Nodo Nitón - Dr. Mentor Mera (Mástil 1m).

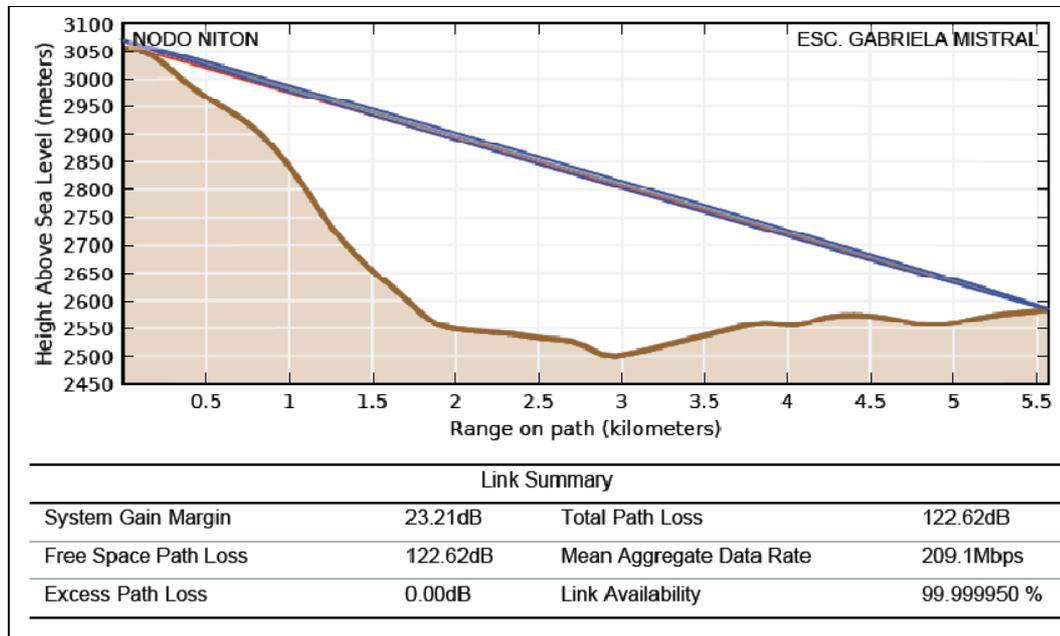


Figura 2.78 Enlace Nodo Nitón - Escuela Gabriela Mistral (Mástil 1m).

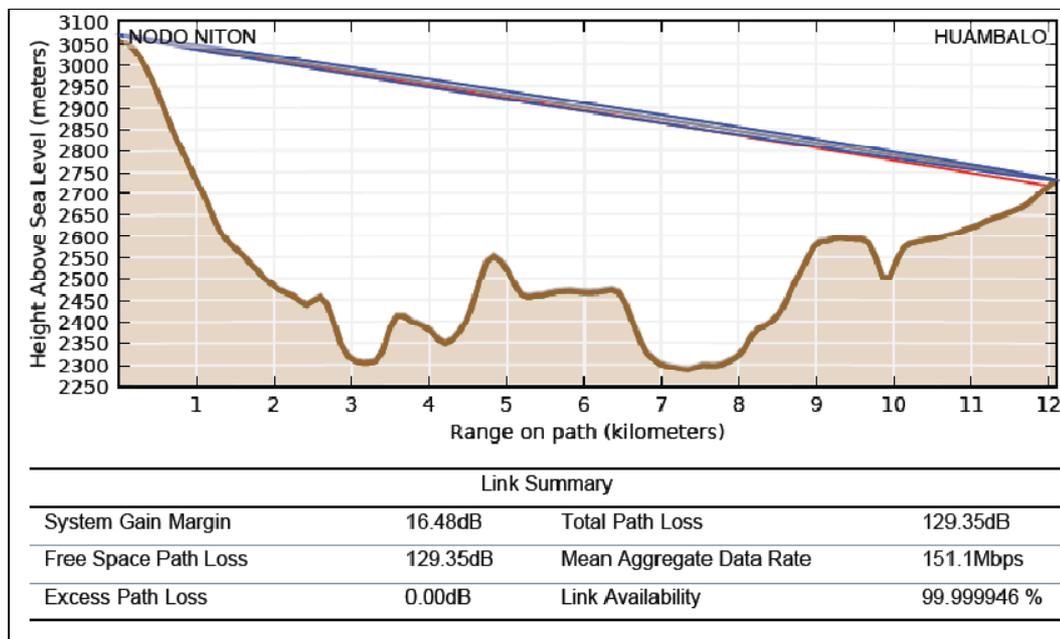


Figura 2.79 Enlace Nodo Nitón – Huambaló (Mástil 1m).

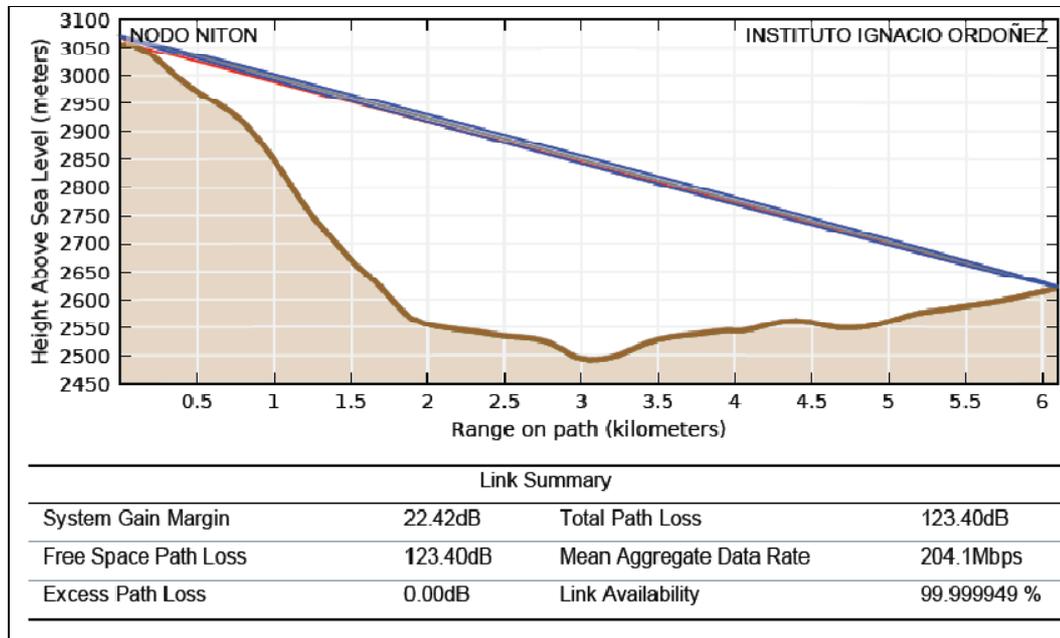


Figura 2.80 Enlace Nodo Nitón - Instituto Ignacio Ordóñez (Mástil 1m).

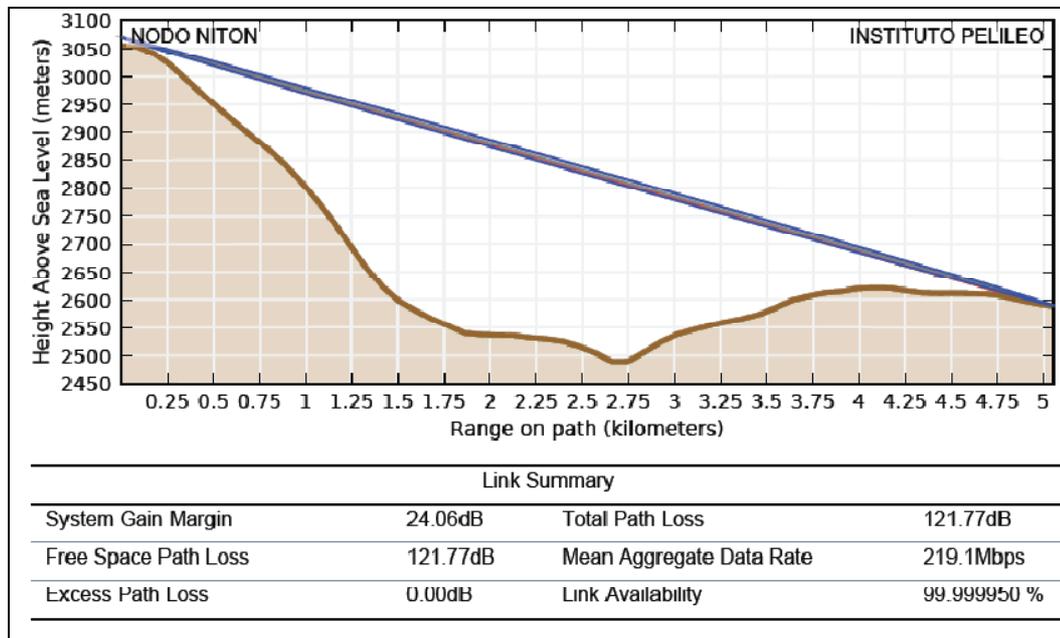


Figura 2.81 Enlace Nodo Nitón - Instituto Pelileo (Mástil 1m).

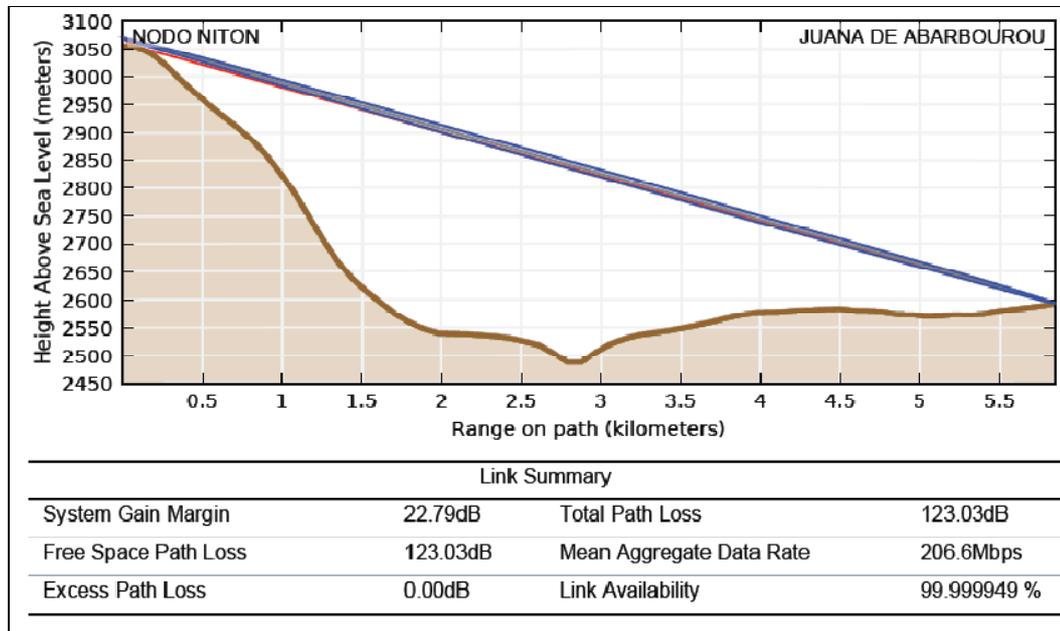


Figura 2.82 Enlace Nodo Nitón - Juana de Abarbourou (Mástil 1m).

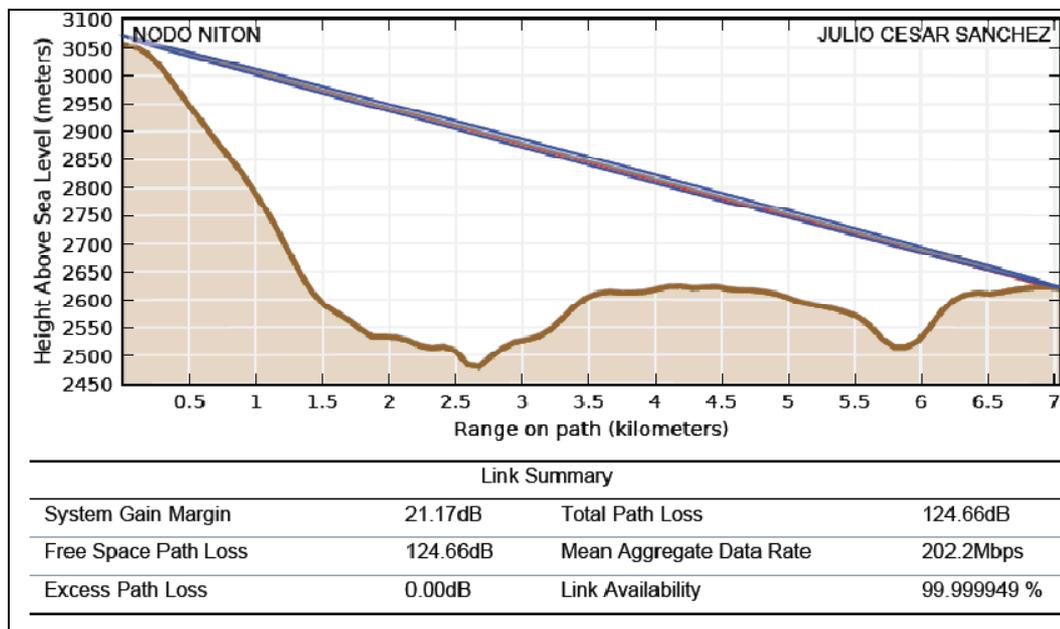


Figura 2.83 Enlace Nodo Nitón - Julio César Sánchez (Mástil 1m).

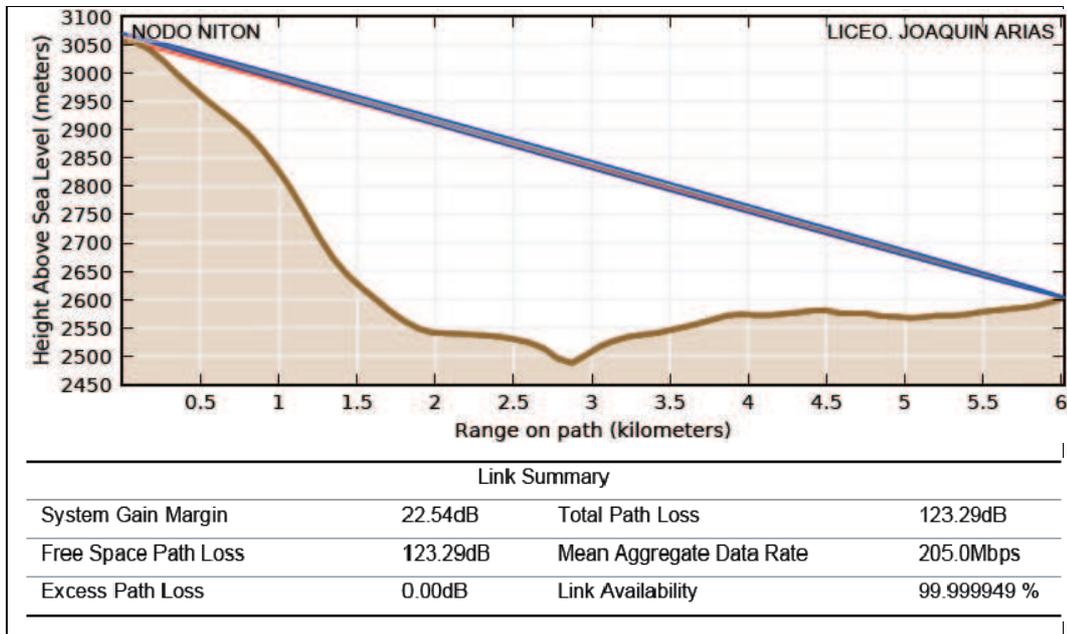


Figura 2.84 Enlace Nodo Nitón - Liceo Joaquín Arias (Mástil 1m).

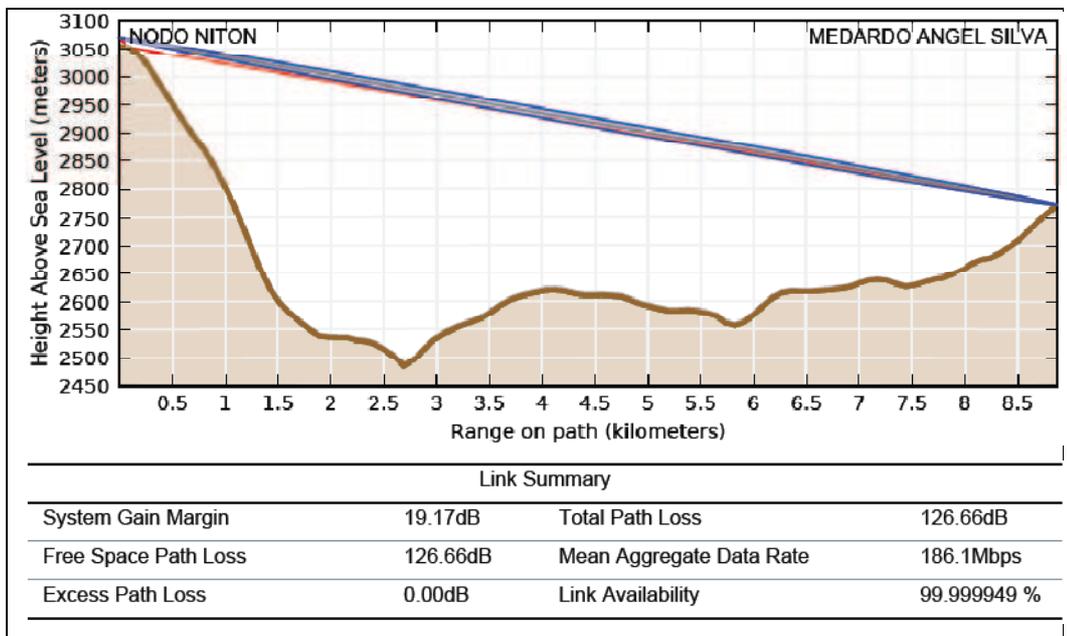


Figura 2.85 Enlace Nodo Nitón - Medardo Ángel Silva (Mástil 1m).

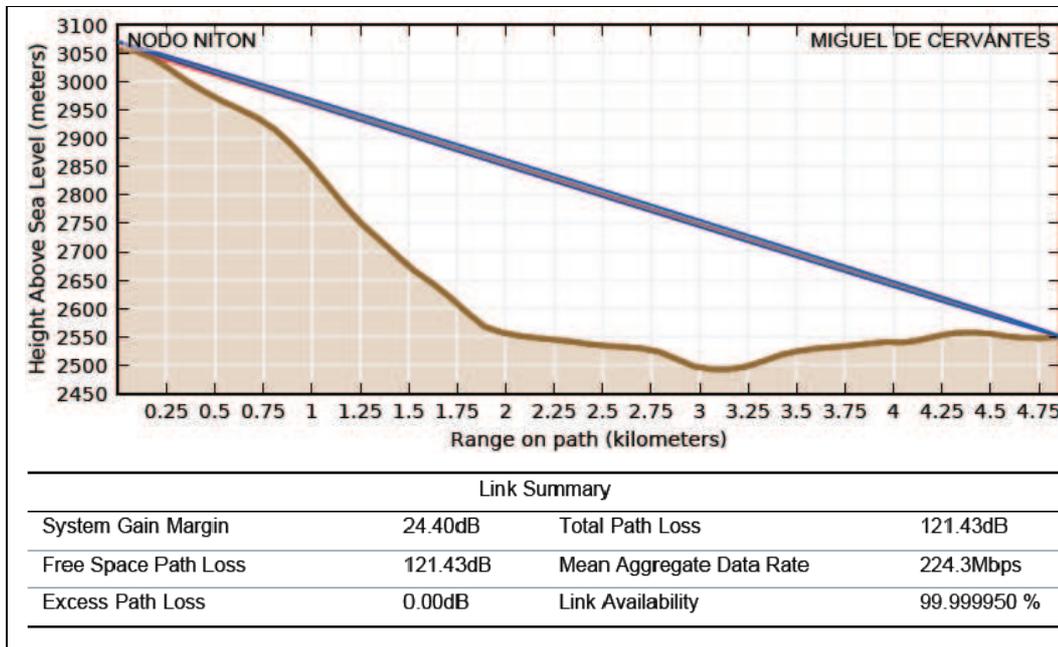


Figura 2.86 Enlace Nodo Nitón - Miguel de Cervantes (Mástil 1m).

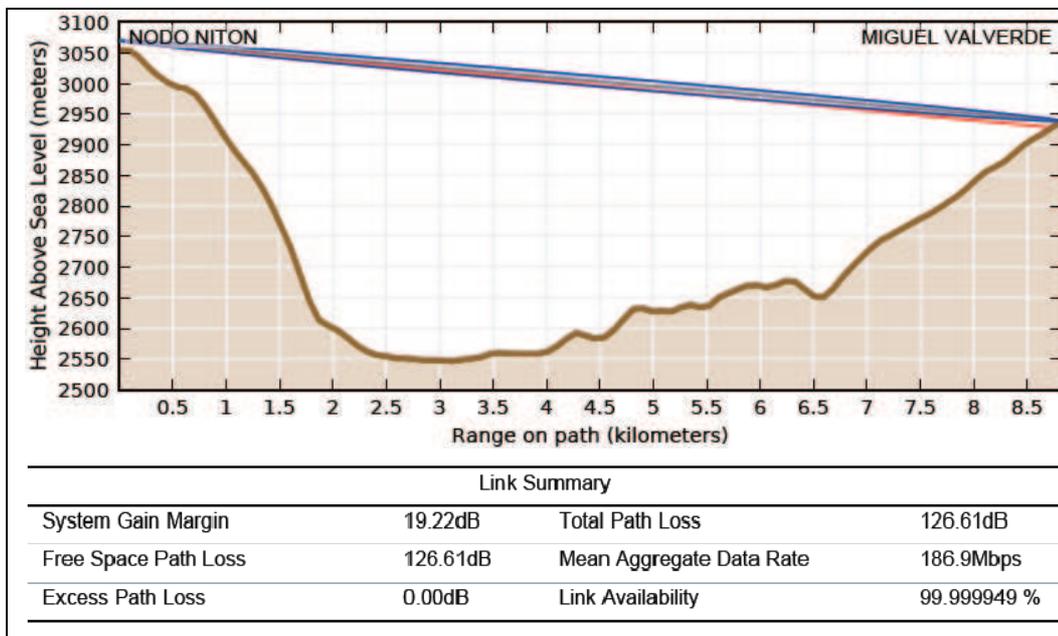


Figura 2.87 Enlace Nodo Nitón - Miguel Valverde (Mástil 1m).

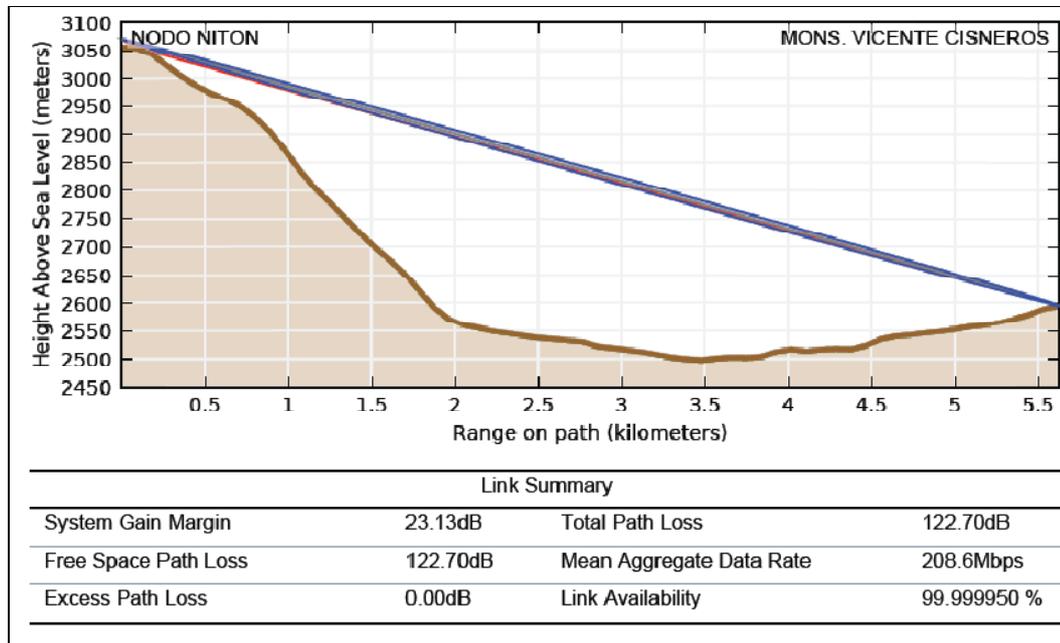


Figura 2.88 Enlace Nodo Nitón - Mons. Vicente Cisneros (Mástil 1m).

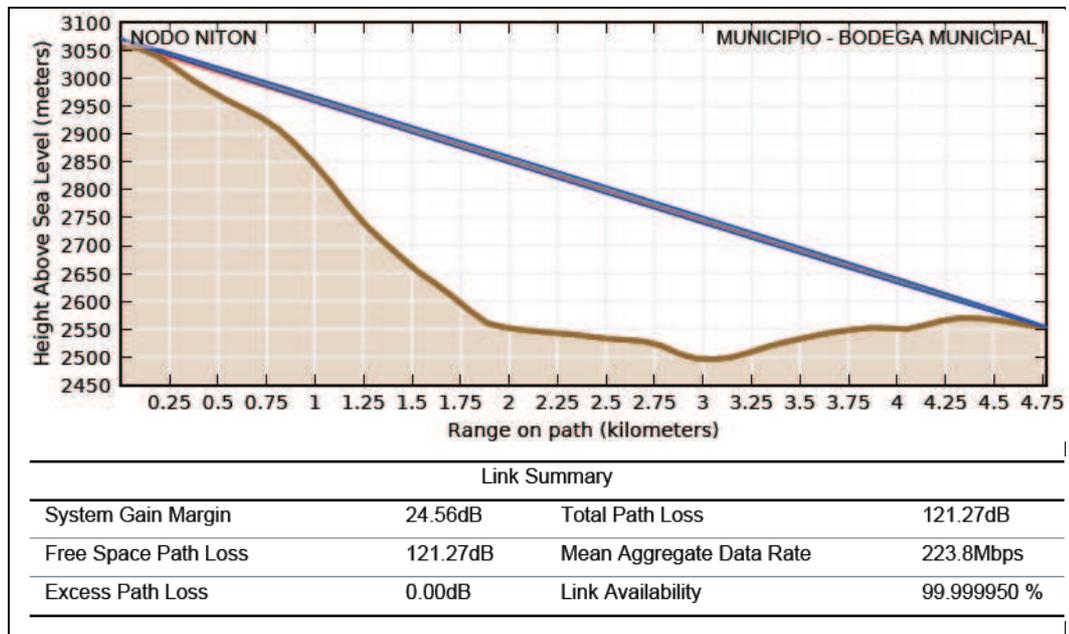


Figura 2.89 Enlace Nodo Nitón - Municipio – Bodega Municipal (Mástil 1m).

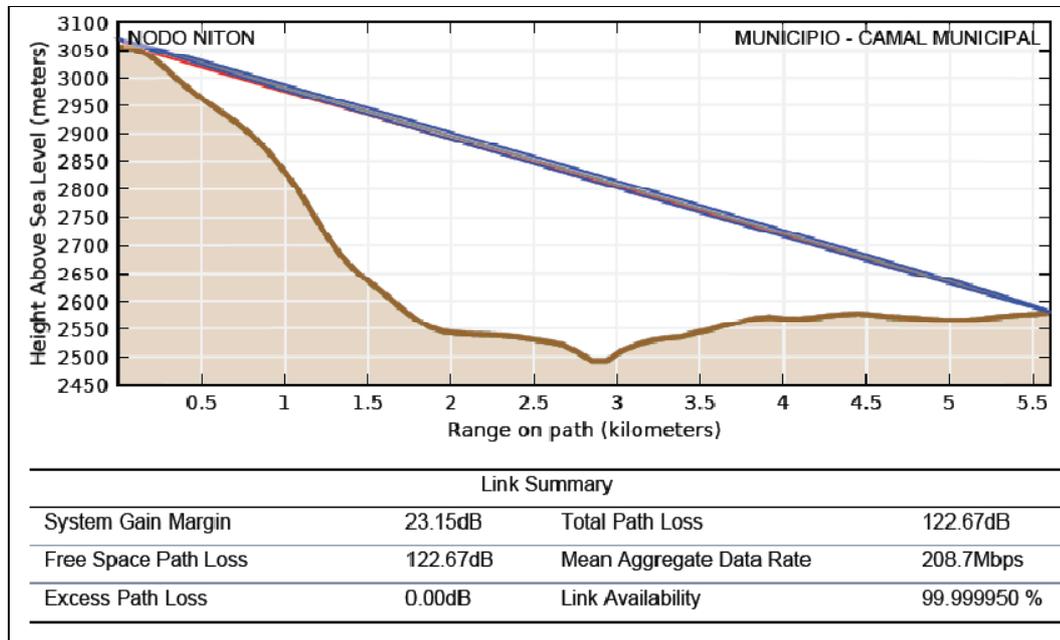


Figura 2.90 Enlace Nodo Nitón - Municipio – Camal Municipal (Mástil 1m).

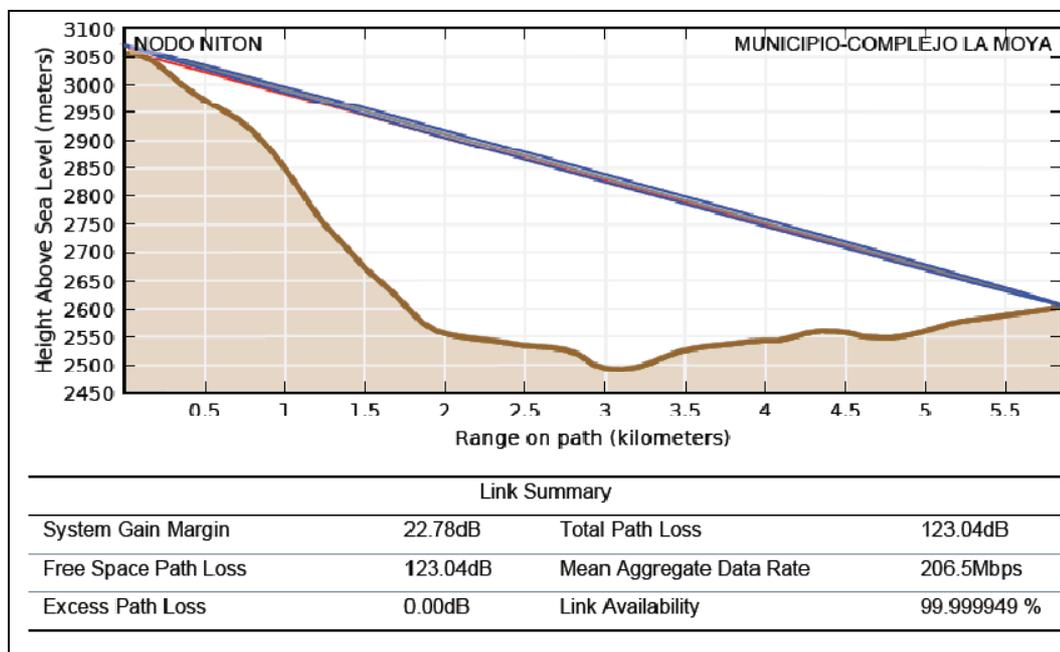


Figura 2.91 Enlace Nodo Nitón - Municipio – Complejo La Moya (Mástil 1m).

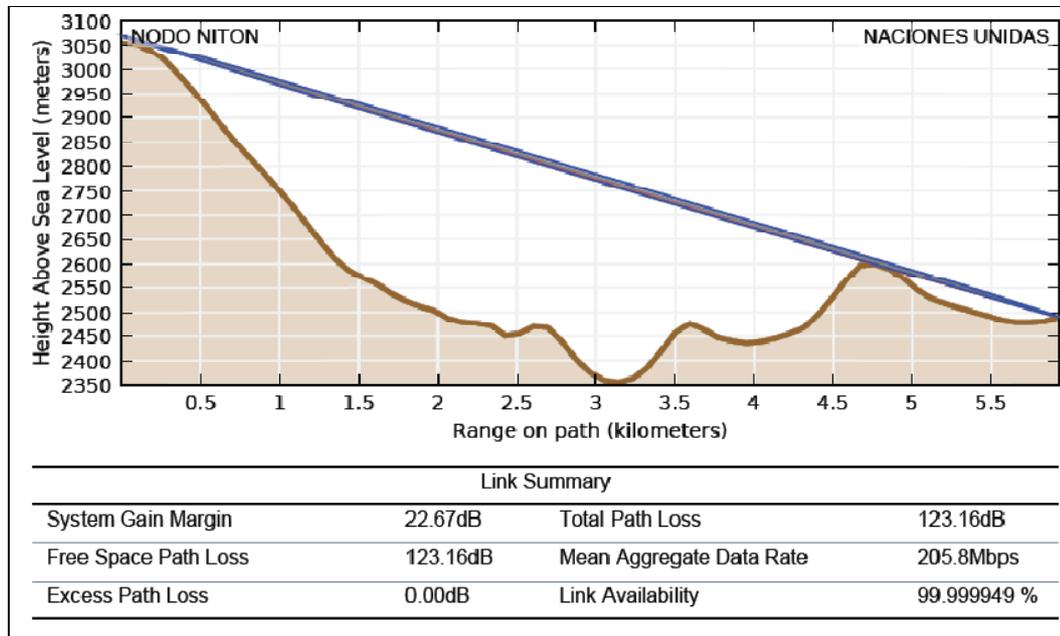


Figura 2.92 Enlace Nodo Nitón - Naciones Unidas (Mástil 1m).

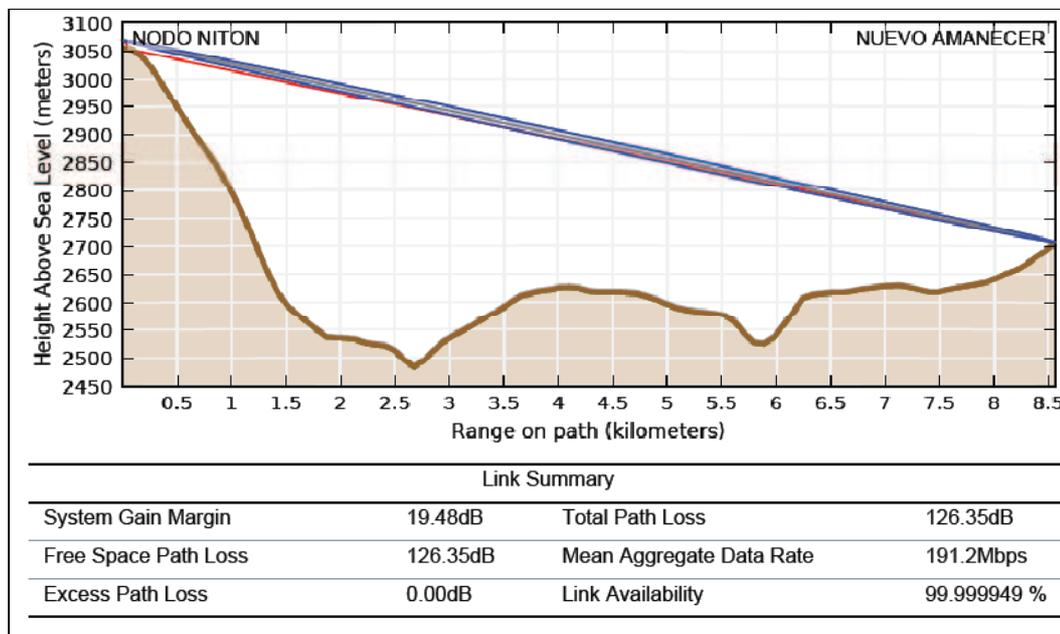


Figura 2.93 Enlace Nodo Nitón - Nuevo Amanecer (Mástil 1m).

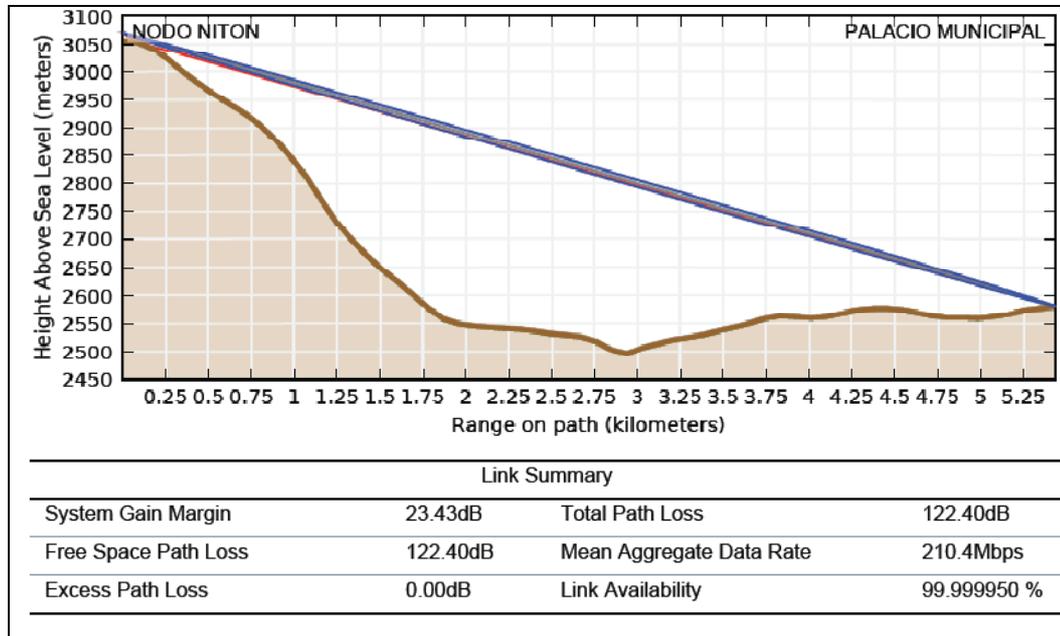


Figura 2.94 Enlace Nodo Nitón - Palacio Municipal (Mástil 1m).

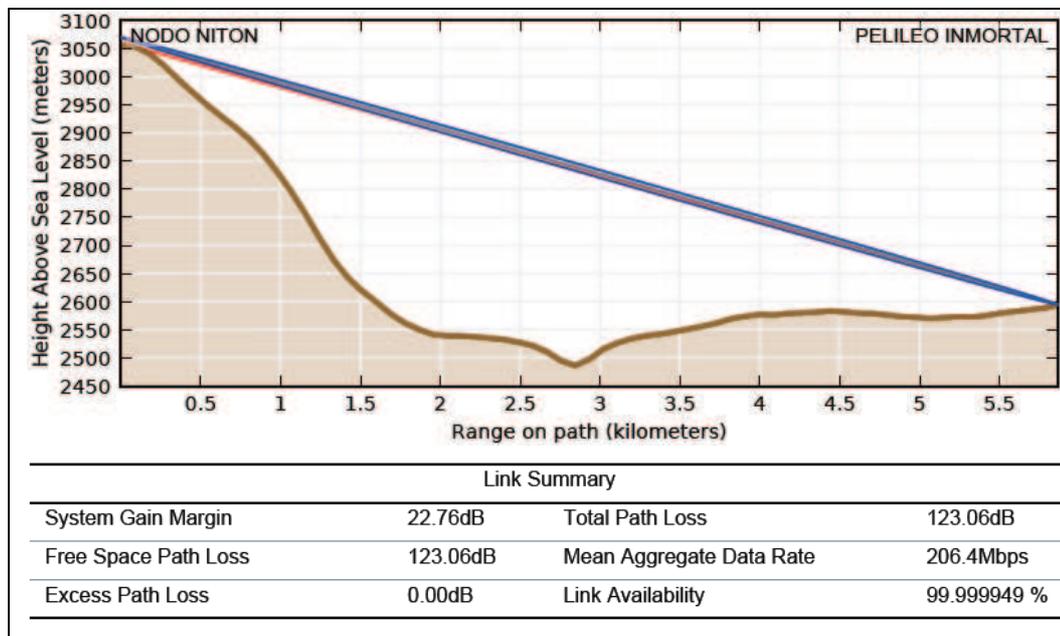


Figura 2.95 Enlace Nodo Nitón - Pelileo Inmortal (Mástil 1m).

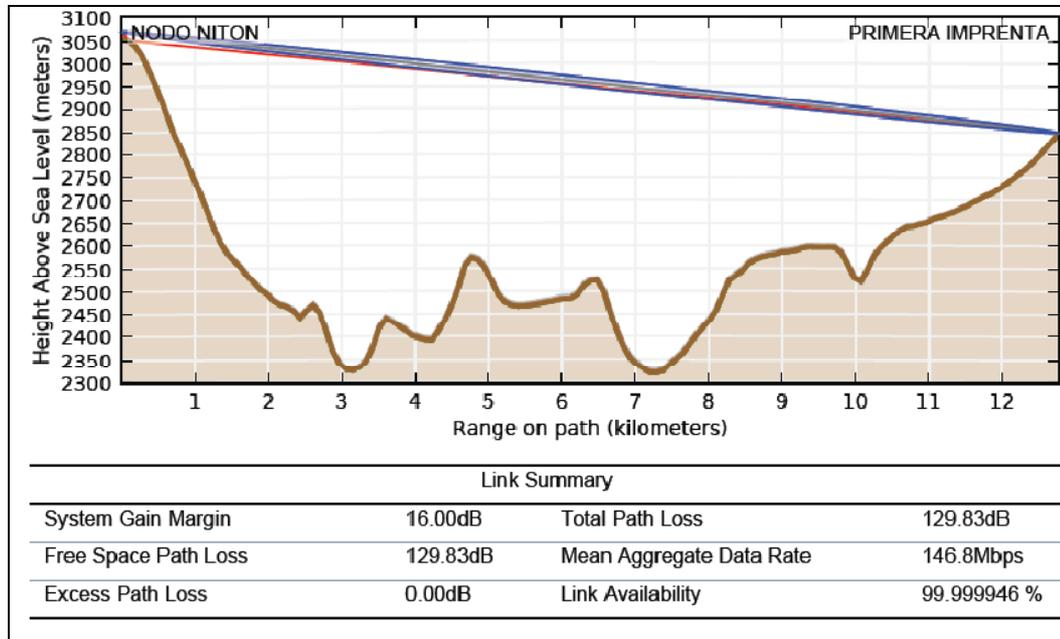


Figura 2.96 Enlace Nodo Nitón - Primera Imprenta (Mástil 1m).

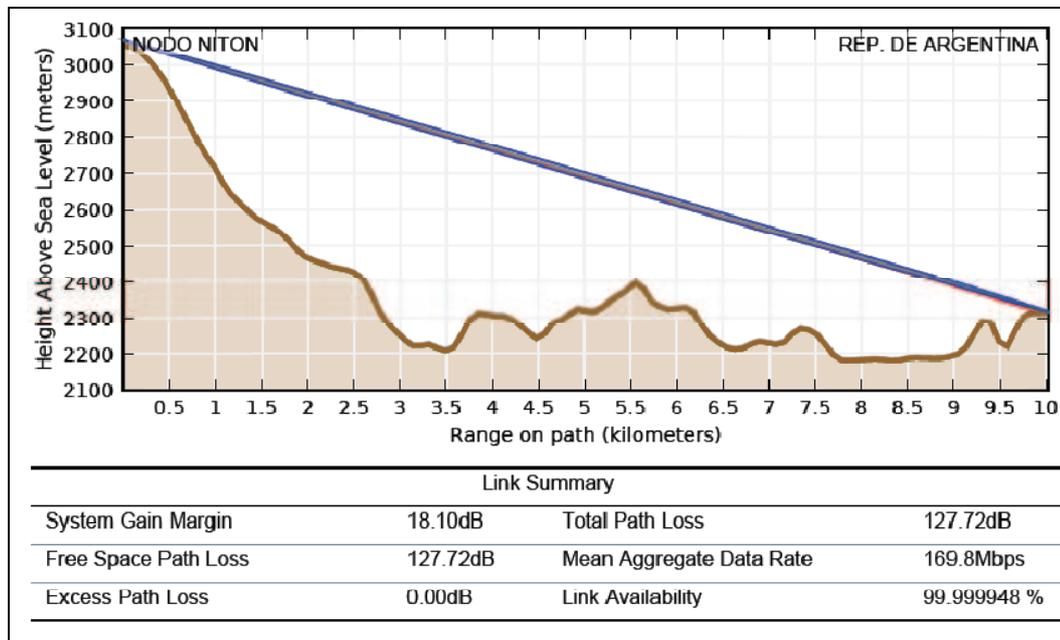


Figura 2.97 Enlace Nodo Nitón - Rep. de Argentina (Mástil 1m).

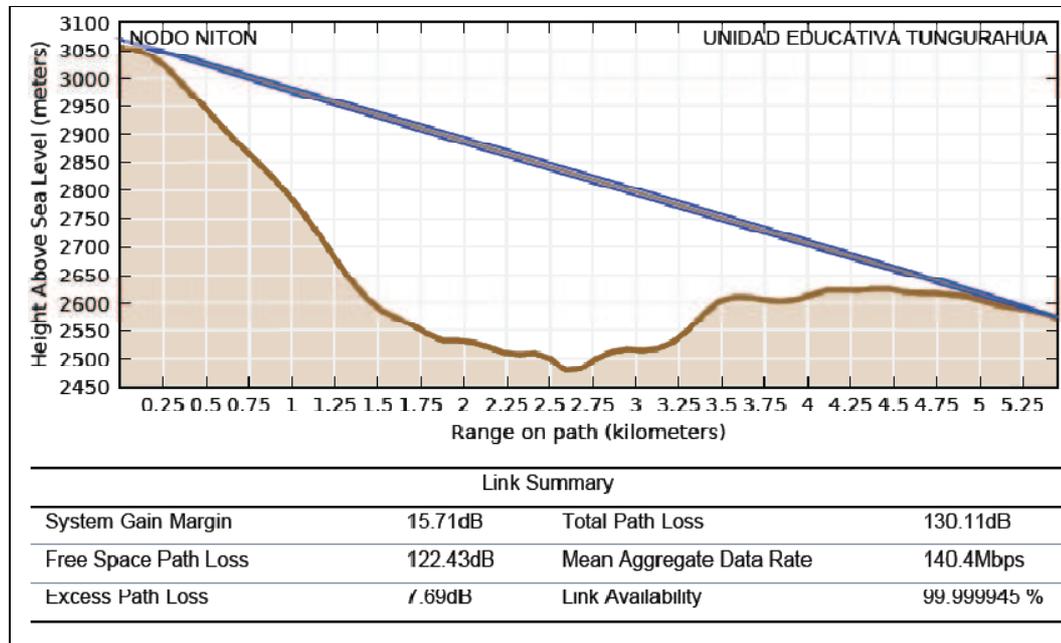


Figura 2.98 Enlace Nodo Nitón - Unidad Educativa Tungurahua (Mástil 1m).

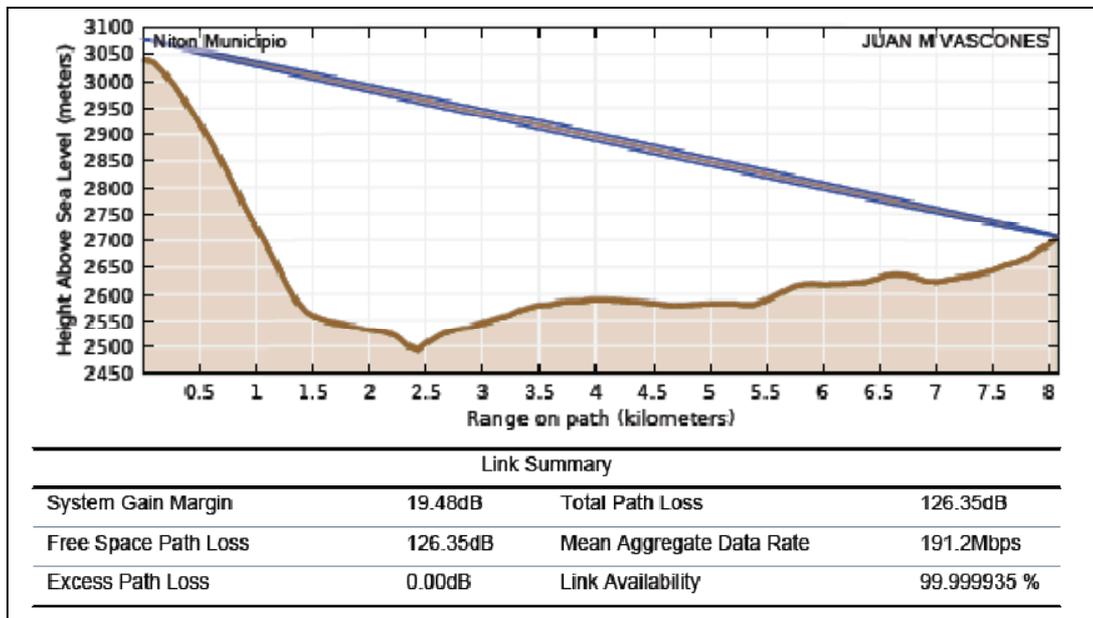


Figura 2.99 Enlace Nodo Nitón - Juan M Vásconez (Mástil 1m).

2.3.2.5.3.5 Enlaces hacia el Nodo San Fernando

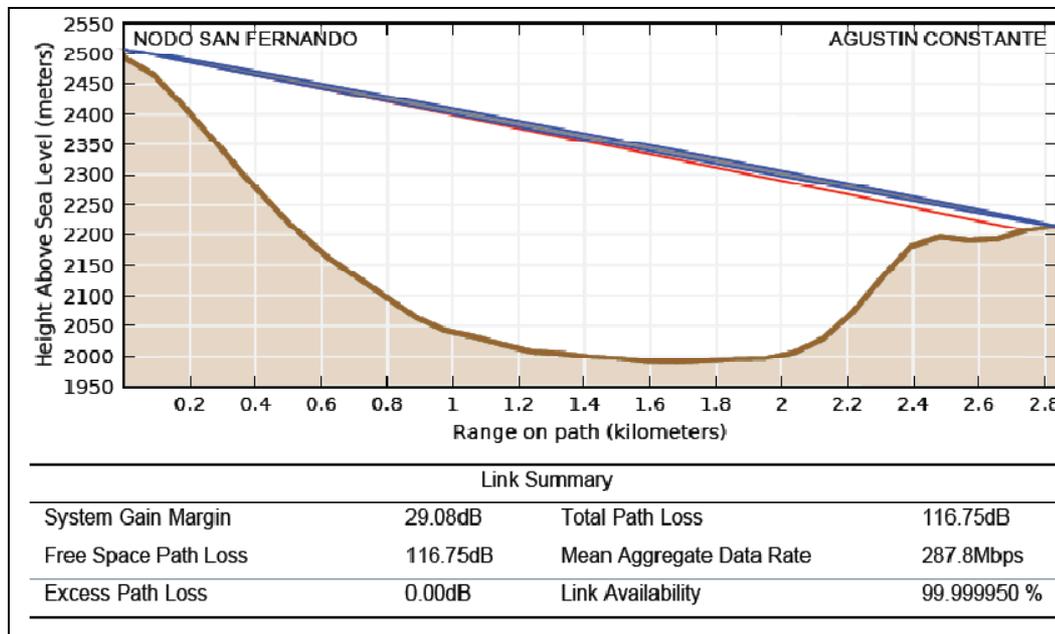


Figura 2.100 Enlace Nodo San Fernando - Agustín Constante (Mástil 1m).

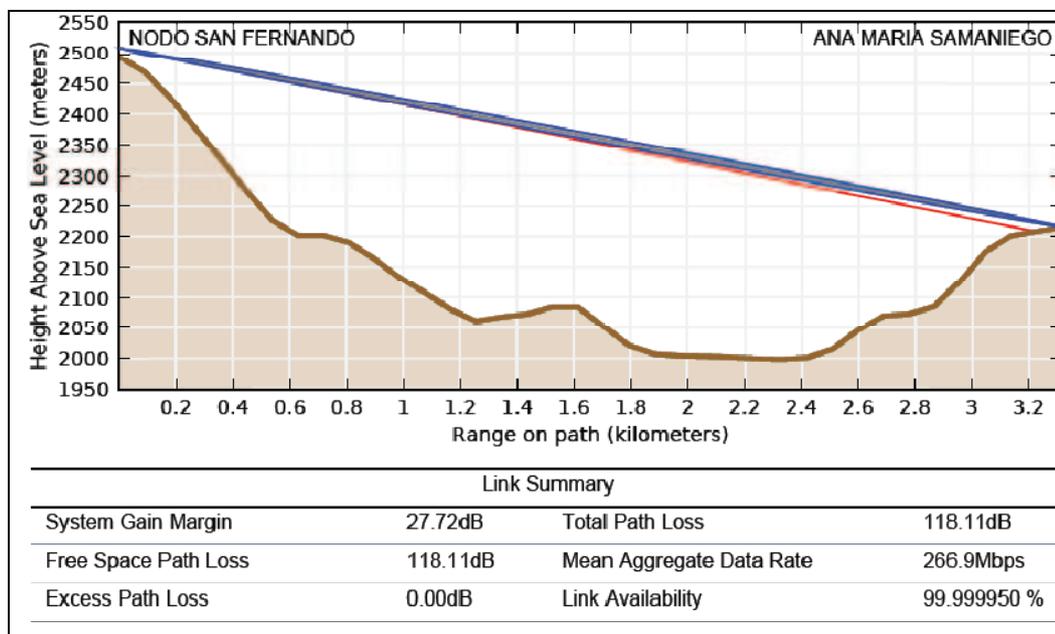


Figura 2.101 Enlace Nodo San Fernando - Ana María Samaniego (Mástil 1m).

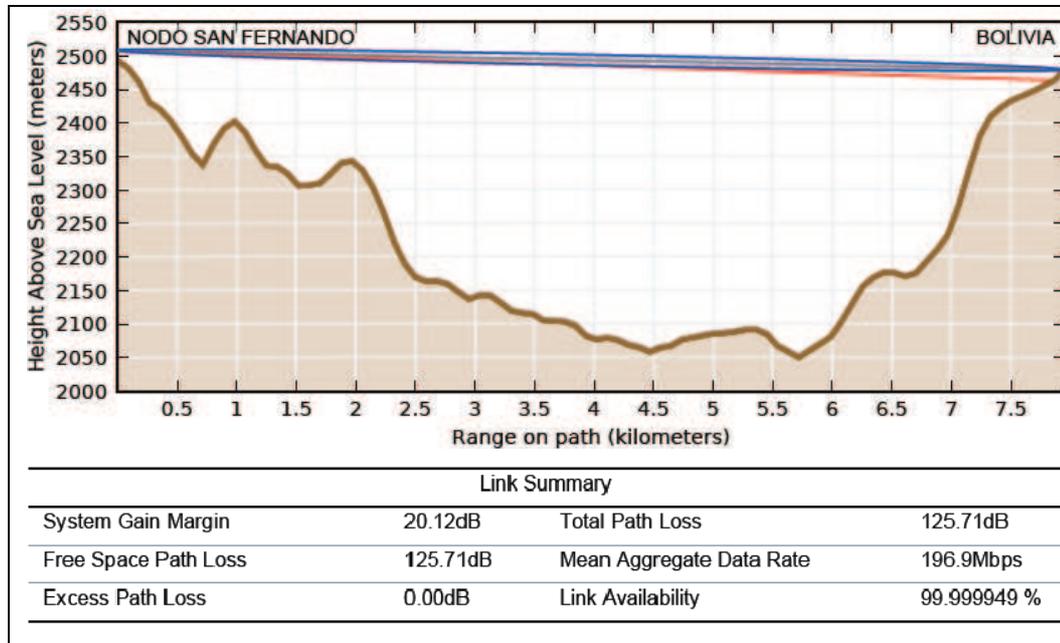


Figura 2.102 Enlace Nodo San Fernando - Bolivia (Mástil 1m).

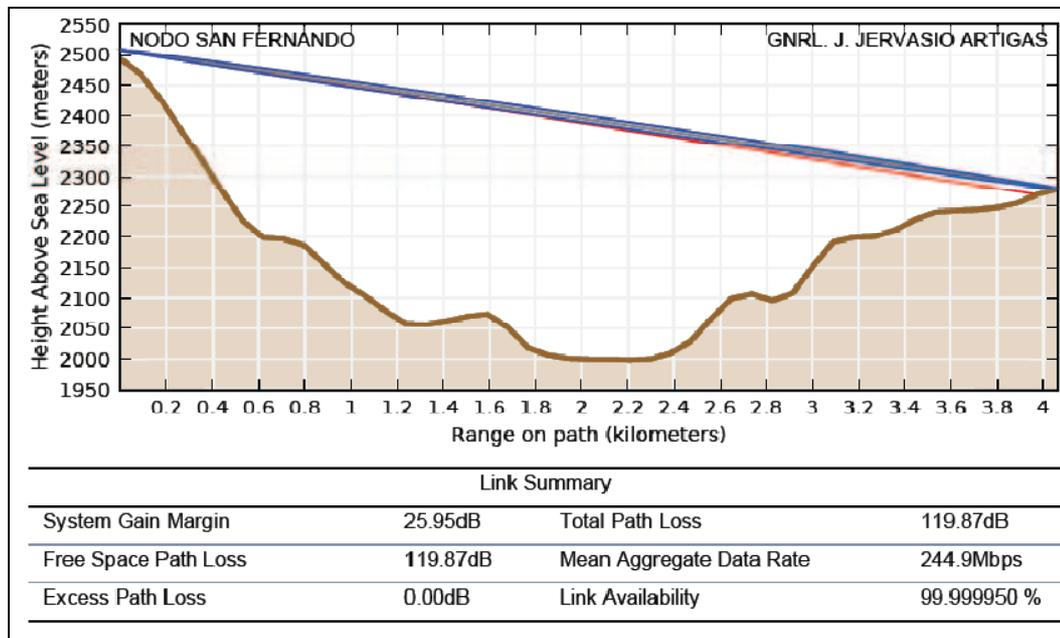


Figura 2.103 Enlace Nodo San Fernando - Gnrl. Jervasio Artigas (Mástil 1m).

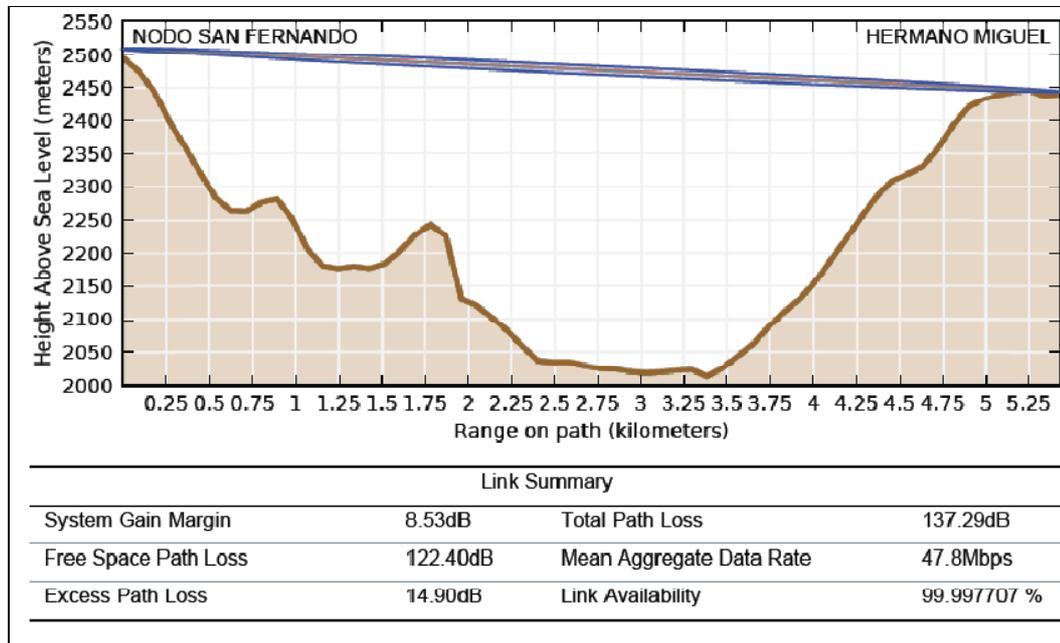


Figura 2.104 Enlace Nodo San Fernando - Hermano Miguel (Mástil 3m).

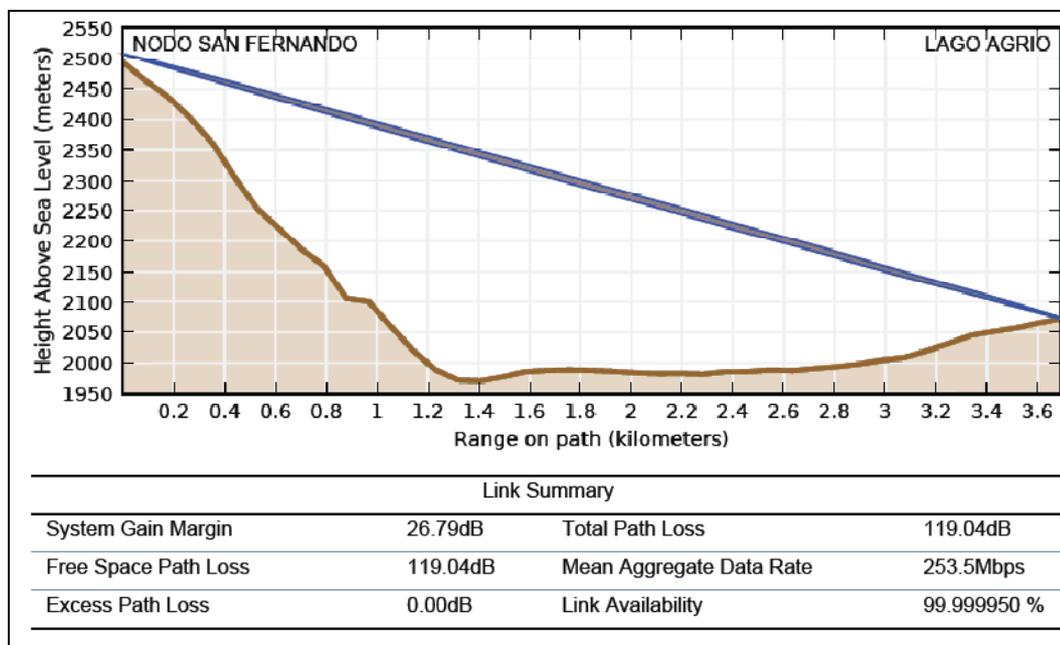


Figura 2.105 Enlace Nodo San Fernando - Lago Agrio (Mástil 1m).

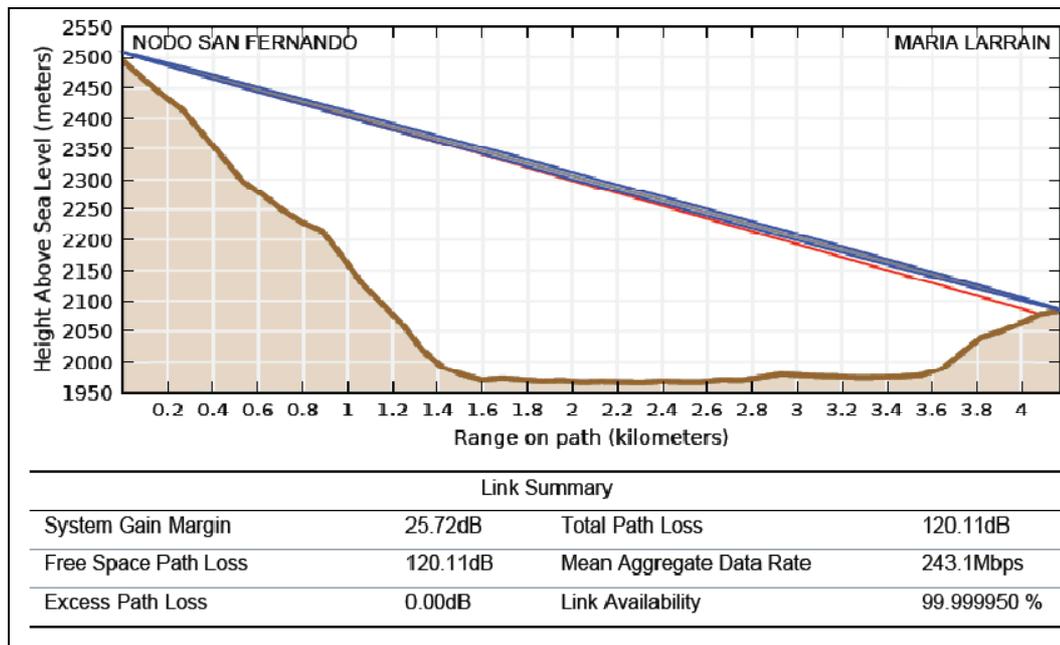


Figura 2.106 Enlace Nodo San Fernando - María Larraín (Mástil 1m).

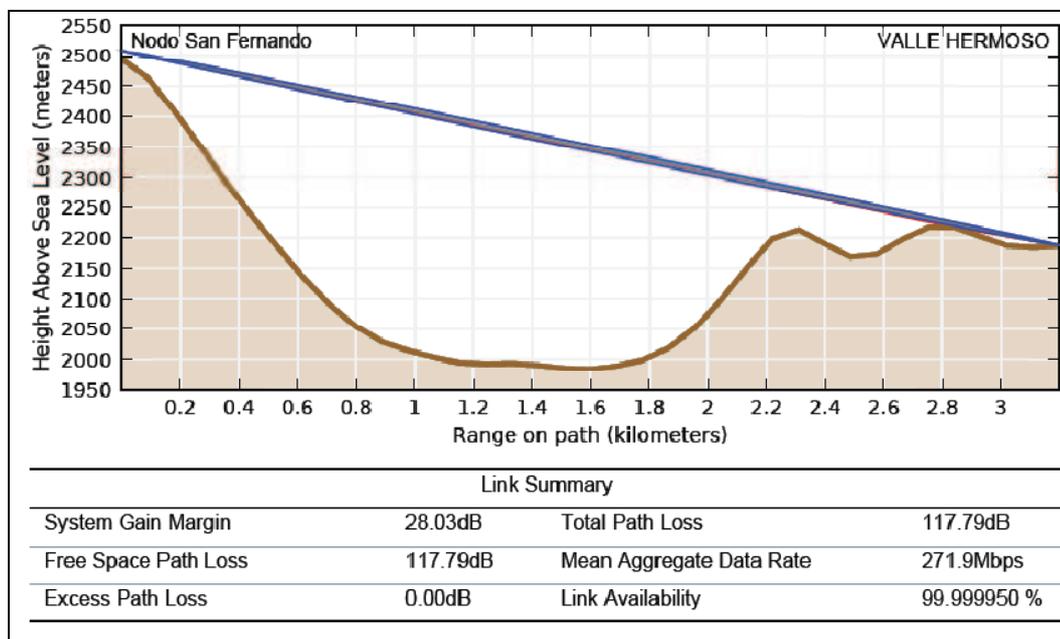


Figura 2.107 Enlace Nodo San Fernando – Valle Hermoso (Mástil 1m).

#### *2.3.2.5.4 Suscriptores por Nodo*

Se define como suscriptor al radio del usuario a ser instalado en cada centro educativo y que permita la conexión hacia la base multipunto instalada en los nodos.

De los cálculos realizados, se observa que la distancia máxima entre un nodo y un centro educativo es de 14,5 kilómetros y será este el valor referencial para dimensionar las características del equipo suscriptor

Otro factor a considerar es que en distancias cortas puede darse un sobre dimensionamiento en las ganancias de las antenas, el cual podría ocasionar un daño al equipo.

Tecnológicamente esto ha sido resuelto mediante un parámetro conocido como Control Automático de Potencia el cual calibra automáticamente el tipo de modulación y potencia requerida evitando posibles excesos de transmisión de potencia.

Desde este punto de vista se utilizará suscriptores estándares en todas las unidades educativas con las siguientes características mínimas:

- Throughput de 512 Kbps simétrico.
- Puerto de conexión Ethernet.
- Frecuencia de operación 5,6 GHz
- Parámetros de control automático de potencia.
- Antenas de 17 dbi

A continuación se muestran los enlaces de los suscriptores por cada nodo con el uso de la herramienta Google Earth y los diagramas de conectividad de la red.

### 2.3.2.5.4.1 Nodo 4 de Febrero

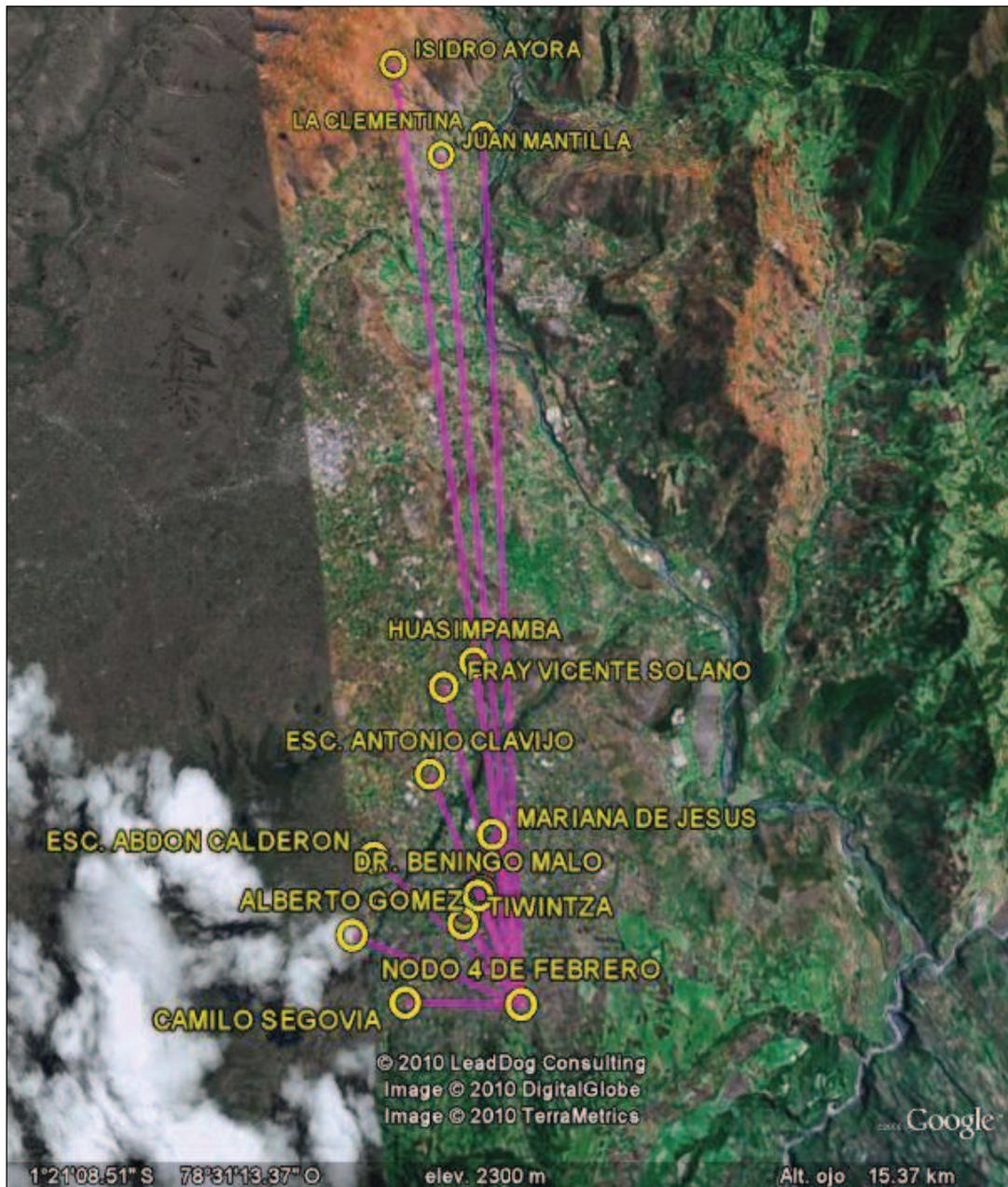


Figura 2.108 Suscriptores del Nodo 4 de Febrero.

### 2.3.2.5.4.2 Nodo Angamarquillo

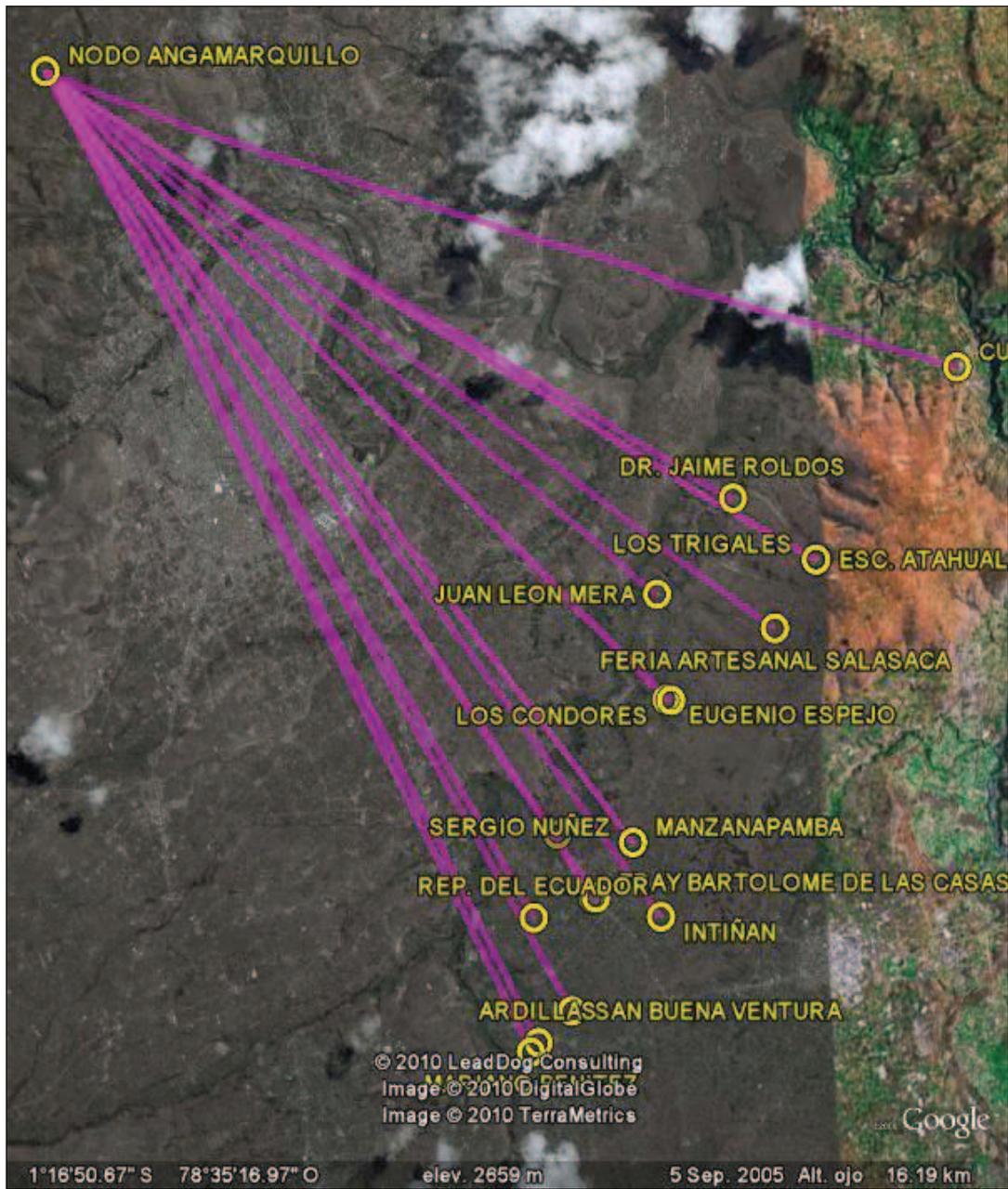


Figura 2.109 Suscriptores del Nodo Angamarquillo.

### 2.3.2.5.4.3 Nodo Cotaló



Figura 2.110 Suscriptores del Nodo Cotaló.

#### 2.3.2.5.4.4 Nodo Nitón

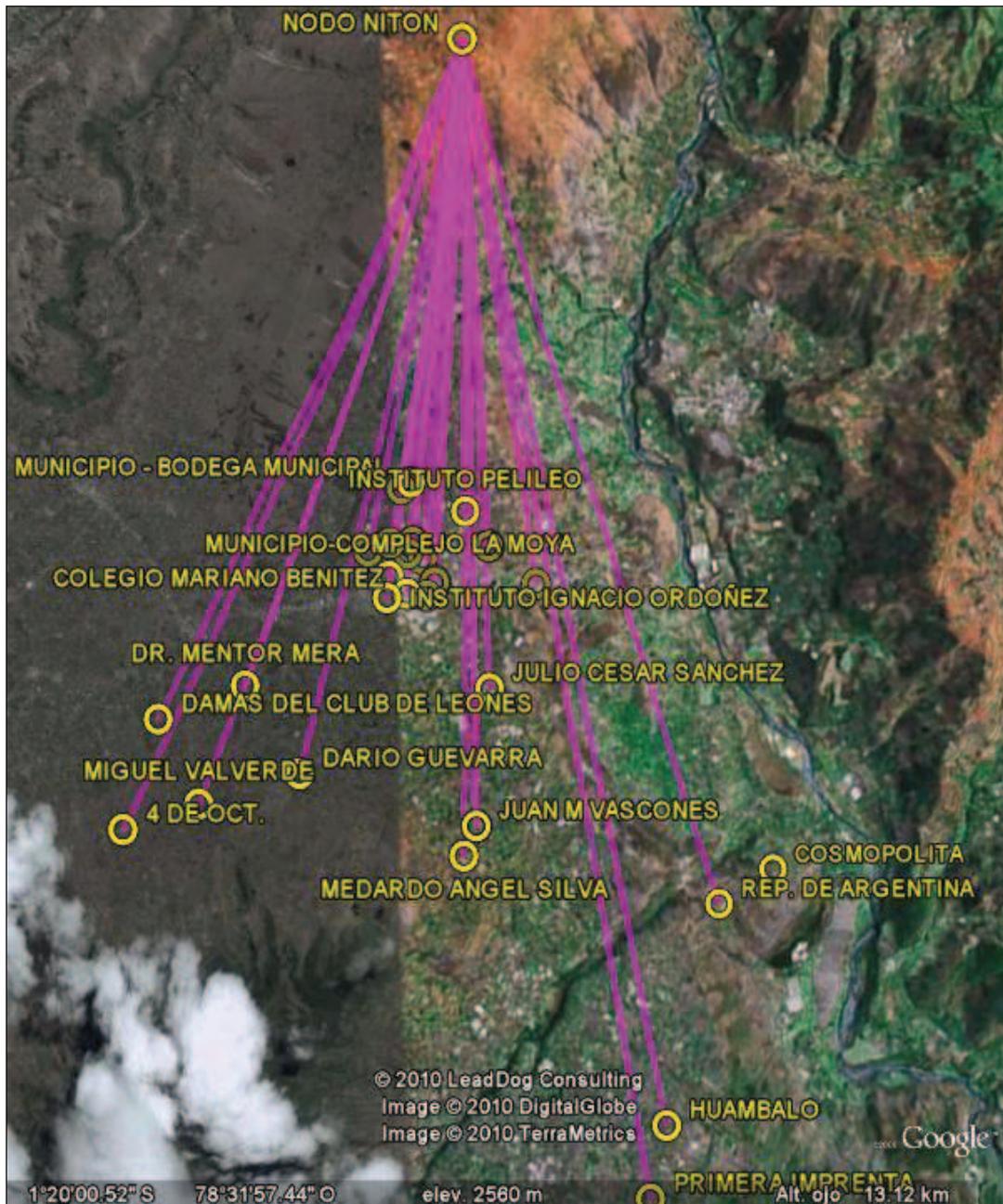


Figura 2.111 Suscriptores del Nodo Nitón.

### 2.3.2.5.4.5 Nodo San Fernando

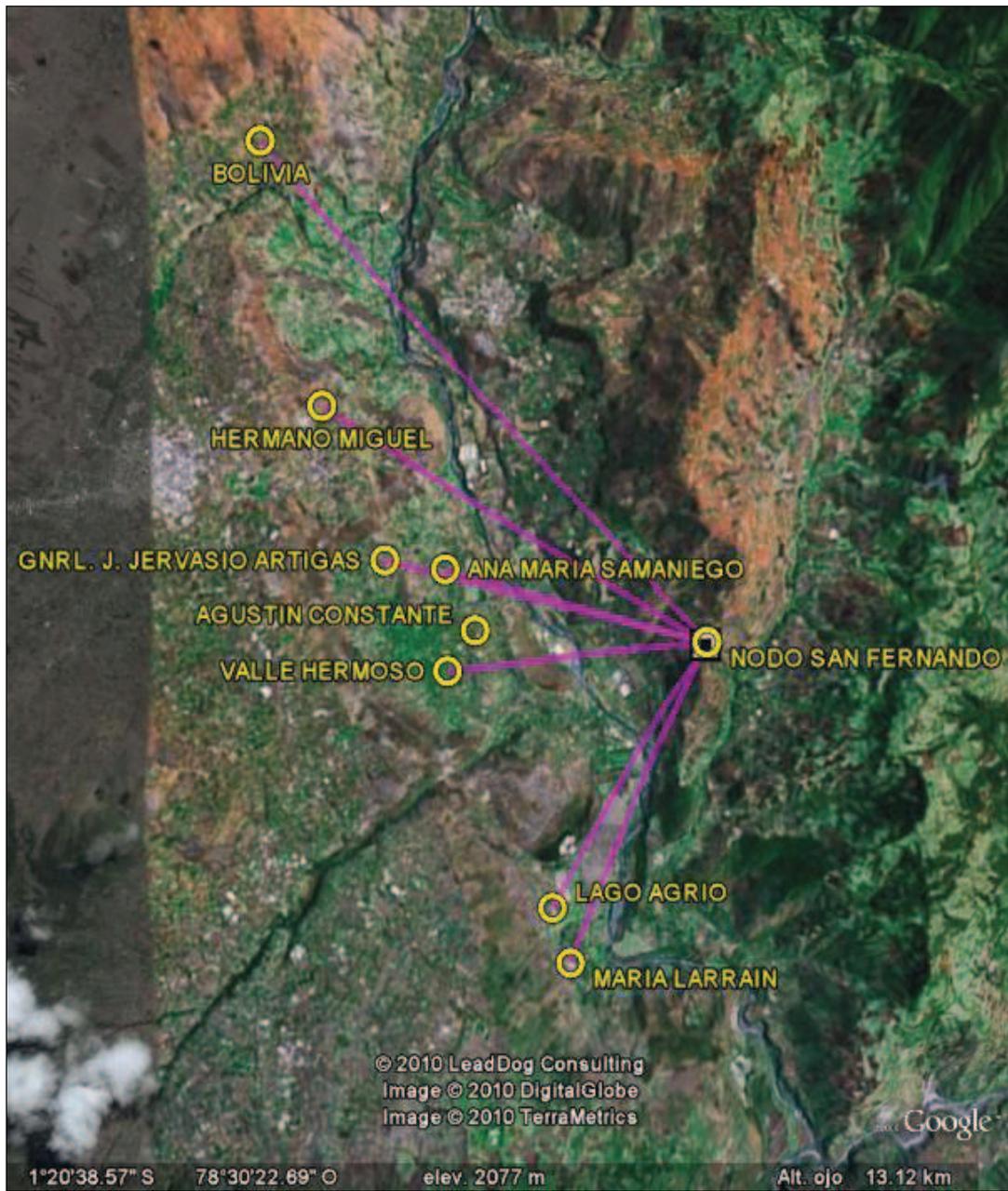


Figura 2.112 Suscriptores del Nodo San Fernando

2.3.2.5.5 Diagrama Unifilar de la Red

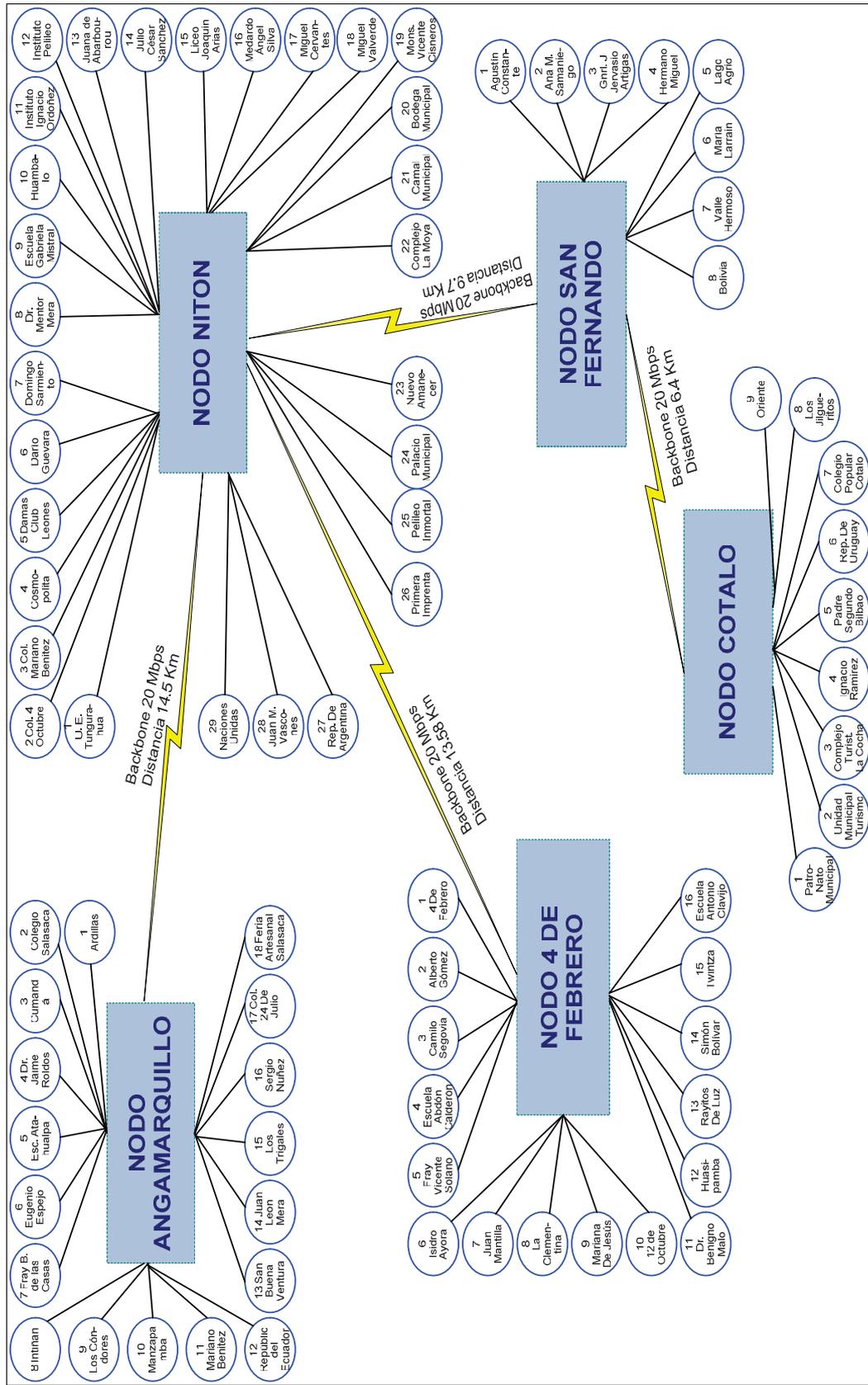


Figura 2.113 Diagrama Unifilar de la Red.

### **2.3.2.5 Servidores**

En la actualidad los servidores y equipos de computación en general han tenido un desarrollo a gran escala por lo cual se tienen grandes velocidades de procesamiento y tamaño de discos de almacenamiento de información importantes. Todos estos equipos se encuentran con facilidad en el mercado, siendo el factor decisivo el presupuesto que se disponga para su adquisición.

Retomando como referencia estándares mínimos utilizados por ciertos proveedores de Internet, se sugiere el siguiente equipamiento a nivel de hardware y software.

#### ***2.3.2.5.1 Hardware***

Se ha definido utilizar servidores que tienen las siguientes características mínimas:

- Mainboard para Core 2 Quad.
- Procesador Core 2 Quad de 2,4 GHz.
- Memoria RAM: 4 Gb DDR2.
- Disco duro capacidad 1 Tb.
- Ventiladores (2).
- Dos tarjetas de red 10/100/1000 Mbps.
- Fuente de energía redundante.
- Accesorios.

#### ***2.3.2.5.2 Software***

Los servidores a ser configurados para servicios de Internet, utilizarán como sistema operativo LINUX.

Se pueden mencionar dos características específicas de este sistema operativo que lo diferencian del resto que se encuentran en el mercado, la primera y más importante es que es libre, es decir, no tenemos que pagar una licencia para su

uso; y la segunda que el sistema viene acompañado del código fuente y puede ser modificado según las necesidades técnicas.

#### **2.3.2.5.3 Servicios Instalados en Servidores**

Se considera el uso de 3 servidores de servicios de Internet cuyos servicios estarán distribuidos de la siguiente manera:

##### a) Servidor Linux 1

- Correo electrónico
  - ✓ Servicios de correo electrónico.
  - ✓ Web mail.
  - ✓ Servicio de antivirus y antispam.
  
- WEB
  - ✓ Servidor HTTP.
  - ✓ Servidor FTP.
  
- DNS
  - ✓ Resolución en nombre.

##### b) Servidor Linux 2

- Proxy
  - ✓ Servidor Proxy.
  - ✓ Servicio antivirus.
  - ✓ Sistema de filtrado de contenidos según requerimientos del proyecto.
  
- Firewall
  - ✓ Filtrado de paquetes, direcciones IP y acceso de servicios.
  - ✓ Filtrado, enrutamiento y traslación de puertos TCP y UDP.
  - ✓ Servicio de NAT, túneles y VPN's.
  - ✓ Servicio de autenticación.

- ✓ Políticas de calidad de servicio y priorización de tráfico.
- Administración y servicios de reporte
  - ✓ Administración gráfica de enlaces en programas MRTG o similares.
  - ✓ Sistema WEB para reportes de navegación y conexiones online mediante SNMP.

c) Servidor Linux 3

- Gestión de ancho de banda de los enlaces.
- Monitoreo de disponibilidad de enlaces.
- Mediciones de tráfico de datos.
- Alarmas de fallas, tráfico y autenticación.
- Estadísticas de calidad de servicio.

#### **2.3.2.6 Diseño Lógico de la Red**

Debido a la tendencia tecnológica se ha definido utilizar una red tipo IP íntegra.

La estructura de red será tipo Metro Ethernet que permita asignar a cada centro educativo una VLAN exclusiva eliminando los broadcast de red que pueda ocasionar la caída de todo el sistema. De esta manera se evitará que si un centro educativo tiene problemas de virus afecte al resto de enlaces.

La estructura de red Metro Ethernet está formada por:

Router de borde que manejará la creación de VLAN, direccionamiento IP para cada una de las unidades educativas que forman parte de la red y enrutamiento de redes.

Este equipo estará instalado en el nodo central de distribución de Internet, en el cual se podrá configurar protocolos de enrutamiento estático y dinámico como OSPF y BGP.

Switch de acceso capa 2 que estará instalado en cada nodo y permitirá la interconexión y distribución de VLAN a cada una de las unidades educativas.

Entre las tecnologías Metro Ethernet existentes en el mercado se pueden citar las siguientes: Cisco, Huawei, Nortel, entre otras. Para el estudio se ha seleccionado la tecnología Cisco, porque es la tecnología que se ha tenido más relación tanto en el ambiente universitario como en el laboral.

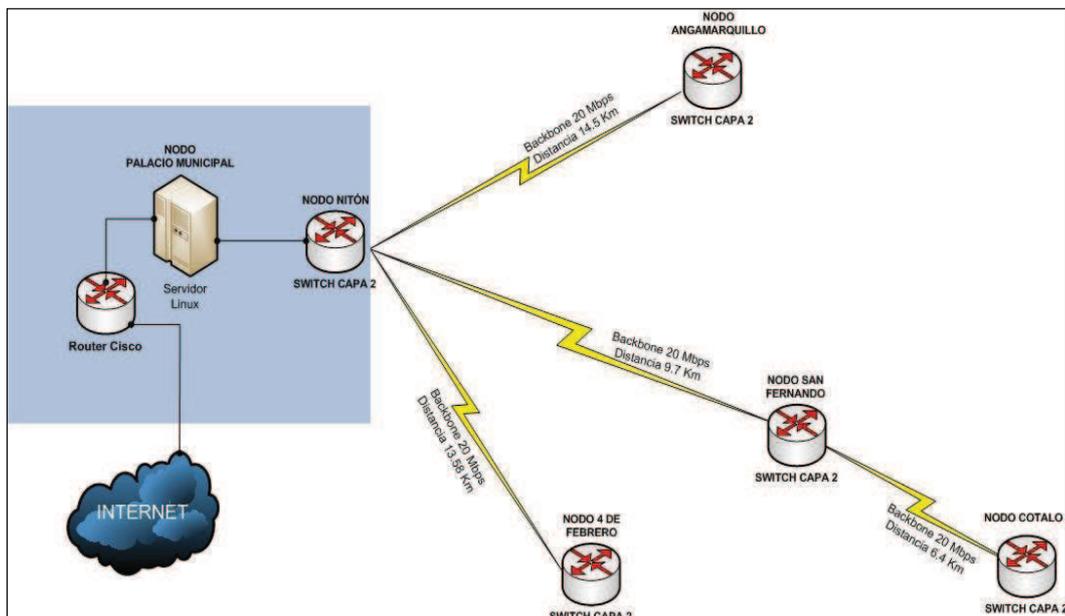


Figura 2.114 Red Metro Ethernet.

### 2.3.2.7.1 Direcciónamiento y Control IP

Se ha definido la utilización de una red de 16 direcciones públicas para los servidores de Internet a ser instalados en el proyecto.

Para las unidades educativas, equipos radios de backbone, bases multipunto, suscriptores y switch de acceso se ha definido utilizar IP privadas.

Un posible prototipo de plan de direccionamiento IP sería:

- Switch, radio bases y suscriptores: 172.17.1.0 255.255.255.0
- Centros educativos: 172.17.2.0 255.255.255.0, etc.
- VLANs para las unidades educativas: 100 – 180

El ancho de banda de los enlaces será controlado en los enlaces suscriptores a ser instalados en cada institución de acuerdo a los parámetros de diseño considerados en los pliegos técnicos de la licitación.

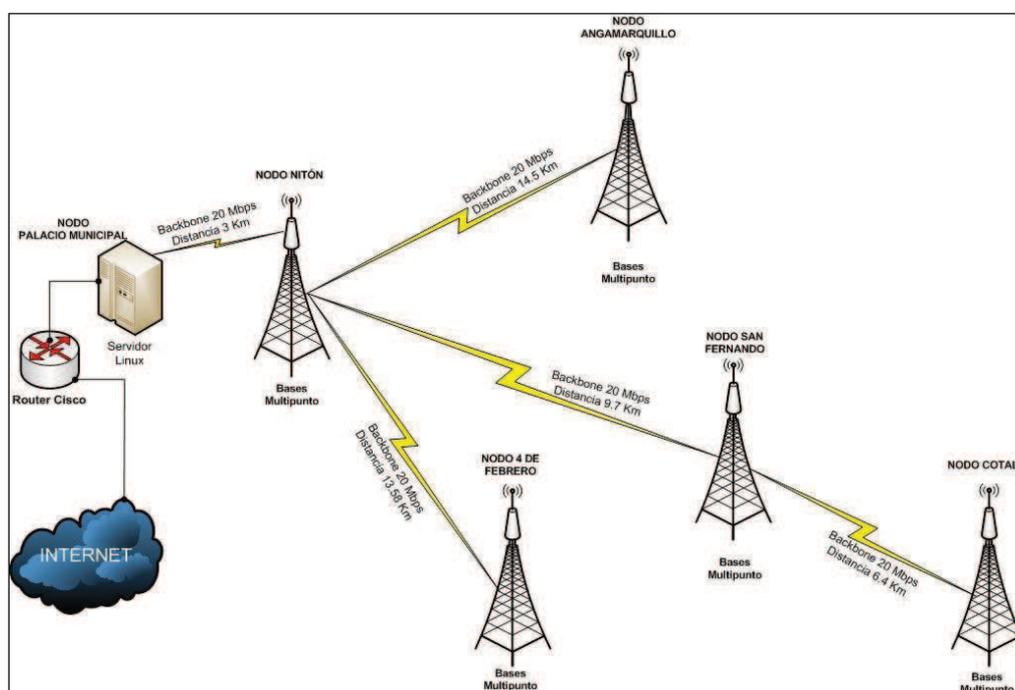


Figura 2.115 Diagrama de Conectividad de la Red.

### 2.3.2.7.2 Prototipo de Configuraciones de la Red

A continuación se presenta un ejemplo base de cómo será la configuración en los equipos de comunicaciones Cisco. Como indica la Figura 2.107 todo el

tráfico va desde el Nodo Nitón hacia el servidor Linux y a la vez de este servidor va el tráfico al router de borde para su salida al Internet.

**a. Nodo Nitón:**

```
interface GigabitEthernet1/0/3
description ENLACE_NODO_ANGAMARQUILLO
switchport trunk encapsulation dot1q
switchport mode trunk
```

```
interface GigabitEthernet1/0/4
description ENLACE_NODO_SAN_FERNANDO
switchport trunk encapsulation dot1q
switchport mode trunk
```

```
interface GigabitEthernet1/0/5
description ENLACE_NODO_4_DE_FEBRERO
switchport trunk encapsulation dot1q
switchport mode trunk
```

```
interface GigabitEthernet1/0/1
description CONECCION_SERVER_LINUX
switchport trunk encapsulation dot1q
switchport mode trunk
```

**b. Nodo San Fernando:**

```
interface FastEthernet0/22
description ENLACE_NODO_COTALO
switchport trunk encapsulation dot1q
switchport mode trunk
```

**c. Router de Borde:**

```
interface Vlan10
description RADIOS
ip address 172.18.0.1 255.255.255.0
```

```
interface Vlan101
description CLIENTE1_ANGAMARQUILLO
bandwidth 512
ip address 192.168.160.0 255.255.255.252
```

```
interface Vlan102
description CLIENTE2_ANGAMARQUILLO
bandwidth 512
ip address 192.168.160.4 255.255.255.252
```

```
interface Vlan103
description CLIENTE3_ANGAMARQUILLO
bandwidth 512
ip address 192.168.160.8 255.255.255.252
```

```
.
.
.
.
```

```
interface Vlan131
description CLIENTE1_SAN_FERNANDO
bandwidth 512
ip address 192.168.160.128 255.255.255.252
```

**d. Configuración en los Nodos para los enlaces multipunto:**

Se tomará como ejemplo el Nodo Angamarquillo y el enlace del centro educativo Ardillas:

```
interface FastEthernet0/6
```

```

description MULTIPUNTO_BASE_1(Ardillas)
switchport trunk encapsulation dot1q
switchport mode trunk

```

Este procedimiento se repite dependiendo de la cantidad de bases multipunto que se tenga y el número de nodos de la red.

En el prototipo de configuración se tienen 64 redes con máscara 252 para 64 centros educativos, para tener los 80 enlaces únicamente se crea otra red privada que también servirá para futuros incrementos en la red.

El comando *encapsulation dot1q* sirve para el manejo de VLANs mientras que *mode trunk* permite el paso de todas las VLANs creadas.

### 2.3.2.7.3 Direccionamiento IP

A continuación se indica un modelo de asignación de direcciones IP hacia los centros educativos de la red, mediante Máscaras de Subred de Tamaño Variable (VLSM) ya que este método tiene como ventaja principal recuperar direcciones desperdiciadas y el manejo de diferentes máscaras para cada subred.

<b>Red Principal</b>	192.17.45.0	
<b>Máscara</b>	255.255.255.0	
<b>SUB REDES</b>	<b>NODO</b>	<b>SUSCRIPTORES</b>
	Nitón	29
	Angamarquillo	18
	4 de Febrero	16
	Cotaló	9
	San Fernando	8

Tabla 2.14 Características de la Red.

SUBRED	N° SUSCRIPTORES	DIRECCIÓN	MÁSCARA	RANGO DE DIRECCIONES
Nitón	29	192.17.45.0	/27	192.17.45.1 192.17.45.30
Angamarquillo	18	192.17.45.32	/27	192.17.45.33 192.17.45.62
4 de Febrero	16	192.17.45.64	/27	192.17.45.65 192.17.45.94
Cotaló	9	192.17.45.96	/28	192.17.45.97 192.17.45.110

San Fernando	8	192.17.45.112	/28	192.17.45.113 192.17.45.126
--------------	---	---------------	-----	--------------------------------

Tabla 2.15 Asignación de Direcciones IP por Nodo.

### 2.3.2.8 Sistema de Monitoreo

Para sistemas de monitoreo se usará la herramienta Open Source denominada CatiEZ, el cual es un sistema web de administración y gestión de gráficas de consumo a través del protocolo SNMP; entre sus principales características se tiene:

- Recolección de contadores de interfaces de dispositivos (ruteadores, switches, servidores) a través de protocolo SNMP.
- Creación de una base de datos RRD que recolecta la información SNMP.

Este tipo de base está orientada al almacenamiento de datos basadas en series temporales.

- Graficación de datos recolectados en cada base.
- Creación de gráficas de acuerdo a su utilización: gráficas de percentiles, gráficas de consumo, gráficas combinadas de varias bases que indiquen tendencias.
- Creación de plantillas de graficación: plantillas de consumo de bits, plantillas de medición de temperatura.
- Presentación de gráficas en periodos de tiempo que oscilan entre 5 minutos hasta 1 año.
- Zoom de acercamiento en gráficas para capturar eventos en un periodo de tiempo determinado.
- Administración web del sitio.
- Administración de perfiles de usuario con acceso a recursos del sistema.
- Integración de plugins, entre los que destacamos los siguientes:
  - ✓ *Discovery*: Rastreo y descubrimiento de nuevos dispositivos a través de protocolo SNMP en un segmento de red indicado

- ✓ *Thold*: Genera eventos basado en los datos tomados de las gráficas como es el traspaso de umbrales mínimo y máximo, notificando el evento a través de correo electrónico.
- ✓ *Graficación en línea*. Permite que un gráfico se actualice cada 10 segundos de manera real y visible para el administrador.

A continuación se indican algunas muestras del sistema en las siguientes gráficas que indican el tráfico de un cliente en particular en función del tiempo, también permite realizar un chequeo semanal, mensual o anual del uso de la red.

En las figuras 2.116 y 2.117 se puede apreciar claramente la característica tipo ráfaga del Internet.

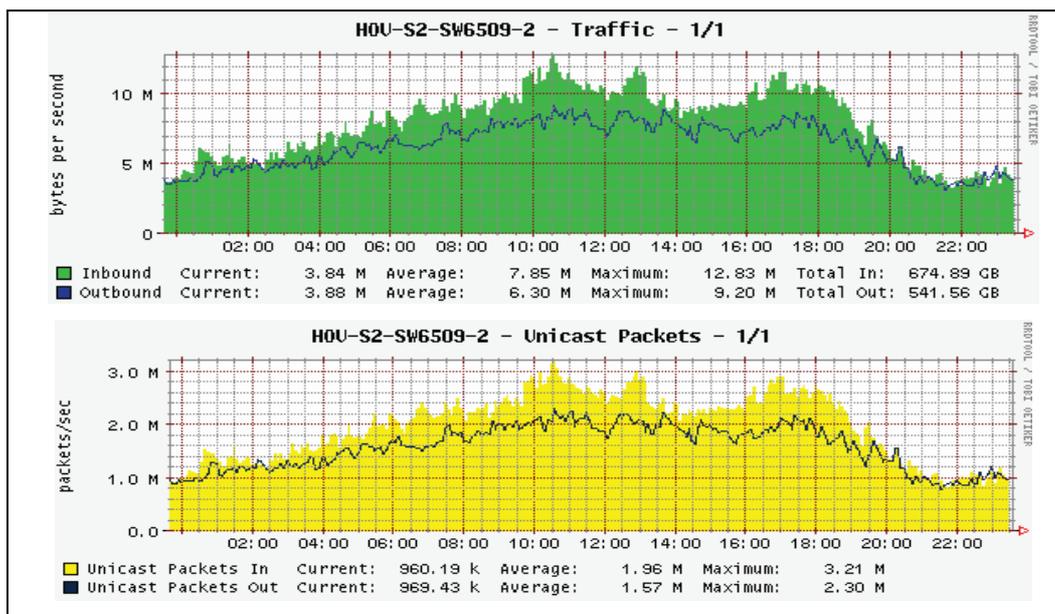


Figura 2.116 Visualización del Monitoreo de la Red.

Fuente: <http://www.cacti.net>

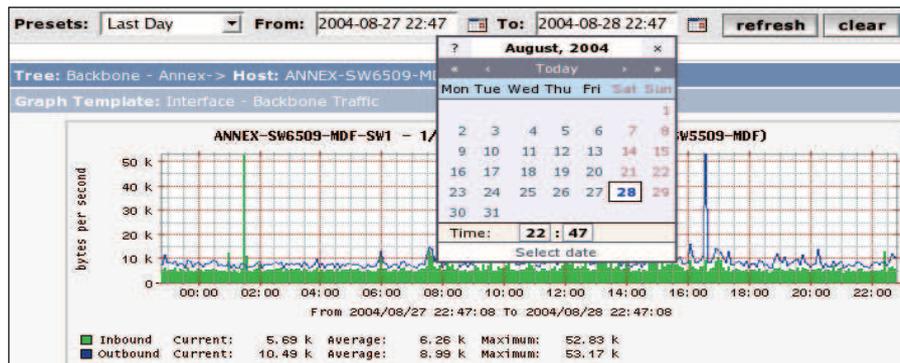


Figura 2.116 Visualización del Monitoreo de la Red. (Continuación)

Fuente: <http://www.cacti.net>

La figura 2.117 indica las características de los clientes que forman parte de la red, su estado, dirección IP, tiempo de conexión, etc.

Devices							Add
Filter by host template:		Any	Search: SW3500		go	clear	
<< Previous		Showing Rows 1 to 55 of 55 [1]				Next >>	
Description	Status	Hostname	Current (ms)	Average (ms)	Availability		
ADMIN01	Up	172.16.0.9	171.5	87.38	100%		
ANNEX-RTR2600-COMCAST	Up	192.168.0.1	66.69	42.11	100%		
ANNEX-SW3548-MDF-SW2	Up	172.16.100.3	265.92	324.09	100%		
ANNEX-SW6509-MDF-SW1	Up	172.16.100.1	13.63	11.5	100%		
BACKUP01	Up	172.16.0.15	2.53	2.52	100%		
BORDER01	Up	172.16.0.16	95.17	49.25	100%		
CITRIX01	Down	172.16.0.12	0	0	0%		
FRANKFORD01	Up	192.168.6.2	8.59	11.01	100%		
GHOST01	Up	172.16.0.17	1000	1000	100%		
GRPWISE	Up	172.16.0.3	3.39	2.93	100%		
HS-HPLJ4000-ADMIN	Down	172.16.2.28	0	0	0%		
HS-HPLJ4000-LIB	Up	172.16.2.39	12.22	12.71	100%		
HS-HPLJ4000-OFF	Up	172.16.2.25	15.22	14.22	100%		
HS-HPLJ4000-RM110-1	Up	172.16.2.24	841.32	783.3	100%		
HS-HPLJ4000-RM112-1	Down	172.16.2.21	0	0	0%		
HS-HPLJ4000-RM112-2	Down	172.16.2.34	0	0	0%		
HS-HPLJ4000-RM114-1	Up	172.16.2.22	13.37	13.33	100%		
HS-HPLJ4000-RM114-2	Up	172.16.2.23	10.45	10.45	100%		
HS-HPLJ4000-RM116-1	Down	172.16.2.33	0	0	0%		
HS-HPLJ4000-RM116-2	Down	172.16.2.32	0	0	0%		
HS-HPLJ4000-RM204-1	Up	172.16.2.31	10.73	10.63	100%		
HS-HPLJ4000-RM204-2	Up	172.16.2.35	11.79	11.54	100%		
HS-SW3550-IDF1-1-SW1	Up	172.16.100.10	8.89	9.15	100%		
HS-SW3550-IDF1-2-SW1	Up	172.16.100.20	9.53	9.46	100%		
HS-SW3550-IDF2-1-SW1	Up	172.16.100.30	10.27	9.84	100%		
HS-SW3550-IDF2-2-SW1	Up	172.16.100.40	159.25	161.01	100%		
HS-SW3550-IDF2-3-SW1	Up	172.16.100.50	151.3	81.67	100%		
HS-SW3550-IDF3-1-SW1	Up	172.16.100.60	246.69	176.89	100%		
HS-SW3550-IDF3-2-SW1	Up	172.16.100.70	18.48	117.63	100%		
HS-SW3550-IDF3-3-SW1	Up	172.16.100.80	213.27	213.98	100%		
Karlnet Bridge #1	Up	198.17.74.230	73.81	242.26	100%		
Karlnet Bridge #2	Up	198.17.74.240	137.77	368.31	100%		
MIFFLIN01	Down	192.168.5.2	0	0	0%		
MS-HPLJ4000-LIB	Unknown	172.16.2.40	0	0	100%		
MS-HPLJ4000-OFF	Up	172.16.2.26	19.73	15.14	100%		
MS-HPLJ4000-RM309-1	Up	172.16.2.36	9.47	10.37	100%		
MS-HPLJ4000-RM309-2	Up	172.16.2.37	13.09	13.1	100%		

Figura 2.117 Visualización de Clientes de la Red.

Fuente: <http://www.cacti.net>

## **CAPÍTULO 3**

### **PRESUPUESTO DE INSTALACIÓN**

#### **3.1 EVALUACIÓN DE FABRICANTES**

##### **3.1.1 TECNOLOGÍAS**

Al momento de realizar el presupuesto del proyecto es necesario establecer posibles marcas y tecnologías en función de las cuales se puedan solicitar los presupuestos respectivos.

Se mencionan dos marcas de equipos que cumplen con los requisitos técnicos y tienen reconocimiento a nivel mundial respaldadas por casos de éxito en proyectos similares.

Estas marcas y tecnologías son:

- Motorola – [www.motorola.com](http://www.motorola.com)
- Alvarion – [www.alvarion.com](http://www.alvarion.com)

Cada marca y tecnología tienen sus herramientas propietarias de cálculos de enlace y perfiles topográficos, las cuales coinciden en sus resultados de parámetros de radiofrecuencia, siendo la única diferencia el modelo propio de antena o ancho de banda de cada marca pero que finalmente llega a un resultado muy similar.

Desde este punto de vista y dada la característica de OPEN SOURCE del LINK PLANNER de Motorola ha definido ciertos modelos de equipos que permiten cumplir el objetivo del proyecto y establecer sus costos.

### 3.2 PRESUPUESTO INTEGRAL DEL PROYECTO

La Tabla 3.1 muestra los requerimientos físicos del proyecto.

DATOS GENERALES DEL PROYECTO	
Total de meses de duración del proyecto para Arriendo de Nodos	36
Número de Nodos de Backbone	6
Nodos que son Centros Educativos	0
Total de nodos del Proyecto	6
Número de Bases Access Point	5
Número de meses totales de instalación del proyecto	48
Número de meses de operación	48
Número de centros educativos beneficiados	80
Número de días de instalación programados	120
Número de técnicos programados para el proyecto	4
Meses de instalación del Proyecto	4
Enlaces Punto a Punto	6
Enlaces Multipunto	80

Tabla 3.1 Datos Generales del Proyecto.

#### 3.2.1 Infraestructura del Proyecto

A continuación se consideran todos los materiales y accesorios necesarios para la instalación de las torres de telecomunicaciones con sus respectivos elementos para el funcionamiento de la red.

NÚMERO DE TORRES	ALTURA DE TORRES (m)	TOTAL (m)
5	15	75

Tabla 3.2 Cantidad de Torres de Telecomunicaciones.

POLOS Y ACCESORIOS	
CANTIDAD	DETALLE
5	Nodo Nitón
2	Nodo Angamarquillo
2	Nodo 4 de Febrero
3	Nodo San Fernando
2	Nodo Cotaló

Tabla 3.3 Polos y Accesorios por Nodo.

TORRES DE TELECOMUNICACIONES				
ÍTEM	CANTIDAD	DETALLE	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
1	90	Metros de torres, incluye instalación y transporte	\$ 60,00	\$ 5.400,00
2	5	Obras civiles, torres de 15 metros	\$ 400,00	\$ 2.000,00
3	14	Polos y accesorios	\$ 40,00	\$ 560,00
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 7.060,00</b>	

Tabla 3.4 Costo Total de las Torres de Telecomunicaciones.

PARARRAYOS DE NODOS				
ÍTEM	CANTIDAD	DETALLE	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
1	5	Pararrayo tipo Franklin	\$ 300.00	\$ 1,500.00
2	5	Sistema Baliza para torres	\$ 300.00	\$ 1,500.00
3	75	Cable gemelo 14AWG	\$ 0.40	\$ 30.00
4	10	Dos Varillas Coperwell de alta camada 5/8	\$ 10.00	\$ 100.00
5	275	Metros de cable 1/0 AWG	\$ 8.00	\$ 2,200.00
6	15	Tres Sueldas cadwell	\$ 7.00	\$ 105.00
7	15	Cargas	\$ 7.00	\$ 105.00
8	5	Accesorios	\$ 20.00	\$ 100.00
9	10	Mejoradores de conductividad	\$ 36.00	\$ 360.00
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 6,000.00</b>	

Tabla 3.5 Costos de Pararrayos de Nodos.

<b>SISTEMAS A TIERRA DE NODOS</b>				
<b>ÍTEM</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>DETALLE</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
1	15	Tres Varillas Coperwell de alta camada 5/8 12 Metros de cable 1/0 AWG para hacer una malla triangular de 3 x 3 + 3 metros de acometida. Recordar que la caseta esta	\$ 10.00	\$ 150.00
2	60	junto a la tierra.	\$ 8.00	\$ 480.00
3	20	Sueldas cadwell	\$ 7.00	\$ 140.00
4	5	Bornera	\$ 60.00	\$ 300.00
5	20	Cargas	\$ 7.00	\$ 140.00
6	5	Accesorios	\$ 10.00	\$ 50.00
7	10	Mejoradores de conductividad	\$ 36.00	\$ 360.00
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 1,620.00</b>	

Tabla 3.6 Costos de Sistemas a Tierra.

<b>AIRE ACONDICIONADO Y SISTEMAS DE SEGURIDAD</b>				
<b>ÍTEM</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>DETALLE</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
1	5	Sistemas pequeños de aire acondicionado y temporizador	\$ 200.00	\$ 1,000.00
2	5	Sistema sonoro de alarma con clave	\$ 150.00	\$ 750.00
3	5	Cajas de equipos de telecomunicaciones	\$ 500.00	\$ 2,500.00
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 4,250.00</b>	

Tabla 3.7 Costos de Aire Acondicionado y Sistemas de Seguridad.

El costo en cuanto a la infraestructura total de los nodos se obtiene de la suma de las tablas 3.4 hasta la 3.7 y este es de: \$11.870,00

La distancia del cable 1/0 AWG se la tomó de la tabla 3.4, en el ítem que contempla el tamaño de torres, considerando 200 metros adicionales de cable.

Sólo se incluyen materiales y accesorios, no está incluida la mano de obra que estará contemplada en la sección de proveedores.

<b>NODO DE DISTRIBUCION DE INTERNET - CENTRO DE CÓMPUTO MUNICIPIO DE PELILEO</b>				
<b>ÍTEM</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>DETALLE</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
1	1	Rack cerrado de 1,80 metros de altura y accesorios	\$ 400,00	\$ 400,00
2	24	Sistema de cableado estructurado de 24 puntos categoría 6	\$ 90,00	\$ 2.160,00
3	1	Readecuaciones eléctricas y físicas del centro de computo	\$ 2.500,00	\$ 2.500,00
4	1	UPS ONLINE DE 3 KWA con banco de baterías y mano de obra	\$ 5.000,00	\$ 5.000,00
5	1	Unidad de enfriamiento	\$ 2.500,00	\$ 2.500,00
6	1	Juego de Muebles	\$ 300,00	\$ 300,00
7	1	Accesorios	\$ 200,00	\$ 200,00
8	1	Sistema de alarmas de acceso o tarjeta lectora	\$ 500,00	\$ 500,00
9	1	Extintor	\$ 100,00	\$ 100,00
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 13.660,00</b>	

Tabla 3.8 Nodo de Distribución de Internet – Municipio de Pelileo.

El cableado estructurado es para el interior del cuarto de equipos. El área del centro de cómputo está entre seis y diez metros cuadrados.

<b>ENERGÍA ELÉCTRICA</b>				
<b>ÍTEM</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>DETALLE</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
1	5	Instalación de medidores en nodos	\$ 200,00	\$ 1,000,00
2	5	Acometidas eléctricas en nodos	\$ 3,000,00	\$ 15,000,00
3	5	UPS de 2KWA y sistemas de banco de baterías incluye instalación	\$ 2,500,00	\$ 12,500,00
4	1	Generador eléctrico para el Municipio	\$ 1,000,00	\$ 1,000,00
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 29,500,00</b>	

Tabla 3.9 Energía Eléctrica en los Nodos

TERRENOS					
NUMERO DE NODOS NUEVOS		5			
NUMERO DE MESES DEL PROYECTO		48			
ÍTEM	CANTIDAD	DETALLE	COSTO DE SERVICIOS POR NODOS	COSTO UNITARIO POR NODO /TODO EL PROYECTO	COSTO TOTAL
1	5	Arrendamientos de Nodos	\$100.00	\$4,800.00	\$24,000.00
2	5	Readecuaciones de Nodos (Bajar monte, aplanar, etc.)	N/A	\$100.00	\$500.00
3	5	Costos de legalización de contratos	N/A	\$50.00	\$250.00
4	5	Total cerramientos nodos	N/A	\$40.00	\$200.00
5	5	Pago de energía eléctrica	\$20.00	\$960.00	\$4,800.00
<b>TOTAL</b>					<b>\$29,750.00</b>

Tabla 3.10 Costo de Terrenos para los Nodos.

Es importante hablar con las juntas parroquiales para tratar que los terrenos sean donados y sin cobro de arriendo con el fin de ahorrar gastos.

MATERIALES INSTALACIONES NODOS				
CANTIDAD DE METROS DE TORRE		75		
METROS DE GUARDA POR NODO		50		
ÍTEM	CANTIDAD	DETALLE	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
1	1	CABLE FTP CATEGORIA 5E	\$ 100.00	\$ 100.00
2	20	CONECTORES RJ45	\$ 0.50	\$ 10.00
3	25	Patch cord categoría 5E de 1 metro	\$ 3.00	\$ 75.00
4	5	Accesorios: cinta autofundente, cinta aislante, etc.	\$ 20.00	\$ 100.00
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 285.00</b>

Tabla 3.11 Costo de Materiales para los Nodos.

Para el cálculo de cantidad de rollos de cables se tomaron las alturas de las torres más un valor de guarda de 10 metros por nodo. Por lo que se necesita de un rollo de 300 metros.

<b>MÁSTILES PARA CENTROS EDUCATIVOS</b>				
<b>ÍTEM</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>DETALLE</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
1	82	METROS DE MÁSTILES, FABRICACIÓN, INSTALACIÓN Y TRANSPORTE	\$ 25.00	\$ 2,050.00
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 2,050.00</b>	

Tabla 3.12 Costo de Mástiles.

<b>SISTEMAS A TIERRA DE LOS CENTROS EDUCATIVOS</b>				
Número de Centros Educativos		80		
<b>ÍTEM</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>DETALLE</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
1	240	Varillas Copperweld	\$ 10,00	\$ 2.400,00
2	800	Metros de cable 1/0 AWG	\$ 8,00	\$ 6.400,00
3	320	Sueldas cadwell	\$ 7,00	\$ 2.240,00
4	80	Bornera	\$ 75,00	\$ 6.000,00
5	320	Cargas	\$ 7,00	\$ 2.240,00
6	80	Accesorios	\$ 5,00	\$ 400,00
7	80	Mejoradores de conductividad	\$ 36,00	\$ 2.880,00
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 22.560,00</b>	

Tabla 3.13 Costo de Sistemas a Tierra.

<b>BASTIDORES PARA CENTROS EDUCATIVOS</b>				
Número de Centros Educativos		80		
<b>ÍTEM</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>DETALLE</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
1	80	Rack de pared	\$ 30,00	\$ 2.400,00
2	80	Regletas eléctricas	\$ 30,00	\$ 2.400,00
3	80	Organizadores Horizontales	\$ 10,00	\$ 800,00
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 5.600,00</b>	

Tabla 3.14 Costo de Bastidores.

<b>UPS</b>				
Número de Centros Educativos		80		
<b>ÍTEM</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>DETALLE</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
1	80	UPS DE 550 VA	\$ 100,00	\$ 8.000,00
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 8.000,00</b>	

Tabla 3.15 Costo de UPS.

<b>COSTO TOTAL DE INFRAESTRUCTURA DE CENTROS EDUCATIVOS</b>		
<b>ÍTEM</b>	<b>DETALLE</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
1	SISTEMAS DE TIERRA DE LOS CENTROS EDUCATIVOS	\$ 22.560,00
2	BASTIDORES CENTROS EDUCATIVOS	\$ 5.600,00
3	UPS	\$ 8.000,00
<b>TOTAL</b>		<b>\$ 36.160,00</b>

Tabla 3.16 Costo Total de Infraestructura de Centros Educativos.

<b>MATERIALES CENTROS EDUCATIVOS</b>				
Número de Centros Educativos		80		
<b>ÍTEM</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>DETALLE</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
1	16	Rollos de cable FTP categoría 5E	\$ 120,00	\$ 1.920,00
2	320	Conectores RJ45	\$ 0,50	\$ 160,00
3	160	Patch cord de 1 metro	\$ 3,00	\$ 480,00
4	320	Canaletas plásticas pequeñas	\$ 1,50	\$ 480,00
5	80	Accesorios: Cinta autofundente, cinta aislante, tacos fisher, tornillos	\$ 2,00	\$ 160,00
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 3.200,00</b>	

Tabla 3.17 Costo de Materiales para los Centros Educativos.

<b>RADIOS PUNTO A PUNTO BACKBONE</b>				
Número de Nodos		5		
Enlace Municipio hacia Internet		1		
Repuestos proyectados (2 enlaces)		2		
<b>ÍTEM</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>DETALLE</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
1	8	Enlace Radio PTP 300	\$ 3.500,00	\$ 28.000,00
2	12	Antenas de 3 pies tipo tambor	\$ 1.500,00	\$ 18.000,00
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 46.000,00</b>	

Tabla 3.18 Costo de Radios Punto a Punto Backbone.

<b>BASES AP MULTIPUNTO</b>				
Número de Bases		5		
Repuestos de bases multipunto		2		
<b>ÍTEM</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>DETALLE</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
1	7	Bases AP Motorota	\$ 1.500,00	\$ 10.500,00
2	3	Antenas de 90 grados 17 dBi	\$ 450,00	\$ 1.350,00
3	1	Antenas de 60 grados 17 dBi	\$ 420,00	\$ 420,00
4	1	Antena de 120 grados 17 dBi	\$ 480,00	\$ 480,00
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 12.750,00</b>	

Tabla 3.19 Costo de Bases Multipunto.

La cobertura de las antenas se determinó en función de los perfiles obtenidos con la herramienta Google Earth.

<b>BASES SUSCRIPTORAS</b>				
Suscriptores		80		
Repuestos de enlaces		8		
<b>ÍTEM</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>DETALLE</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
1	88	Suscriptores con antenas	\$ 450,00	\$ 39.600,00
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 39.600,00</b>	

Tabla 3.20 Costo de Bases Suscriptoras.

<b>PUNTOS DE ACCESO</b>				
NÚMERO DE CENTROS EDUCATIVOS		80		
RESPUESTOS		8		
<b>ÍTEM</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>DETALLE</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
1	88	AP	\$ 60,00	\$ 5.280,00
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 5.280,00</b>	

Tabla 3.21 Costo de Puntos de Acceso.

<b>SWITCH</b>				
NODO PRINCIPAL DE DISTRIBUCION DE INTERNET		1		
NODOS REPETIDORES		5		
<b>ÍTEM</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>DETALLE</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
1	1	Cisco 2851 de Borde o Frontera	\$ 3.000,00	\$ 3.000,00
2	1	Cisco switch 3750	\$ 3.000,00	\$ 3.000,00
3	5	Cisco switch 2960	\$ 900,00	\$ 4.500,00
4	4	Smarnet de equipos y servicios 5x12x4	\$ 1.500,00	\$ 6.000,00
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 10.500,00</b>	

Tabla 3.22 Costo de Switch

Smartnet es la garantía que se tendrán de los equipos Cisco, en este caso será de 4 años.

<b>SERVIDORES Y PC</b>				
NÚMERO DE SERVIDORES LINUX			3	
CLON PARA CONSOLA			1	
<b>ÍTEM</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>DETALLE</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
1	3	Servidor LINUX	\$ 2.500,00	\$ 7.500,00
2	1	PC para gestión y monitoreo	\$ 500,00	\$ 500,00
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 8.000,00</b>	

Tabla 3.23 Costo de Servidores y PC.

El número de servidores se considera en función de los requerimientos analizados en el capítulo 2, en el numeral 2.3.2.5.3 Servicios Instalados en los servidores.

<b>HERRAMIENTAS Y EQUIPAMIENTO</b>				
<b>ÍTEM</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>DETALLE</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
1	1	Camioneta 4x4	\$ 28.000,00	\$ 28.000,00
2	4	Laptops	\$ 600,00	\$ 2.400,00
3	2	Medidor de Tierra digital	\$ 1.500,00	\$ 3.000,00
4	4	Kit de Herramientas	\$ 100,00	\$ 400,00
5	4	Multímetros Fluke	\$ 120,00	\$ 480,00
6	1	Impresora	\$ 350,00	\$ 350,00
7	4	Cámara fotográfica	\$ 190,00	\$ 760,00
8	4	GPS	\$ 400,00	\$ 1.600,00
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 36.990,00</b>	

Tabla 3.24 Costo Herramientas y Equipamiento.

<b>COSTOS DE CAPACITACIÓN</b>				
		Participantes cliente	10	
		Numero de días	14	
<b>ÍTEM</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>DETALLE</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
1	1	Infocus	\$ 1.000,00	\$ 1.000,00
2	140	Refrigerio	\$ 5,00	\$ 700,00
3	2	Certificaciones para técnicos	\$ 1.200,00	\$ 2.400,00
4	10	Material Didáctico	\$ 20,00	\$ 200,00
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 4.300,00</b>	

Tabla 3.25 Costo Capacitaciones.

Como parte de las negociaciones en la compra de equipos Cisco negociar con el proveedor las certificaciones gratis, de tal manera que se puedan preparar a los técnicos de la empresa. Por tanto ese costo podría cero 0 USD.

<b>LOGISTICA PARA INSTALACIONES DE LOS TÉCNICOS</b>				
		Número de días de instalación	120	
		Número de técnicos programados para el proyecto	4	
		Meses de Instalación del Proyecto	4	
<b>ÍTEM</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>DETALLE</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
1	240	Alimentación	\$ 15,00	\$ 3.600,00
2	4	Alquiler de vivienda & bodega	\$ 350,00	\$ 1.400,00
3	4	Planes celulares	\$ 80,00	\$ 320,00
4	4	Combustible de camioneta	\$ 300,00	\$ 1.200,00
5	4	Mantenimiento camioneta	\$ 150,00	\$ 600,00
6	1	Conexión de Internet en el lugar a ser de vivienda y bodega	\$ 200,00	\$ 200,00
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 7.240,00</b>	

Tabla 3.26 Costo de Logística para la Instalación.

<b>REGULACIONES</b>				
ENLACES PUTNO A PUNTO				6
ENLACES MULTIPUNTO				80
<b>ÍTEM</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>DETALLE</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
1	86	Estudios de legalización: impresiones, etc.	\$ 50,00	\$ 4.300,00
2	6	Pago de uso de espectro por 4 años del proyecto	\$ 700,00	\$ 4.200,00
3	80	Pago de uso de espectro por 4 años del proyecto	\$ 300,00	\$ 24.000,00
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 32.500,00</b>

Tabla 3.27 Costo de Regulaciones.

El pago del uso del espectro se lo realiza a la Senatel, y los estudios de legalización a un abogado.

<b>INSTALACIÓN DEL PROVEEDOR</b>				
ENLACES PUNTO A PUNTO				6
ENLACES MULTIPUNTO				80
<b>ÍTEM</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>DETALLE</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
1	6	Instalación radios de backbone, switch configurados por el proveedor, pararrayos, tierras.	\$ 120,00	\$ 720,00
2	80	Instalación en centros educativos, tierras, racks, configuración de AP y red interna	\$ 70,00	\$ 5.600,00
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 6.320,00</b>

Tabla 3.28 Costo de Instalaciones del Proveedor.

El proveedor debe poner el transporte, número de técnicos, su logística, herramientas, y todo lo que sea necesario.

ADJUDICACIÓN Y SEGURO				
ENLACES PUNTO A PUNTO				6
ENLACES MULTIPUNTO				80
ÍTEM	CANTIDAD	DETALLE	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
1	1	Costo de Adjudicación	\$ 0,00	\$ 0,00
2	1	Garantía de buen uso de anticipo	\$ 1.000,00	\$ 1.000,00
3	1	Garantía de cumplimiento de contrato	\$ 1.000,00	\$ 1.000,00
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 2.000,00</b>	

Tabla 3.29 Costo de Adjudicación y Seguro.

La adjudicación no tiene costo debido a que el proyecto es un concurso del FODETEL.

SALARIO						
DETALLE	CANT.	SUELDO BÁSICO	12% IESS	DÉCIMO TERCERO	DÉCIMO CUARTO	FONDOS DE RESERVA
Ingeniero de Proyecto	1	\$ 1.200,00	\$ 144,00	\$ 1.200,00	\$ 200,00	\$ 1.200,00
Técnicos de Instalación	3	\$ 700,00	\$ 84,00	\$ 850,00	\$ 200,00	\$ 700,00

Tabla 3.30 Salarios a Empleados.

Factor inflación				
	10%	1,1		
VACACIONES	TOTAL AÑO 1	TOTAL AÑO 2	TOTAL AÑO 3	TOTAL AÑO 4
\$ 300,00	\$ 19.172,00			
\$ 116,67	\$ 11.358,67	\$ 12.494,53	\$ 13.743,99	\$ 15.118,39
<b>TOTALES</b>	<b>\$ 30.530,67</b>	<b>\$ 12.494,53</b>	<b>\$ 13.743,99</b>	<b>\$ 15.118,39</b>
<b>TOTAL SALARIO PROYECTO</b>	<b>\$ 71.887,57</b>			

Tabla 3.30 Salarios a Empleados. (Continuación)

La Tabla 3.30 indica claramente el salario empleados con los beneficios que por ley tienen y las aportaciones respectivas.

<b>MANTENIMIENTO POR TÉCNICOS DEL PROVEEDOR</b>				
Meses de mantenimiento				48
<b>ÍTEM</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>DETALLE</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
1	3	Planes celulares	\$ 480,00	\$ 1.440,00
2	48	Combustible de camioneta	\$ 300,00	\$ 14.400,00
3	48	Mantenimiento camioneta	\$ 150,00	\$ 7.200,00
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 23.040,00</b>

Tabla 3.31 Costos de Mantenimiento del Proveedor.

Si existe una buena coordinación se puede reducir este número de viajes.

<b>ACCESO A INTERNET</b>				
Numero de E1's requeridos matemáticamente				5
Meses de Operación del Proyecto				48
<b>ÍTEM</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>DETALLE</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
1	5	Acceso a Internet cuatro años	\$ 350,00	\$ 84.000,00
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 84.000,00</b>

Tabla 3.32 Costo de Acceso a Internet.

El cálculo del número de E1s necesarios se hizo en el capítulo 2, numeral 2.3.2.1.1 Interconexión Última Milla.

<b>IMPREVISTOS</b>				
<b>SUBTOTAL</b>				<b>523942,572</b>
<b>ÍTEM</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>DETALLE</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
1	1	Imprevistos	\$ 52.394,26	\$ 52.394,26
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 52.394,26</b>

Tabla 3.33 Imprevistos.

Este valor se obtuvo del uno por ciento del subtotal de los gastos realizados hasta la tabla 3.28; El mismo que puede usarse para cualquier trabajo inesperado a presentarse.

ÍTEM	PARAMETRO	COSTO USD.	PESO %
1	Torres en los nodos	\$ 7.060,00	1,22
2	Infraestructura de Nodos (Pararrayos, tierra, aire condicionado)	\$ 11.870,00	2,06
3	Nodo de Distribución Internet	\$ 13.660,00	2,37
4	Energía Eléctrica Nodos	\$ 29.500,00	5,12
5	Terreno	\$ 29.750,00	5,16
6	Materiales Instalación Nodos	\$ 285,00	0,05
7	Mástiles Centros Educativos	\$ 2.050,00	0,36
8	Infraestructura Centros Educativos (Tierra, bastidores, ups)	\$ 36.160,00	6,27
9	Material Centros Educativos	\$ 3.200,00	0,56
10	Rádios Backbone	\$ 46.000,00	7,98
11	Bases Multipunto	\$ 12.750,00	2,21
12	Bases Suscriptores	\$ 39.600,00	6,87
13	Puntos de Acceso	\$ 5.280,00	0,92
14	Switch	\$ 10.500,00	1,82
15	Servidores y PC	\$ 8.000,00	1,39
16	Herramientas y Equipamiento	\$ 36.990,00	6,42
17	Capacitaciones	\$ 4.300,00	0,75
18	Logística para instalación	\$ 7.240,00	1,26
19	Regulaciones	\$ 32.500,00	5,64
20	Instalación del proveedor	\$ 6.320,00	1,10
21	Adjudicación & Seguro	\$ 2.000,00	0,35
22	Salarios	\$ 71.887,57	12,47
23	Mantenimiento por técnicos	\$ 23.040,00	4,00
24	Acceso Internet	\$ 84.000,00	14,57
25	Imprevistos	\$ 52.394,26	9,09
<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO</b>		<b>\$ 576.336,83</b>	<b>100,00</b>

Tabla 3.34 Detalle del Proyecto.

La tabla 3.34 nos indica en detalle los gastos necesarios para realizar el proyecto, obteniendo como costo integral del proyecto el valor de: **\$ 576.336,83**. Así como también se considera el peso de cada ítem de las tablas anteriores con el fin de analizar cuál de ellos presenta un mayor impacto de costo en el proyecto.

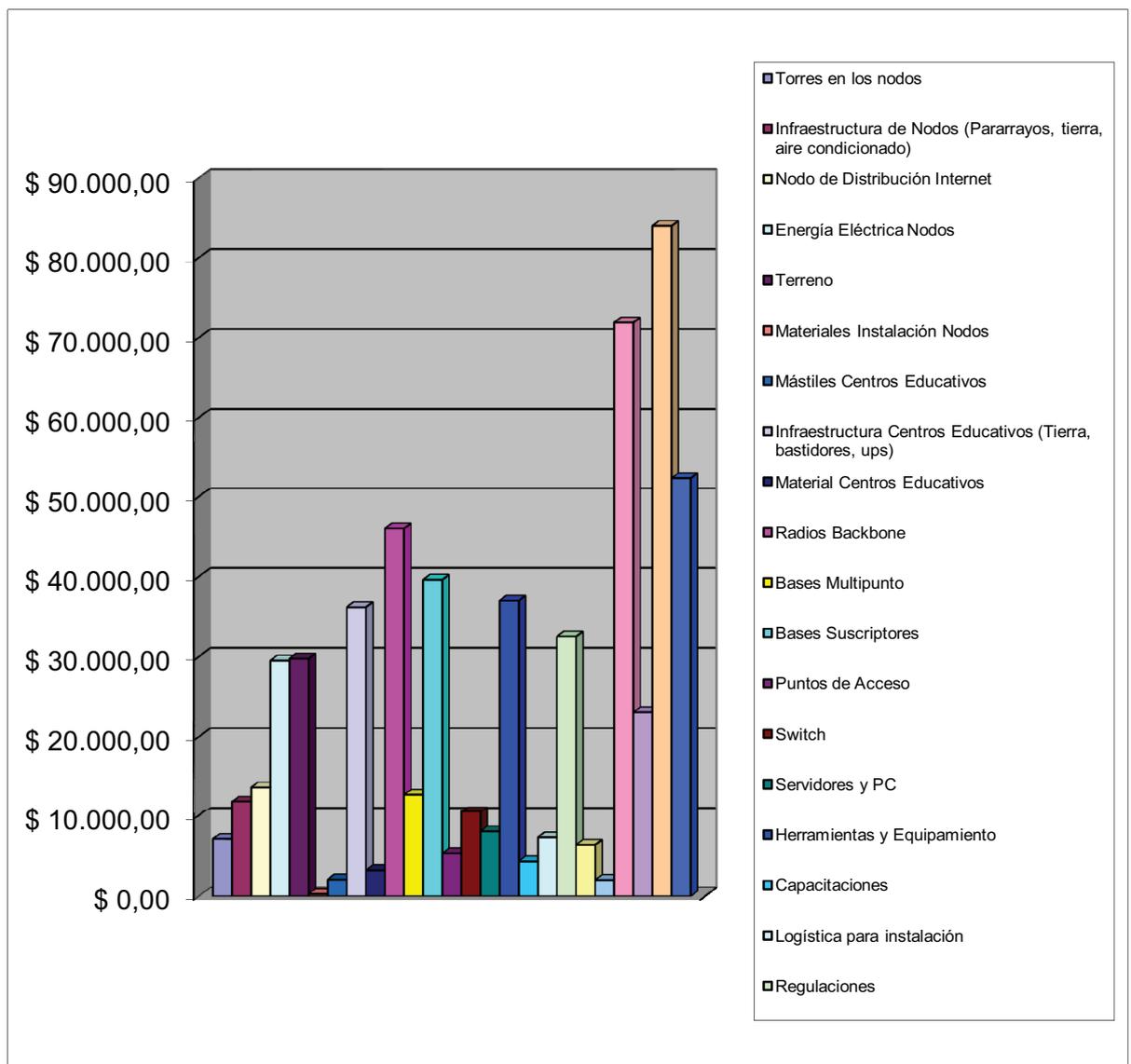


Figura 3.1 Detalle de Costo del Proyecto.

La Figura 3.1 nos indica el peso que tiene cada uno de los ítems considerados para el presupuesto integral del proyecto.

Con el fin de tener una visión más global del presupuesto se presenta una tabla que nos muestra un resumen de costos generales del proyecto:

RESUMEN			
ÍTEM	PARAMETRO	COSTO USD	PESO %
1	Nodos de Distribución	\$ 62.375,00	10,82
2	Infraestructura de Centros Educativos	\$ 41.410,00	7,19
3	Equipos de Radio	\$ 103.630,00	17,98
4	Equipos: Switch y Servidores	\$ 18.500,00	3,21
5	Logística	\$ 67.270,00	11,67
6	Capacitación	\$ 4.300,00	0,75
7	Salarios	\$ 71.887,57	12,47
8	Instalación del proveedor	\$ 6.320,00	1,10
9	Regulaciones	\$ 32.500,00	5,64
10	Adjudicación & Seguro	\$ 2.000,00	0,35
11	Acceso a Internet	\$ 84.000,00	14,57
12	Arriendo Nodos	\$ 29.750,00	5,16
13	Imprevistos	\$ 52.394,26	9,09
<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO</b>		<b>\$ 576.336,83</b>	<b>100,00</b>

Tabla 3.35 Resumen de Costos.

La siguiente gráfica muestra los pesos de cada ítem analizado en la tabla anterior.

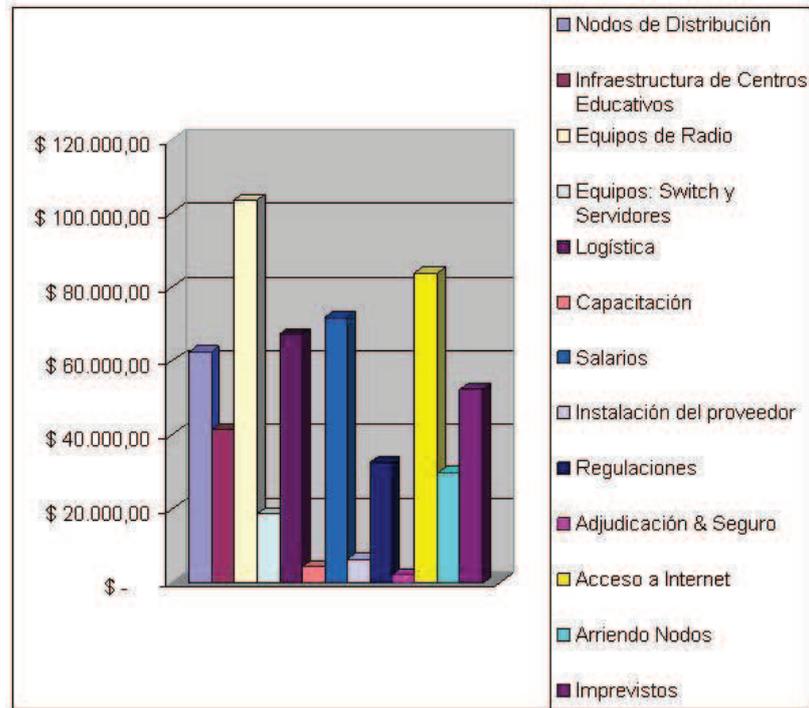


Figura 3.2 Resumen del Costo del Proyecto Tipo Columna.

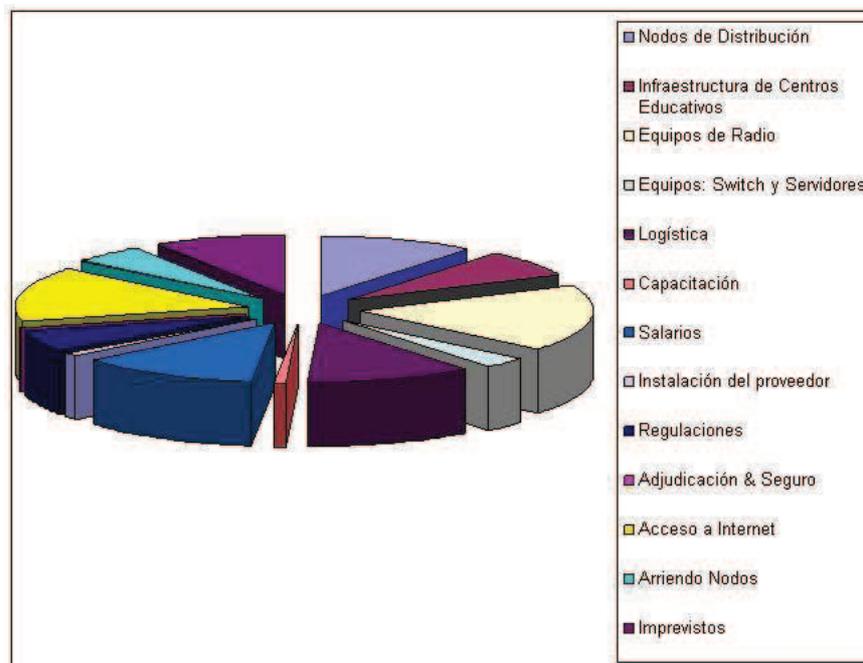


Figura 3.3 Resumen del Costo del Proyecto Tipo Pastel.

## 3.2.2 Flujo

## 3.2.2.1 Egresos

DETALLE / MES EGRESOS	COSTOS	40%						30%			
		0	1	2	3	4	5	6			
Nodos de Distribución	\$ 62.375,00	-\$ 24.950,00		-\$							
Infraestructura de Centros Educativos	\$ 41.410,00	-\$ 16.564,00		18.712,50	12.423,00					18.712,50	-\$
Equipos de Radio	\$ 103.630,00	-\$ 41.452,00	-\$	31.089,00	-\$					12.423,00	-\$
Equipos: Switch y Servidores	\$ 18.500,00	-\$ 7.400,00	-\$ 5.550,00	-\$ 5.550,00	-\$						
Logística	\$ 67.270,00	-\$ 13.454,00	13.454,00	13.454,00	-\$						
Capacitación	\$ 4.300,00										
Salarios	\$ 71.887,57		-\$ 1.497,66	-\$ 1.497,66	-\$ 1.497,66					-\$ 4.300,00	
Instalación del proveedor	\$ 6.320,00	-\$ 1.580,00	-\$ 1.580,00	-\$ 1.580,00	-\$ 1.580,00					-\$ 1.497,66	-\$ 1.497,66
Regulaciones	\$ 32.500,00	-\$ 8.125,00									
Adjudicación & Seguro	\$ 2.000,00	-\$ 2.000,00									
Acceso a Internet	\$ 84.000,00		-\$ 1.750,00	-\$ 1.750,00	-\$ 1.750,00					-\$ 1.750,00	-\$ 1.750,00
Arriendo Nodos	\$ 29.750,00		-\$ 619,79	-\$ 619,79	-\$ 619,79					-\$ 619,79	-\$ 619,79
Imprevistos	\$ 52.394,26		-\$ 1.091,55	-\$ 1.091,55	-\$ 1.091,55					-\$ 1.091,55	-\$ 1.091,55
<b>TOTALES EGRESOS</b>	<b>\$ 576.336,83</b>	<b>115.525,00</b>	<b>56.632,00</b>	<b>87.767,50</b>	<b>19.993,00</b>	<b>18.413,00</b>	<b>40.394,50</b>	<b>-\$ 4.959,00</b>	<b>40.394,50</b>	<b>-\$ 4.959,00</b>	<b>-\$ 4.959,00</b>

Tabla 3.36 Egresos

7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
-\$ 1.497,66	-\$ 1.497,66	-\$ 1.497,66	-\$ 1.497,66	-\$ 1.497,66	-\$ 1.497,66	-\$ 1.497,66	-\$ 1.497,66	-\$ 1.497,66	-\$ 1.497,66	-\$ 1.497,66
-\$ 1.750,00	-\$ 1.750,00	-\$ 1.750,00	-\$ 1.750,00	-\$ 1.750,00	-\$ 1.750,00	-\$ 1.750,00	-\$ 1.750,00	-\$ 1.750,00	-\$ 1.750,00	-\$ 1.750,00
-\$ 619,79	-\$ 619,79	-\$ 619,79	-\$ 619,79	-\$ 619,79	-\$ 619,79	-\$ 619,79	-\$ 619,79	-\$ 619,79	-\$ 619,79	-\$ 619,79
-\$ 1.091,55	-\$ 1.091,55	-\$ 1.091,55	-\$ 1.091,55	-\$ 1.091,55	-\$ 1.091,55	-\$ 1.091,55	-\$ 1.091,55	-\$ 1.091,55	-\$ 1.091,55	-\$ 1.091,55
-\$ 4.959,00	-\$ 4.959,00	-\$ 4.959,00	-\$ 4.959,00	-\$ 4.959,00	13.084,00	-\$ 4.959,00	-\$ 4.959,00	-\$ 4.959,00	-\$ 4.959,00	-\$ 4.959,00
					-\$					
					-\$ 8.125,00					

Tabla 3.36 Egresos (Continuación)

18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
-\$ 1.497,66	-\$ 1.497,66	-\$ 1.497,66	-\$ 1.497,66	-\$ 1.497,66	-\$ 1.497,66	-\$ 1.497,66	-\$ 1.497,66	-\$ 1.497,66	-\$ 1.497,66	-\$ 1.497,66
-\$ 1.750,00	-\$ 1.750,00	-\$ 1.750,00	-\$ 1.750,00	-\$ 1.750,00	-\$ 1.750,00	-\$ 1.750,00	-\$ 1.750,00	-\$ 1.750,00	-\$ 1.750,00	-\$ 1.750,00
-\$ 619,79	-\$ 619,79	-\$ 619,79	-\$ 619,79	-\$ 619,79	-\$ 619,79	-\$ 619,79	-\$ 619,79	-\$ 619,79	-\$ 619,79	-\$ 619,79
-\$ 1.091,55	-\$ 1.091,55	-\$ 1.091,55	-\$ 1.091,55	-\$ 1.091,55	-\$ 1.091,55	-\$ 1.091,55	-\$ 1.091,55	-\$ 1.091,55	-\$ 1.091,55	-\$ 1.091,55
-\$ 4.959,00	-\$ 4.959,00	-\$ 4.959,00	-\$ 4.959,00	-\$ 4.959,00	-\$ 4.959,00	13.084,00	-\$ 4.959,00	-\$ 4.959,00	-\$ 4.959,00	-\$ 4.959,00

Tabla 3.36 Egresos (Continuación)

29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
-\$ 1.497,66	-\$ 1.497,66	-\$ 1.497,66	-\$ 1.497,66	-\$ 1.497,66	-\$ 1.497,66	-\$ 1.497,66	-\$ 1.497,66	-\$ 1.497,66	-\$ 1.497,66	-\$ 1.497,66
-\$ 1.750,00	-\$ 1.750,00	-\$ 1.750,00	-\$ 1.750,00	-\$ 1.750,00	-\$ 1.750,00	-\$ 1.750,00	-\$ 1.750,00	-\$ 1.750,00	-\$ 1.750,00	-\$ 1.750,00
-\$ 619,79	-\$ 619,79	-\$ 619,79	-\$ 619,79	-\$ 619,79	-\$ 619,79	-\$ 619,79	-\$ 619,79	-\$ 619,79	-\$ 619,79	-\$ 619,79
-\$ 1.091,55	-\$ 1.091,55	-\$ 1.091,55	-\$ 1.091,55	-\$ 1.091,55	-\$ 1.091,55	-\$ 1.091,55	-\$ 1.091,55	-\$ 1.091,55	-\$ 1.091,55	-\$ 1.091,55
-\$ 4.959,00	-\$ 4.959,00	-\$ 4.959,00	-\$ 4.959,00	-\$ 4.959,00	-\$ 4.959,00	-\$ 4.959,00	-\$ 4.959,00	-\$ 4.959,00	-\$ 4.959,00	-\$ 4.959,00
							-\$ 8.125,00			
							-\$ 13.084,00			
							-\$			

Tabla 3.36 Egresos (Continuación)

40	41	42	43	44	45	46	47	48	TOTALES
									-\$ 62.375,00
									-\$ 41.410,00
									-\$ 103.630,00
									-\$ 18.500,00
									-\$ 67.270,00
									-\$ 4.300,00
									-\$ 71.887,57
									-\$ 6.320,00
									-\$ 32.500,00
									-\$ 2.000,00
									-\$ 84.000,00
									-\$ 29.750,00
									-\$ 52.394,26
-\$ 1.497,66	-\$ 1.497,66	-\$ 1.497,66	-\$ 1.497,66	-\$ 1.497,66	-\$ 1.497,66	-\$ 1.497,66	-\$ 1.497,66	-\$ 1.497,66	-\$ 576.336,83
-\$ 1.750,00	-\$ 1.750,00	-\$ 1.750,00	-\$ 1.750,00	-\$ 1.750,00	-\$ 1.750,00	-\$ 1.750,00	-\$ 1.750,00	-\$ 1.750,00	-\$ 576.336,83
-\$ 619,79	-\$ 619,79	-\$ 619,79	-\$ 619,79	-\$ 619,79	-\$ 619,79	-\$ 619,79	-\$ 619,79	-\$ 619,79	-\$ 576.336,83
-\$ 1.091,55	-\$ 1.091,55	-\$ 1.091,55	-\$ 1.091,55	-\$ 1.091,55	-\$ 1.091,55	-\$ 1.091,55	-\$ 1.091,55	-\$ 1.091,55	-\$ 576.336,83
-\$ 4.959,00	-\$ 4.959,00	-\$ 4.959,00	-\$ 4.959,00	-\$ 4.959,00	-\$ 4.959,00	-\$ 4.959,00	-\$ 4.959,00	-\$ 4.959,00	-\$ 576.336,83

Tabla 3.36 Egresos (Continuación)

3.2.2.1 Ingresos

INGRESOS	0	1	2	3	4	5
VALOR PRESUPUESTADO BASES	\$ 660.000,00					
ANTICIPO	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
CONTRAENTREGA	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	198.000,00
PAGO RECURRENTE	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
<b>TOTALES INGRESOS</b>	<b>\$ 660.000,00</b>	<b>\$ 0,00</b>	<b>\$ 0,00</b>	<b>\$ 0,00</b>	<b>\$ 0,00</b>	<b>198.000,00</b>

Tabla 3.37 Ingresos.

6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
\$ 4.604,65	\$ 4.604,65	\$ 4.604,65	\$ 4.604,65	\$ 4.604,65	\$ 4.604,65	\$ 4.604,65	\$ 4.604,65	\$ 4.604,65	\$ 4.604,65
<b>\$ 4.604,65</b>									

Tabla 3.37 Ingresos (Continuación)

16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
\$ 4.604,65	\$ 4.604,65	\$ 4.604,65	\$ 4.604,65	\$ 4.604,65	\$ 4.604,65	\$ 4.604,65	\$ 4.604,65	\$ 4.604,65	\$ 4.604,65
<b>\$ 4.604,65</b>									

Tabla 3.37 Ingresos (Continuación)

26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
\$ 4.604,65	\$ 4.604,65	\$ 4.604,65	\$ 4.604,65	\$ 4.604,65	\$ 4.604,65	\$ 4.604,65	\$ 4.604,65	\$ 4.604,65	\$ 4.604,65
\$ 4.604,65	\$ 4.604,65	\$ 4.604,65	\$ 4.604,65	\$ 4.604,65	\$ 4.604,65	\$ 4.604,65	\$ 4.604,65	\$ 4.604,65	\$ 4.604,65

Tabla 3.37 Ingresos (Continuación)

36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
\$ 4.604,65	\$ 4.604,65	\$ 4.604,65	\$ 4.604,65	\$ 4.604,65	\$ 4.604,65	\$ 4.604,65	\$ 4.604,65	\$ 4.604,65	\$ 4.604,65
\$ 4.604,65	\$ 4.604,65	\$ 4.604,65	\$ 4.604,65	\$ 4.604,65	\$ 4.604,65	\$ 4.604,65	\$ 4.604,65	\$ 4.604,65	\$ 4.604,65

Tabla 3.37 Ingresos (Continuación)

46	47	48	TOTALES
\$ 4.604,65	\$ 4.604,65	\$ 4.604,65	\$ 264.000,00
\$ 4.604,65	\$ 4.604,65	\$ 4.604,65	\$ 198.000,00
\$ 4.604,65	\$ 4.604,65	\$ 4.604,65	\$ 198.000,00
\$ 4.604,65	\$ 4.604,65	\$ 4.604,65	\$ 660.000,00

Tabla 3.37 Ingresos (Continuación)

<b>RENTABILIDAD DEL PROYECTO</b>	<b>13%</b>
----------------------------------	------------

Tabla 3.38 Rentabilidad

## CAPÍTULO 4

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1 CONCLUSIONES

Tras la finalización del presente proyecto de titulación se concluye lo siguiente:

- La implementación de la Red Inalámbrica de Telecomunicaciones cumple fundamentalmente con el espíritu de responsabilidad social para con las áreas rurales y en general las más vulnerables de la población, dicho esto, “la tecnología utilizada” es la más conveniente tomando en cuenta el aspecto financiero, tecnológico y ubicación geográfica.
- Debido a que los centros educativos se encuentran en zonas rurales estos no poseen una infraestructura adecuada para la instalación de medios alámbricos como fibra óptica, cobre o coaxial, razón por la cual la mejor forma de brindar acceso es mediante la utilización de tecnología radial o microonda.
- Existe también como tecnología inalámbrica alternativa que permite el acceso a Internet a sectores rurales la satelital pero esta tiene un costo muy alto para una implementación de carácter social.
- Del análisis de la rentabilidad del proyecto se puede observar claramente que éste no representa una fuente de ingreso alta para ser tomada en cuenta como un negocio lucrativo.

- Una vez que este tipo de proyecto sea implementado es importante que se realice una difusión del mismo con el fin de que la comunidad esté involucrada para que en un futuro sea la misma comunidad quien pueda brindar soluciones a la red, así como también asegurar su continuidad.
- La idea fundamental de implementar un proyecto de carácter social es que se pueda mantener y sobre todo que el gran beneficiado a mediano plazo sea el habitante del sector rural.
- Se debe garantizar que el acceso siempre se encuentre disponible, razón por la cual es muy importante contar con un respaldo de energía en caso de que falle.
- Este tipo de tecnologías nos permite realizar sin inconvenientes incrementos o actualizaciones en el ancho de banda del cliente, también conocidos como upgrades.

## **4.2 RECOMENDACIONES**

Una vez realizado el diseño íntegro del proyecto se recomienda lo siguiente:

- Una vez que este diseño se encuentre operativo, a más del acceso a Internet también se puede utilizar el ancho de banda sobrante para realizar redes que no envíen grandes cantidades de información sino de señalización como son redes de sensores sísmicos para monitoreo de erupciones volcánicas, lo cual se torna de gran utilidad en el tiempo de inseguridad volcánica en que vivimos. Así como también la aplicación de redes de sensores meteorológicos. Estas aplicaciones hacen el envío de la información cada determinado tiempo sin afectar la calidad de servicio de la red.

- Una vez que se ha logrado tener acceso a la tecnología y a la información que trae el Internet, se debe considerar la posibilidad de utilizar dicha tecnología e información en beneficio no solo de las escuelas sino de la población en general para la creación de microempresas que en un futuro sean quienes financien y mejoren el servicio implementado.
- El presente proyecto se puede convertir en la pauta para desarrollar una red de trabajo comunitario en función de las principales fortalezas y debilidades de la población beneficiaria.
- Es importante también la realización de estudios de VoIP para las comunidades.

## BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

- <http://www.rootshell.be/~wcruzy/cd/cap04.pdf>
- <http://www.multiradio.com/Soluciones/wlan-qos.htm>
- <http://www.saulo.net/pub/inv/SegWiFi-art.htm>
- [http://dspace.icesi.edu.co/dspace/bitstream/item/400/1/jamdrid-seguridad\\_redes\\_inalambricas.pdf](http://dspace.icesi.edu.co/dspace/bitstream/item/400/1/jamdrid-seguridad_redes_inalambricas.pdf)
- [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lem/de\\_l\\_j/capitulo4.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/de_l_j/capitulo4.pdf)
- <http://antigua.senacitel.cl/downloads/senacitel2002/PG002.pdf>
- [http://www.ingenieriaumayor.cl/tesis/ing\\_\(c\)\\_elec/4\(2007\)/1.pdf](http://www.ingenieriaumayor.cl/tesis/ing_(c)_elec/4(2007)/1.pdf)
- [http://marcoosd.files.wordpress.com/2007/10/wimax\\_marcos.pdf](http://marcoosd.files.wordpress.com/2007/10/wimax_marcos.pdf)
- <http://www.camaragipuzkoa.com/jornada/ponencias/WiMAX.pdf>
- [http://electronica.cicese.mx/posgrado/2trim/telecom/satelites/Satelites\\_parte1.pdf](http://electronica.cicese.mx/posgrado/2trim/telecom/satelites/Satelites_parte1.pdf)
- [http://www.mat.ucsb.edu/~ggroup/ahmadiUCSB\\_slides\\_Dec7.pdf](http://www.mat.ucsb.edu/~ggroup/ahmadiUCSB_slides_Dec7.pdf)
- [http://my.com.nthu.edu.tw/~jmwu/LAB/OFDMA\\_Abin.pdf](http://my.com.nthu.edu.tw/~jmwu/LAB/OFDMA_Abin.pdf)
- [www.cisco.com/web/LA/docs/doc/SPARKSMetroFinal.doc](http://www.cisco.com/web/LA/docs/doc/SPARKSMetroFinal.doc)
- [http://lwwa175.servidoresdns.net:9000/proyectos\\_wireless/Web/topologias.htm](http://lwwa175.servidoresdns.net:9000/proyectos_wireless/Web/topologias.htm)
- [http://www.codiumnetworks.com/img/Que\\_es\\_WiMAX.pdf](http://www.codiumnetworks.com/img/Que_es_WiMAX.pdf)
- [http://img.directindustry.es/images\\_di/photo-g/antena-dipolo-213051.jpg](http://img.directindustry.es/images_di/photo-g/antena-dipolo-213051.jpg)
- <http://www.netkrom.com/es/images/products/antenas/W24-16P.bmp>
- <http://grup serrano.com/tienda/images/antena%20parabolica%20135.jpg>
- [http://www.construaprende.com/Telecomunicaciones/tipos\\_torres](http://www.construaprende.com/Telecomunicaciones/tipos_torres)
- <http://julioestrepo.wordpress.com/2009/11/10/entendiendo-rrd-round-robin-database/>
- [http://www.cacti.net/image.php?image\\_id=43](http://www.cacti.net/image.php?image_id=43)
- [www.rohnnet.com](http://www.rohnnet.com)
- [www.antenasytems.com](http://www.antenasytems.com)
- <http://www.ruelsa.com/cime/boletin/2006/bt12.pdf>

- <https://www.int-si.ad/pdf/LAS%20NORMATIVAS%20DE%20PARARRAYOS%20Y%20PRINCIPIOS%20BASICOS.pdf>
- [http://www.at3w.com/site/upload/ficheros/norma\\_maquetada\\_correcciones\\_vp8.pdf](http://www.at3w.com/site/upload/ficheros/norma_maquetada_correcciones_vp8.pdf)
- <http://www.integrations.com/downloads/productos/BROCH%20CAT%20Ame%20PRO%201-3KVApdf.pdf>(BROCH CAT Ame PRO 1-3KVApdf.pdf)
- [http://centralionla.com/ups\\_500-1000va](http://centralionla.com/ups_500-1000va)
- Memorias Técnicas ECUANET