



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E  
INDUSTRIAL**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y  
COMUNICACIONES**

**TEMA:**

---

**PORTADOR DE SERVICIOS UTILIZANDO TECNOLOGÍA MPLS PARA  
LA OPTIMIZACIÓN DE LAS COMUNICACIONES DE LA EMPRESA  
SISTELDATA**

---

Proyecto de Trabajo de Graduación. Modalidad: TEMI Trabajo Estructurado de Manera Independiente presentada como requisito previo a la obtención del Título de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones.

**AUTOR:** Víctor Proaño

**TUTOR:** Ing. Julio Cuji

Ambato – Ecuador

Mayo-2011

## APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del trabajo de investigación sobre el tema: **“PORTADOR DE SERVICIOS UTILIZANDO TECNOLOGÍA MPLS PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LAS COMUNICACIONES DE LA EMPRESA SISTELDATA”**, del Sr. Víctor Manuel Proaño Miniguano, estudiante de la Carrera de Ingeniería Electrónica y Comunicaciones, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, considero que el informe investigativo reúne los requisitos y méritos suficientes para que continúe con los trámites y consiguiente aprobación de conformidad con el Art. 16 del Capítulo II, del Reglamento de Graduación para Obtener el Título Terminal de Tercer Nivel de la Universidad técnica de Ambato.

Ambato, Mayo, 2011

El TUTOR

.....

Ing. Julio Cuji

## **AUTORÍA**

El presente trabajo de investigación **“PORTADOR DE SERVICIOS UTILIZANDO TECNOLOGÍA MPLS PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LAS COMUNICACIONES DE LA EMPRESA SISTELDATA”**, es absolutamente original, auténtico y personal, en tal virtud, el contenido, efectos – legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, Mayo 2011

.....  
Sr. Víctor Manuel Proaño Miniguano

CC: 180416366-3

## **APROBACIÓN DE LA COMISIÓN CALIFICADORA**

La Comisión Calificadora del presente trabajo de graduación conformada por los señores docentes: Ing. David Guevara, Ing. Geovanni Brito; aprueban el presente trabajo de graduación titulado “***PORTADOR DE SERVICIOS UTILIZANDO TECNOLOGÍA MPLS PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LAS COMUNICACIONES DE LA EMPRESA SISTELDATA***”, presentada por el Sr. Víctor Manuel Proaño Miniguano; de acuerdo al Art. 18 del Reglamento de Graduación para Obtener el Título Terminal de Tercer Nivel de la Universidad técnica de Ambato.

Ing. Oswaldo Paredes  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. David Guevara  
DOCENTE CALIFICADOR

Ing. Geovanni Brito  
DOCENTE CALIFICADOR

## DEDICATORIA

*A Dios por darme la vida y la oportunidad de disfrutar de este mundo, a mis papis Gladys y Rodrigo que me han apoyado en todo el trayecto estudiantil y diario vivir, por guiarme a ser una mejor persona y superarme cada día, ellos se esforzaron durante toda mi vida para que yo llegaré tan lejos como lo he hecho, a mis tías que siempre me regalaban una oración por mí cuando más lo necesitaba, gracias por enseñarme a ser equitativo y paciente, a mi ñaño Néstor por ser mi consejero desde niño, por ser mi guía, por cuidar y velar por mí, a mi enamorada Grace por ser la alegría de mi corazón. A todos mis familiares y amigos que confiaron en mí.*

*Victor Proaño*

## AGRADECIMIENTO

*Un agradecimiento muy especial a la Empresa Sisteldata por abrirme las puertas para poder demostrar mis conocimientos y adquirir más experiencia acerca de mi profesión.*

*Agradezco a todos los Ingenieros de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial quienes compartieron sus conocimientos conmigo y mis compañeros, de manera especial al Ing. Julio Cuyi, quien me ha sabido guiar de la mejor manera posible en la elaboración de mi tesis, proporcionándome su tiempo y conocimientos para llegar a finalizar sin inconvenientes dicho proyecto.*

*Finalmente agradezco a la Empresa Eléctrica de Ambato por proporcionarme información acerca de la ubicación actual de los postes en Tungurahua.*

*Victor Proaño*

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

CONTENIDO	PÁG
<b>PRELIMINARES</b>	
Portada	i
Aprobación del Tutor	ii
Autoría	iii
Aprobación Comisión Calificadora	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice general	vii
Índice de tablas	xiii
Índice de figuras	xiv
Resumen ejecutivo	xvi
Introducción y Antecedentes	xvii
 <b>CAPITULO I: EL PROBLEMA</b>	
1.1 Tema	1
1.2 Planteamiento del Problema	1
1.2.1 Contextualización	1
1.2.2 Análisis Crítico	2
1.2.3 Prognosis	3
1.2.4 Formulación del Problema	3
1.2.5 Preguntas Directrices	4
1.2.6 Delimitación de problema	4
1.3 Justificación	4
1.4 Objetivos	5

1.4.1	Objetivo General	5
1.4.2	Objetivos Específicos	5

## **CAPITULO II: MARCO TEÓRICO**

2.1	Antecedentes Investigativos	6
2.2	Fundamentación Legal	6
2.3	Categorías Fundamentales	8
2.3.1	Telecomunicaciones	9
2.3.1.1	Red punto a punto	9
2.3.1.2	Red Punto a multipunto	9
2.3.2.	Redes de Comunicaciones	10
2.3.2.1.	Conmutación	10
2.3.2.2.	Señalización	10
2.3.2.3.	Protocolos	11
2.3.3.	Redes de datos	11
2.3.3.1.	Red de Área Local (LAN)	11
2.3.3.2.	Red de Área Metropolitana (MAN)	11
2.3.3.3.	Red de Área Extensa (WAN)	12
2.3.4	Portador de Servicios	12
2.3.5	MPLS (Multiprotocolo de Conmutación de Etiquetas)	12
2.3.5.1	Dominio MPLS	14
2.3.5.2.	Estructura y características de un paquete	16
2.3.5.2.1	Campos	16
2.3.5.2.2	Estructura de la pila de etiquetas	17
2.3.5.2.3	Etiquetación frente a encapsulación	22
2.3.5.3	Routing en los bordes y switching en el núcleo	23
2.3.5.4	Soporte para servicios diferenciados	24
2.3.5.5	Distribución de Etiquetas	26
2.3.5.6	Protocolo LDP	27
2.3.5.7	Esquema de un LER y de un LSR	30

2.3.5.8 Aplicaciones de MPLS	31
2.3.5.8.1 Integración de IP y ATM	31
2.3.5.8.2 Redes Privadas Virtuales IP	32
2.3.5.8.3 Ingeniería de Tráfico	33
2.3.5.8.4 Clases de Servicio (CoS)	35
2.3.5.8.5 Calidad de servicio (QoS)	36
2.3.5.9 Redes Privadas Virtuales (VPNs)	36
2.3.6 Medios de Transmisión	38
2.3.6.1 Medios Guiados	38
2.3.6.1.1 Fibra Óptica	39
2.3.6.1.1.1 Fibra Óptica Monomodo	39
2.3.6.1.1.2 Fibra Óptica Multimodo	41
2.3.6.1.1.3 Tendido de Redes de Fibra Óptica	42
2.3.6.1.1.3.1 Tendido Submarino	42
2.3.6.1.1.3.2 Tendido Aéreo	43
2.3.6.1.1.3.3 Tendido Terrestre	45
2.3.6.1.1.4 Topologías para Redes Ópticas	45
2.3.6.1.1.4.1 Estrella Pasiva	46
2.3.6.1.1.4.2 Estrella Activa	46
2.3.6.1.1.4.3 Anillo de Fibra Óptica	47
2.3.6.1.1.4.4 Bus de Fibra Óptica	47
2.3.6.1.1.5 Aplicaciones de la Fibra Óptica	47
2.3.6.2 Medios no Guiados	48
2.3.6.2.1 Wimax	49
2.3.6.2.2 Características Técnicas de Wimax	49
2.3.6.2.3 Estándar IEEE 802-16	50
2.3.6.2.3.1 Fijos	50
2.3.6.2.3.2 Portátiles	51
2.3.6.2.3.3 Alcance y Escalabilidad	53
2.3.6.2.4 Bandas de frecuencia	54
2.3.6.2.4.1 Bandas licenciadas 10–66 GHz	55
2.3.6.2.4.2 Bandas bajo los 11 GHz	55

2.3.6.2.4.3 Bandas sin Licencia	55
2.3.6.2.5 Antenas	56
2.3.6.2.6 Aplicaciones	56
2.4 Hipótesis	57
2.5 Determinación de Variables	57

### **CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO**

3.1 Enfoque	58
3.2 Modalidad Básica de la Investigación	58
3.3 Nivel o Tipo de Investigación	59
3.4 Población y Muestra	59
3.4.1 Población	59
3.4.2 Muestra	59
3.5 Plan de Recolección de Información	59
3.6 Plan de Procesamiento de la Información	60

### **CAPITULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

4.1 Situación Actual de la Empresa Sisteldata	61
4.2 Análisis de Resultados	65

### **CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

5.1 Conclusiones	81
5.2 Recomendaciones	82

### **CAPITULO VI: PROPUESTA**

6.1 Datos Informativos	84
6.2 Antecedentes de la Propuesta	85
6.3 Justificación	85

6.4 Objetivos	86
6.5 Análisis de Factibilidad	86
6.6 Fundamentación Científico-Técnica	87
6.6.1 Descripción del Diseño	87
6.6.1.1 Requerimientos para la Optimización de la Red	87
6.6.2 Diseño Jerárquico en Tres Capas	88
6.6.2.1 Diseño de la Capa Núcleo	91
6.6.2.1.1 Características para el Diseño de la Capa Núcleo	91
6.6.2.1.2 Descripción Topológica y Ubicación de los Nodos	92
6.6.2.2 Diseño de la Capa Distribución	98
6.6.2.3 Diseño de la Capa Acceso	100
6.6.3 Enrutamiento en MPLS	104
6.6.3.1 Protocolo OSPF	105
6.6.4 Señalización en MPLS	106
6.6.4.1 Protocolo CR-LDP	107
6.6.5 Calidad de Servicio	108
6.6.6 Redes Privadas Virtuales (VPN) con MPLS	109
6.6.6.1 Elementos de una Red MPLS con VPN	110
6.6.6.2 Descripciones de una VPN	111
6.6.6.3 Ventajas de Implementar MPLS con VPNs	112
6.7 Modelo Operativo	113
6.7.1 Equipos de la Capa Núcleo	113
6.7.1.1 Requerimientos de Equipos LSR MPLS para la Capa Núcleo	114
6.7.1.2 Elección de equipos para la Capa Núcleo	114
6.7.1.3 Requerimientos para la adquisición de equipos LER MPLS	116
6.7.1.4 Elección de equipos LER MPLS	116
6.7.2 Equipos de la Capa Distribución	118
6.7.2.1 Requerimientos de los Equipos de la Capa Distribución	118
6.7.2.2 Elección de Equipos de la Capa Distribución	119
6.7.3 Equipos de la Capa Acceso	120
6.7.3.1 Requerimientos de los Equipos de la Capa Acceso	120
6.7.3.2 Elección de Equipos de la Capa Acceso	121

6.7.4 Elección de Equipos Terminales (CPE)	123
6.8 Administración	124
6.9 Previsión de la Evaluación	124
6.9.1 Análisis Económico	125
6.9.1.1 Costos de Concesión	126
6.9.1.1.1 Servicio Portador	126
6.9.1.2 Costos Pre operacionales	126
6.9.1.3 Inversión en Equipos y Accesorios	127
6.9.1.3.1 Activos fijos para la Instalación del Servicio	127
6.9.1.3.2 Costos de Operación en el Primer Año	129
6.9.1.3.3 Costo Total de la Inversión Inicial	129
6.9.1.4 Financiamiento	130
6.9.1.5 Planes Tarifarios	130
6.9.1.6 Proyección de Ingresos	131
6.9.1.7 Ingresos – Egresos	133
6.9.1.8 Indicadores de Rentabilidad	134
6.9.1.8.1 Valor Actual Neto (VAN)	134
6.9.1.8.2 Tasa Interna de Retorno (TIR)	135
6.9.1.8.3 Relación Beneficio Costo (B/C)	135
6.10 Conclusiones y Recomendaciones	137

## **MATERIAL DE REFERENCIA**

1. Bibliografía	138
1.1 Libros	138
1.2 Fuentes de Internet	140
2. Anexos	143

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. IEEE 802.16 series	54
Tabla 6.1. Bandas de Frecuencias asignadas por la SENATEL	101
Tabla 6.2. Comparación de equipos de la Capa Núcleo	115
Tabla 6.3. Comparación de equipos LER	117
Tabla 6.4. Comparación de equipos de la Capa de Distribución	119
Tabla 6.5. Comparación de equipos de la Capa de Acceso	121
Tabla 6.6. Comparación de equipos terminales	123
Tabla 6.7. Costos pre operacionales	127
Tabla 6.8 Tendido de Fibra Óptica	128
Tabla 6.9 Activos fijos para la instalación del servicio	128
Tabla 6.10 Costos de operación en el Primer Año	129
Tabla 6.11 Inversión Total	130
Tabla 6.12. Servicio a ofrecerse según el mercado	131
Tabla 6.13 Costos del servicio	131
Tabla 6.14 Proyección de Ingresos	132
Tabla 6.15 Flujo neto de la Empresa	133
Tabla 6.16 Relación Costo Beneficio	136

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Modelo OSI	15
Figura 2.2 Trama General de Comunicaciones	15
Figura 2.3 Cabecera del paquete MPLS	16
Figura 2.4 Dominio MPLS	18
Figura 2.5 Uso de Pila de Etiquetas	19
Figura 2.6 Ejemplo de configuración de etiquetas de MPLS	21
Figura 2.7 Etiquetación de MPLS	23
Figura 2.8 Ejemplo de un dominio MPLS	24
Figura 2.9 Ejemplo de LSP con mayor o menor calidad	25
Figura 2.10 Modelo de Servicios Diferenciados	26
Figura 2.11 Funcionamiento de LDP	28
Figura 2.12. Solicitud de etiqueta bajo demanda para un FEC	29
Figura 2.13 Asociación de etiquetas y difusión de las mismas	29
Figura 2.14 Plano de control y datos del LER y LSR	31
Figura 2.15 Integración de IP y ATM en MPLS	32
Figura 2.16 Ingeniería en Tráfico para cambios de topología	33
Figura 2.17 Ingeniería en Tráfico para cambios en el transporte de datos	34
Figura 2.18 Ingeniería en Tráfico para seleccionar LSP	34
Figura 2.19 Modelos de VPN	38
Figura 2.20 Fibra Monomodo	40
Figura 2.21 Dimensiones de la fibra óptica monomodo de 9 $\mu\text{m}$	40
Figura 2.22 Distancias máxima para distintos tipos de fibra óptica	41
Figura 2.23 Fibra Óptica Multimodo	41
Figura 2.24 Constitución de una fibra óptica multimodo	42
Figura 2.25 Esquema de un cable ADSS	44
Figura 2.26 Modelos de uso del acceso fijo	57
Figura 2.27 Aplicaciones de Wimax	58
Figura 6.1 Ubicación geográfica de los nodos	94
Figura 6.2 Anillo principal del Núcleo MPLS	94

Figura 6.3 Primer sitio que no existe postes trayecto Pinllo-Nitón	95
Figura 6.4 Segundo sitio que no existe postes trayecto Pinllo-Nitón	96
Figura 6.5 Primer sitio que no existe postes trayecto Pinllo-Llimpe	96
Figura 6.6 Segundo sitio que no existe postes trayecto Pinllo- Llimpe	97
Figura 6.7 Sitio que no existe postes trayecto Llimpe-Nitón	97
Figura 6.8 Capa Núcleo MPLS	98
Figura 6.9 Capas Distribución y Núcleo MPLS	99
Figura 6.10 Diseño Jerárquico de la Red MPLS	102
Figura 6.11 Red MPLS	103
Figura 6.12 Nodos y Bases ubicados geográficamente	104
Figura 6.13 Elementos de la Red MPLS de Sisteldata con VPN	111

## **RESUMEN EJECUTIVO**

El desarrollo del presente trabajo de investigación tiene como propósito optimizar las comunicaciones en la empresa Sisteldata, con el objetivo de implementar una nueva infraestructura que pueda enlazar a toda la provincia del Tungurahua.

En el primer capítulo se determina el problema, el cual radica en la ausencia de un portador de servicios que soporte la transmisión de voz, video y datos que pueda enlazar a todos los cantones de la provincia, en la empresa Sisteldata, lo que imposibilita el dar servicio a todos los usuarios y el no poder arrendar los enlaces. Además se determinan los objetivos que se desea alcanzar con la misma, cuyo objetivo principal es el diseñar un portador de servicios utilizando tecnología MPLS (Multiprotocol Label Switching) para optimizar las comunicaciones.

En el capítulo dos se detallan las bases teóricas de la tecnología MPLS, su funcionamiento, su estructura y las diferentes aplicaciones que tiene esta tecnología para ser utilizada como portador.

En el capítulo tres la metodología describe la forma y métodos de cómo se procedió para resolver el problema, el tipo de investigación que se realizó.

En el capítulo cuatro se describe la historia de la empresa y la situación actual de la empresa referente a su forma para realizar los enlaces. Así mismo también se hace un análisis de los resultados de la encuesta aplicada entre el Gerente General, el Gerente Técnico y los empleados de la empresa.

Finalmente en el capítulo seis se describe la propuesta, todo lo concerniente al diseño del portador, los métodos alámbricos e inalámbricos, a si mismo se describe los mejores equipos para tener una red convergente. También se realizó un análisis financiero para indicar si el proyecto es rentable para la empresa.

## **INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES**

El problema principal de las comunicaciones en varios sectores de la Provincia de Tungurahua, es que no existen los servicios adecuados para la comunicación entre usuarios. El uso del canal telefónico como medio de transmisión de datos ha limitado la implementación de nuevos servicios, en algunos de los casos, mientras en otros no existe ni la infraestructura telefónica que cubra a esos sectores.

Esta característica ha sido un factor importante para que se haya restringido la implementación de redes con un mayor volumen de transmisión y confiabilidad tanto en voz, datos y video, la transmisión de información por un canal dedicado a la transferencia de datos, es un paso más en el incremento tecnológico para el desarrollo de nuestros cantones.

La implementación de un portador de servicios empleando la tecnología MPLS significa varias ventajas, de los cuales se puede mencionar un mayor ancho de banda, comunicaciones óptimas entre usuarios, menor tiempo de retardo en las comunicaciones, redes privadas virtuales, calidad de servicio.

Decidir por un equipo o tipo de red es un hecho que va a depender de la localidad, economía de la urbe, y la capacidad que estas tienen para acogerla, ya que ciertos cantones tienen un avance económico y tecnológico mayor que otros y esto otorgara otro tipo de servicios.

Otras empresas han intervenido creando su propio portador pero no han tenido tanta acogida en el mercado ya que los servicios que estas ofrecen son limitados o inadecuados ya sea geográficamente y tecnológicamente, con lo cual no han logrado cubrir a toda la provincia del Tungurahua.

# **CAPITULO I**

## **EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **1.1 Tema**

**“PORTADOR DE SERVICIOS UTILIZANDO TECNOLOGÍA MPLS PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LAS COMUNICACIONES DE LA EMPRESA SISTELDATA”**

### **1.2 Planteamiento del problema**

#### **1.2.1 Contextualización**

En el ámbito mundial de las comunicaciones el avance tecnológico se ha desarrollado notablemente a través de los años, cada vez hay mejores servicios y aplicaciones que requieren una mayor capacidad, calidad y seguridad de transmisión, para ello las compañías que ofrecen los servicios de portadores, ha incrementando su capacidad de transmisión de información tanto en su ancho de banda como en su velocidad, y han implementado calidad de servicio en sus transmisiones, estas compañías han ido migrando de tecnología en tecnología con el transcurso de los años.

En el Ecuador existen una variedad de portadores que ofrecen diferentes servicios dependiendo de la provincia en la que se encuentre, esto no ha permitido el

desarrollo de las comunicaciones en ciertas provincias, provocando así un desbalance a nivel nacional.

En la Provincia de Tungurahua se tiene los servicios de comunicaciones, con una diferencia que algunos cantones tienen un avance superior en los servicios que se ofrece, mientras que en otros solo se oferta los servicios básicos de telefonía, esto es un impedimento para las empresas que desean intercambiar datos de una forma confiable y segura. En el cantón Ambato se concentran la mayoría de las empresas que dan servicios de transferencia de datos, pero cada vez el desarrollo de los demás cantones y sus empresas advertirán la necesidad de intercambiar datos entre todas sus sucursales ubicadas en la Provincia de Tungurahua.

La empresa Sisteldata brinda los servicios de sistemas, telecomunicaciones y redes de datos a todo tipo de organizaciones, como: Cooperativas de ahorro y crédito, Universidades, Escuelas politécnicas, Almacenes, etc.; dependiendo de los requerimientos que los diferentes establecimientos demanden, y lo ha venido dando de una forma parcial, es decir únicamente con puntos de enlace privados, pero no existe una interconexión e infraestructura que permita arrendar los enlaces para que dejen de ser privados y ya no sean estos propiedad del usuario.

### **1.2.2 Análisis crítico**

La empresa al ser relativamente nueva no dispone de una tecnología completa que pueda enlazar a todos los usuarios de los diferentes cantones, esto está siendo un impedimento para el desarrollo de la empresa, lo que está provocando pérdidas económicas debido a que las empresas necesitan que la información a transmitirse sea lo más rápida posible, pero en muchos casos se producen retardos de información por la congestión en la red, que al no tener calidad de servicio se le ocupa en su totalidad y no se da prioridad a la información de importancia, sino

que se envían en un solo paquete: datos, video y voz; esto hace que la red por el exceso de información enviada comience a declinar sus funciones.

Al no existir una infraestructura adecuada para transmitir simultáneamente información entre todos los usuarios de los cantones de la provincia de Tungurahua, la empresa no está atrayendo a todos los usuarios que necesitan un servicio de transferencia de información, actualmente los costos para un enlace privado son más elevados ya que al ser propietario de este se asume todos los gastos de los equipos, mientras que si existiera la factibilidad de alquilar un enlace los precios disminuirán y los equipos pueden ser comprados o arrendados además se estable un ancho de banda determinado por el usuario.

### **1.2.3 Prognosis**

Si no se resuelve en un futuro esta situación, la empresa detendría su avance, habría descontento entre los usuarios por el servicio no eficiente, migrarían hacia otras empresas que ofrecen servicios similares; además algunos usuarios requieren los enlaces para un determinado tiempo, lo que es una desventaja ya que al no poder arrendar un enlace, tiene obligadamente que contratar un enlace privado, esto repercute a que se asuma con los gastos de los equipos y el pago del diseño del enlace, lo que es un gasto excesivo para algunos usuarios que no tienen la solvencia económica.

### **1.2.4 Formulación del problema**

¿Qué incidencia tiene un portador de servicios utilizando tecnología MPLS en la optimización de las comunicaciones entre los usuarios de los cantones de la Provincia de Tungurahua de la empresa Sisteldata?

### **1.2.5. Preguntas directrices**

- 1.2.5.1 ¿Qué red de datos mejorará la comunicación entre los usuarios de todos los cantones de la provincia?
- 1.2.5.2 ¿Cuáles serían los medios de transmisión adecuados para el portador?
- 1.2.5.3 ¿Cuál sería la mejor topología para enlazar los nodos tanto primarios como secundarios?
- 1.2.5.4 ¿La distribución jerárquica de capas en MPLS permitirá la detección de fallas dentro de la red?
- 1.2.5.5 ¿Qué equipos serían los apropiados para tener dentro del portador, redes privadas virtuales?

### **1.2.6 Delimitación del problema**

El diseño de un portador de servicios se lo realiza para todos los cantones de la Provincia de Tungurahua y se desarrollará en la empresa Sisteldata, situada en Ambato, sector San Bartolomé de Pinllo, en las calles El Ollero 06-85 y Aguacollas y se desarrollará desde Julio del 2010 hasta Enero del 2011.

### **1.3. Justificación**

Es fundamental tener seguridad y calidad de servicio en la transmisión de información a través de un portador que ofrezca las prestaciones adecuadas que garanticen la transferencia de información, con la avidez de optimizar las comunicaciones en todos los cantones de la Provincia de Tungurahua.

La empresa Sisteldata se beneficiara con la implementación de un sistema que permita la transferencia de información y que enlace a todos los usuarios de los cantones de la provincia de Tungurahua, con lo que se captará una mayor cantidad de clientes que buscan estos servicios.

Los usuarios miran a la transmisión de información como un gasto mas no como una inversión que pueda ayudarles a ahorrar recursos económicos con lo que se ha perdido un gran mercado, esto ha motivado a la empresa Sisteldata para arrendar los enlaces y disminuir los costos en la contratación de estos servicios, actualmente se tiene enlaces privados con un mayor costo.

Este proyecto investigativo es factible en todo ámbito ya que existe una gran cantidad y fuentes de información tales como internet, libros, artículos técnicos, además se cuenta con la colaboración de la empresa Sisteldata.

#### **1.4. Objetivos de la investigación**

##### **1.4.1. Objetivo general**

Diseñar un portador de servicios utilizando tecnología MPLS para optimizar las comunicaciones entre los usuarios de la empresa Sisteldata en los cantones de la Provincia de Tungurahua.

##### **1.4.2 Objetivos específicos**

1.4.2.1 Analizar la tecnología MPLS y sus aplicaciones en el portador de servicios.

1.4.2.2 Determinar los medios de transmisión y la tecnología apropiada para la óptima comunicación entre todos los puntos del portador de servicios.

1.4.2.3 Elaborar un diseño ordenado en la red, utilizando las diferentes capas que emplea MPLS para tener una estructura jerárquica, para así tener una comunicación eficiente y poder detectar las posibles fallas que se podría tener en la comunicación.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Antecedentes Investigativos**

El presente trabajo investigativo no ha sido realizado como proyecto de tesis o pasantía por estudiantes de la Universidades Técnica de Ambato, ya que no existen proyectos relacionados que se encuentren en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería en Sistemas Electrónica e Industrial.

#### **2.2 Fundamentación Legal**

La naturaleza del servicio requiere un alto estándar de rendimiento, desde el punto de vista del usuario la gran mayoría de las demandas deben ser satisfechas con poco o ningún retraso y la calidad funcional de los servicios están regulados y estandarizados internacionalmente por la Unión Internacional de Telecomunicaciones(ITU).

En el Ecuador el CONATEL o Consejo Nacional de Telecomunicaciones es el ente de administración y regulación de las telecomunicaciones en el Ecuador y está integrado por diferentes representantes, cuya competencia principal es la de dictar las políticas de Estado con relación a las telecomunicaciones y establecer un marco jurídico que permita un adecuado desarrollo del mercado de las telecomunicaciones en el país. El CONATEL o Consejo Nacional de Telecomunicaciones, para el desarrollo e implementación de este marco

regulatorio, cuenta con un brazo ejecutor que es la SENATEL o Secretaría Nacional de Telecomunicaciones, ente encargado de la ejecución de la política de telecomunicaciones en el país.

Art.5.-La concesión para la prestación de servicios portadores comprende el derecho para la instalación, modificación, ampliación y operación de las redes alámbricas e inalámbricas necesarias para proveer tales servicios, de conformidad con las condiciones establecidas en el título habilitante y la normativa vigente.

Los contratos para la prestación de servicios portadores que celebre un concesionario con operadores internacionales serán notificados a la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones, la cual procederá a inscribirlo en el registro correspondiente. Los contratos regirán a partir de la fecha que se estipule en el contrato.

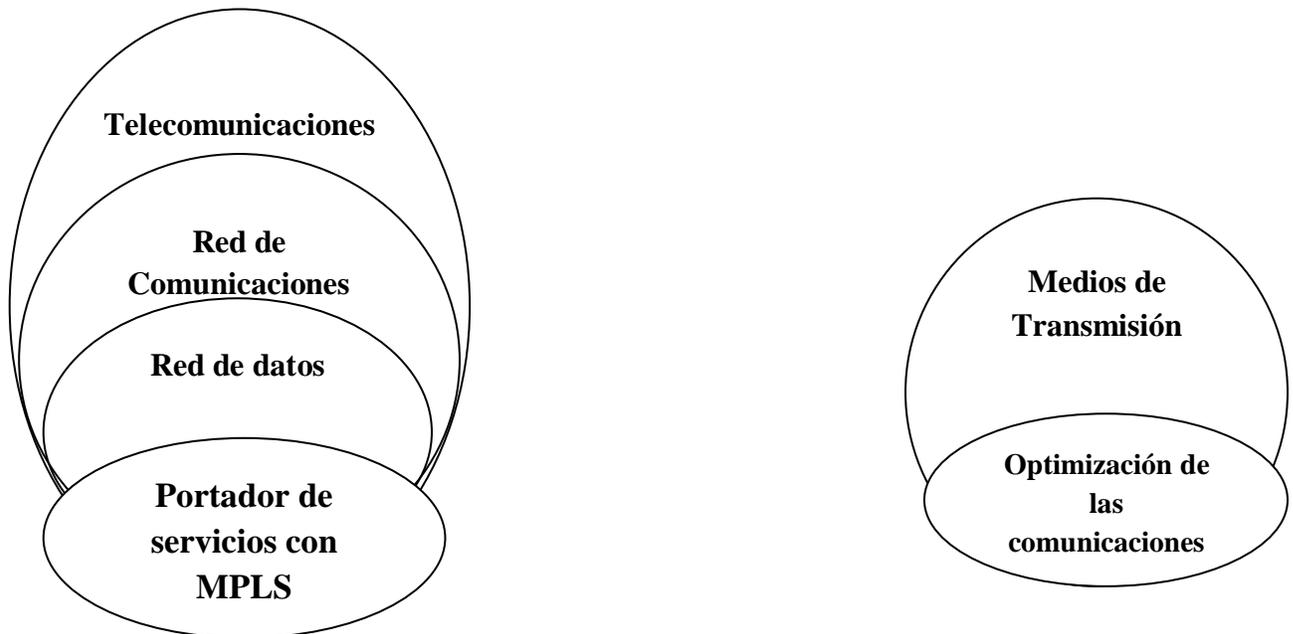
Art.7.-El plazo de duración de los títulos habilitantes de servicios portadores será de quince (15) años, renovable por igual período a solicitud escrita del concesionario presentada con cinco (5) años de anticipación a la fecha de vencimiento y con sujeción al, reglamento pertinente. El Consejo Nacional de Telecomunicaciones autorizará las renovaciones de títulos habilitantes para la prestación de servicios portadores.

Art. 14.- Los concesionarios de servicios portadores podrán ofrecer sus servicios a cualquier persona natural o jurídica que lo solicite. La concesión de portadores no involucra la concesión para prestar otros servicios de telecomunicaciones en especial servicios finales. Para la prestación de los servicios portadores y la consecuente transmisión de signos, señales, imágenes, voz y datos, entre puntos de terminación de una red definidos, los prestadores del servicio portador podrán usar uno o más segmentos de su propia red, uno o más segmentos de otras redes públicas conmutadas o no conmutadas y el alquiler de circuitos, para lo cual se

suscribirá un acuerdo comercial entre las partes. El medio a utilizarse en la transmisión podrá ser alámbrico o inalámbrico.

SISTELDATA S.A. la cual en un principio comenzó como persona natural es una empresa constituida desde el año 2003 y su función principal ha consistido en dar soluciones en el área de las telecomunicaciones al creciente mercado Ambateño; con el interés de atender exitosamente la gran demanda de servicios y sistemas de Telecomunicaciones de los sectores financieros, comercial, industrial y gubernamental que requieren mantener y mejorar sus niveles de competencia y crecimiento, ha decidido invertir sus esfuerzos en crear y consolidar una empresa capaz de proveer los productos y servicios más adecuados para las empresas e instituciones en nuestro sector. La empresa Sisteldata actualmente no tiene los permisos para dar el servicio de portador.

### 2.3. Categorías fundamentales



### **2.3.1. Telecomunicaciones**

Es una técnica consistente en transmitir un mensaje desde un punto a otro, normalmente con el atributo típico adicional de ser bidireccional. El término telecomunicación cubre todas las formas de comunicación a distancia, incluyendo radio, telegrafía, televisión, telefonía, transmisión de datos e interconexión de computadoras a nivel de enlace. Es toda transmisión, emisión o recepción de signos, señales, datos, imágenes, voz, sonidos o información de cualquier naturaleza que se efectúa a través de cables, radioelectricidad, medios ópticos, físicos u otros sistemas electromagnéticos.

#### **2.3.1.1. Red punto a punto**

Las redes punto a punto son aquellas que responden a un tipo de arquitectura de red en las que cada canal de datos se usa para comunicar únicamente dos nodos, en contraposición a las redes multipunto, en las cuales cada canal de datos se puede usar para comunicarse con diversos nodos. En una red punto a punto, los dispositivos en red actúan como socios iguales, o pares entre sí.

Las redes punto a punto son relativamente fáciles de instalar y operar. A medida que las redes crecen, las relaciones punto a punto se vuelven más difíciles de coordinar y operar. Su eficiencia decrece rápidamente a medida que la cantidad de dispositivos en la red aumenta.

#### **2.3.1.2 Red Punto a multipunto**

Es un término que se utiliza en el ámbito de las telecomunicaciones, que se refiere a la comunicación que se logra a través de un específico y distinto tipo de conexión multipunto, ofreciendo varias rutas desde una única ubicación a varios lugares. Una conferencia puede ser considerada una comunicación punto a

multipunto ya que existe solo un orador (transmisor) y múltiples asistentes (receptor). Punto a multipunto es a menudo abreviado como P2MP, PTMP, o PMP.

### **2.3.2 Redes de Comunicaciones**

Las redes o infraestructuras de (tele) comunicaciones proporcionan la capacidad y los elementos necesarios para mantener a distancia un intercambio de información y/o una comunicación, ya sea ésta en forma de voz, datos, vídeo o una mezcla de los anteriores.

Los elementos necesarios comprenden disponer de acceso a la red de comunicaciones, el transporte de la información y los medios y procedimientos (conmutación, señalización, y protocolos para poner en contacto a los extremos (abonados, usuarios, terminales) que desean intercambiar información.

#### **2.3.2.1 Conmutación**

En las redes de comunicaciones, la conmutación se considera como la acción de establecer una vía, un camino, de extremo a extremo entre dos puntos, un emisor (Tx) y un receptor (Rx) a través de nodos o equipos de transmisión. La conmutación permite la entrega de la señal desde el origen hasta el destino requerido.

#### **2.3.2.2 Señalización**

El concepto de señalización en telecomunicaciones se define como la comunicación que se da entre los equipos de telecomunicaciones, entre centros de procesamiento, entre la central y el abonado o entre bloques de software, para el establecimiento y liberación de las llamadas, o para intercambiar información de gestión, tarificación, mantenimiento, etc.

### **2.3.2.3 Protocolos**

Los protocolos son los conjuntos de reglas y convenciones que permiten la comunicación entre un mismo nivel o capa de dos máquinas diferentes. Los modelos de referencia OSI (Open System Interconnection Reference Model) y TCP/IP (Transmission Control Protocol)/ (Internet Protocol) contemplan el uso de protocolos distintos para cada una de las capas en que están definidos. La lista de protocolos utilizados por cada sistema se denomina pila de protocolos.

### **2.3.3 Redes de datos**

Se denomina red de datos a aquellas infraestructuras o redes de comunicación que se ha diseñado específicamente a la transmisión de información mediante el intercambio de datos.

Las redes de datos se diseñan y construyen en arquitecturas que pretenden servir a sus objetivos de uso. Las redes de datos, generalmente, están basadas en la conmutación de paquetes y se clasifican de acuerdo a su tamaño, la distancia que cubre y su arquitectura física.

#### **2.3.3.1 Red de Área Local (LAN)**

Las redes de área local suelen ser una red limitada la conexión de equipos dentro de un único edificio, la mayoría es de propiedad privada, con la característica de que la distancia entre las computadoras debe ser pequeña. Son redes con velocidades entre 10, 100 y 1000 Mbps, tiene baja latencia y tasa de errores.

#### **2.3.3.2 Red de Área Metropolitana (MAN)**

Las redes de área metropolitanas están diseñadas para de conexión de equipos a lo largo de una ciudad entera. Una red MAN puede ser una única red que interconecte varias redes de área local LAN's resultando en una red mayor. Por

ello, una MAN puede ser propiedad exclusivamente de una misma compañía privada, o puede ser una red de servicio público que conecte redes públicas y privadas.

### **2.3.3.3 Red de Área Extensa (WAN)**

Las Redes de área extensa son aquellas que proporcionen un medio de transmisión a lo largo de grandes extensiones geográficas (regional, nacional e incluso internacional). Una red WAN generalmente utiliza redes de servicio público y redes privadas y que pueden extenderse alrededor del globo.

### **2.3.4 Portador de Servicios**

El servicio de portador es un tipo de servicio de telecomunicaciones que provee la capacidad de transmisión de señales entre el punto de acceso. Los servicios de portador proveen la capacidad para transferencia de información entre puntos de acceso, e involucran sólo funciones de la capa más baja. Estas funciones son algunas veces referidas como capacidades de la capa más baja (en referencias a la capa OSI). El enlace de comunicación puede esparcirse sobre diferentes redes, tal como Internet, Intranet, LANs y ATM (Asynchronous Transfer Mode).

### **2.3.5 MPLS (Multiprotocolo de Conmutación de Etiquetas)**

La solución en capa 2.5, MPLS es una tecnología que fue creada por la IETF (Internet Engineering Task Force) para definir una solución de conmutación estándar para unificar el servicio de transporte de datos utilizando etiquetas para reenviarlos a través de la red. MPLS se ubica entre la capa 3 de Red y capa 2 de Enlace de Datos del modelo OSI.

MPLS ofrece una arquitectura de red orientada a conexión. Utiliza túneles estáticos llamados LSP (Label Switch Path) para establecer una conexión fija. Para establecer la trayectoria del paquete se agrega una etiqueta a la entrada de la red

MPLS, el cual posee la trayectoria que seguirá el paquete. Cada router de la red MPLS tiene conocimiento de la ruta a seguir de manera que podrá enrutarlo hacia el siguiente nodo. Por último el router de borde de la red MPLS retira la etiqueta para que siga su trayectoria final.

MPLS es un esquema similar pero no igual a la encapsulación, por la que una PDU (Protocol Data Units) de un protocolo cualquiera puede ser transportada en una “PDU” del protocolo MPLS como si datos de un nivel superior se tratara, añadiéndole su redundancia.

Sin embargo, existen multitud de características que hacen de MPLS una solución atractiva y merecedora de estudio por las universidades y las empresas de networking. De no haberlas, parecería innecesario crear un nuevo protocolo, ya que la encapsulación es una técnica conocida.

MPLS es un esquema de envío de paquetes que no está formado exclusivamente por un protocolo que encapsula a otros sino que define y utiliza conceptos como FEC (Forward Equivalence Class), LSR (Label Switched Router), dominio MPLS, LDP (Label Distribution Protocol), ingeniería de tráfico.

Para poder explicar con propiedad el funcionamiento de MPLS es necesario definir la terminología básica que el IETF propone para ello, la terminología más común.

LER (Layer Edge Router) Es el encaminador que se encuentra en el borde de la zona MPLS y es el encargado de añadir cabeceras MPLS entre las cabeceras de red y de enlace del paquete entrante. Además también es el encargado de retirar esta información cuando un paquete sale de la zona MPLS.

LSR (Label Switch Router) Es el conmutador del interior de la zona MPLS que interpreta el valor de la cabecera MPLS y la modifica si es necesario, pero en principio no añade ni elimina cabeceras MPLS.

FEC (Forward Equivalence Class) Es el conjunto de paquetes o flujos de información a los cuales, tras entrar en la zona MPLS se le añade una cabecera que hace que sean tratados todos de la misma forma, independientemente de que sean paquetes de distintos tipos de tráfico. A efectos prácticos, es el conjunto de paquetes que ingresan por un mismo LER y a los cuales éste les asigna la misma etiqueta.

LSP (Label Switched Path) Es el camino que describen el conjunto de encaminadores y conmutadores que atraviesan los paquetes de un FEC concreto en un único nivel jerárquico. Todos los paquetes del mismo FEC siguen el mismo LSP siempre, de principio a fin (dentro del dominio MPLS).

LABEL o ETIQUETA Información o cabecera que se añade a un paquete cuando ingresa en una zona MPLS. Es la información que añade o quita el LER y que es interpretada por el LSR y gracias a la cual se entiende que diferentes tráficos forman parte de un mismo FEC. Generalmente la etiqueta define el FEC en el que se incluirá al paquete.

LS (Label Stack) Pila de etiquetas. Es un conjunto de etiquetas dispuestas en forma de pila. En realidad la redundancia puede ser de tamaño variable. Esto ocurre porque pueden existir zonas MPLS dentro de otras zonas MPLS y el protocolo lo permite gracias a esta característica. Es la forma en la que proporciona escalabilidad.

### **2.3.5.1 Dominio MPLS**

Es el conjunto de encaminadores contiguos capaces de trabajar con MPLS para enrutamiento y/o conmutado y que se encuentran dentro de un mismo ámbito administrativo.



FIGURA No 2.1 Modelo OSI

MPLS se encuentra situado entre los niveles de enlace y de red del modelo de referencia OSI como se indica en la Fig. No 2.1; por tanto se podría decir que es un protocolo de nivel 2+. Esto a efectos prácticos hace de nexo de unión entre los protocolos de red (protocolo de encapsulado) y el protocolo de nivel de enlace.

La cabecera de un paquete MPLS se encuentra también entre estos dos niveles, por tanto, entre la cabecera de nivel de enlace y la cabecera de nivel de red; de esta forma, para el protocolo de nivel de enlace un paquete MPLS serán datos empaquetados del nivel superior del modelo. Por tanto, la forma general de una trama entera de comunicaciones se mira en la siguiente Fig. No 2.2.

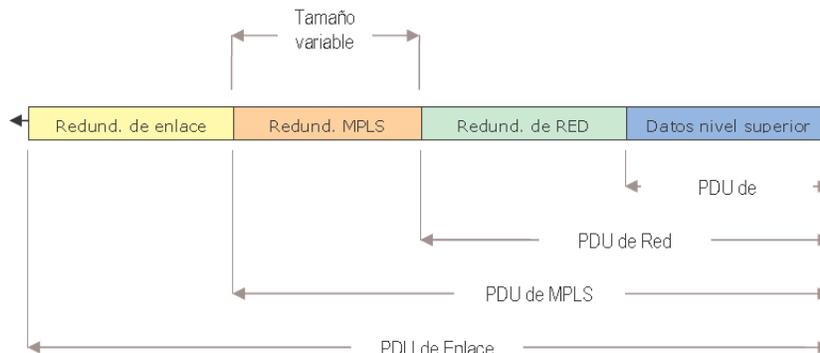


FIGURA No 2.2 Trama General de Comunicaciones

### 2.3.5.2. Estructura y características de un paquete

La cabecera de un paquete MPLS tiene un tamaño fijo de 32 bits (4 octetos). Ningún campo es de tamaño variable y además siempre se encuentran localizados en la misma posición. La cabecera MPLS, se situará siempre después de la cabecera de nivel de red y antes de la cabecera de nivel de enlace. Los encaminadores y conmutadores MPLS siempre leerán estos 4 octetos tras la redundancia de enlace.

#### 2.3.5.2.1 Campos

Cada cabecera MPLS tiene 4 campos: Label, EXP, S y TTL dispuestos como se muestra en la siguiente Fig. No 2.3

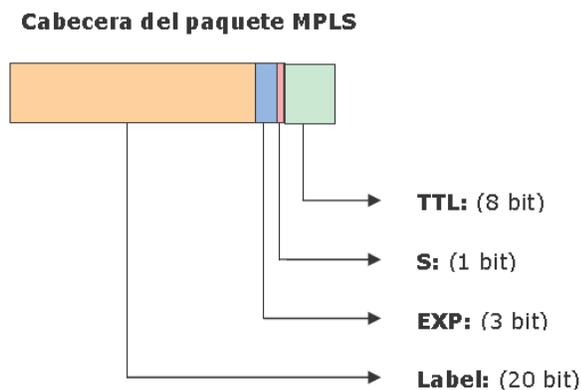


FIGURA No 2.3 Cabecera del paquete MPLS

TTL (Time to Live): Es el típico campo de casi cualquier paquete de datos que especifica el número máximo de encaminadores que el paquete puede dar antes de ser descartado. Como máximo podrá ser en este caso 65536 saltos. El campo TTL puede tomar el valor del campo TTL del protocolo de red del paquete si procede e irse decrementando en cada salto por los encaminadores del dominio MPLS para posteriormente sustituir al valor de TTL del paquete original al salir del dominio

MPLS. También se acepta que el paquete de nivel de red queda encapsulado en un paquete MPLS y el TTL de uno no tiene que ver con el TTL del otro.

S (STACK BOTTOM): Cuando está en 1 indica que esta cabecera MPLS es la última que hay, antes de encontrarse con la redundancia de red. Si está en 0, indica que tras esta cabecera MPLS se encuentra otra cabecera MPLS y no la cabecera de red.

EXP (EXPERIMENTAL): Estos bits están reservados para uso experimental. Sin embargo se han redefinido para albergar información sobre calidad de servicio del paquete.

LABEL: Es la etiqueta MPLS, la que da nombre al protocolo. Cuando un paquete ingresa en un dominio MPLS se le asigna una etiqueta que marcará el resto de su viaje a través de la red MPLS.

#### **2.3.5.2.2 Estructura de la pila de etiquetas**

El campo S indica o bien la cabecera de red o bien una cabecera MPLS. MPLS “encapsula” cualquier protocolo en un paquete MPLS, aunque este protocolo sea también MPLS. Cuando un paquete entra en un dominio MPLS se le añade una cabecera que tendrá hasta que salga de dicho dominio MPLS.

Si durante el trayecto interior el paquete ya etiquetado se introduce en otro dominio MPLS sin haber salido del primero, se le añade una cabecera MPLS más pero en este caso hay que indicar que esa cabecera no es la última existente sino que tras esa que se acaba de insertar, hay otra cabecera MPLS y eso se hace con el campo S. Así cuando un paquete MPLS abandone un dominio MPLS el encaminador que le da la salida sabrá si debe enrutar el paquete con las reglas de MPLS o bien si ya no hay más dominios MPLS y se debe encaminar el paquete con las reglas del protocolo de red que lo haya generado. Veamos la Fig. No 2.4

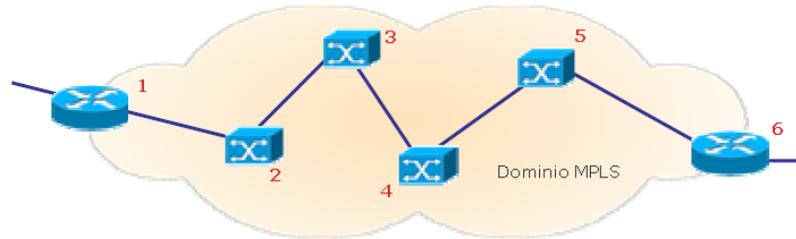


FIGURA No 2.4 Dominio MPLS

Un paquete de una red concreta entra en un dominio MPLS y el encaminador 1 le incrusta una cabecera MPLS entre sus cabeceras de enlace y de red. El paquete se encamina hacia el conmutador 2 el cual, simplificando, decrementa el campo TTL manteniendo la misma cabecera MPLS, sin añadir ni colocar nada, simplemente modificando el campo TTL.

A continuación el conmutador 2 envía el paquete MPLS hacia el conmutador 3. En los conmutadores 3, 4 y 5 el proceso se repite; ninguno añade o quita la cabecera MPLS sino que decrementan el valor del TTL y, caso de no llegar a cero reenvían el paquete al vecino.

Cuando el conmutador 5 envía el paquete al encaminador 6, que es el límite del dominio MPLS, este detecta gracias al campo S de la cabecera MPLS que es la única cabecera MPLS que hay y que a partir de ahí, por tanto se debe encaminar el paquete con los mecanismos existentes según el tipo de red al que pertenezca (IP, Ethernet...).

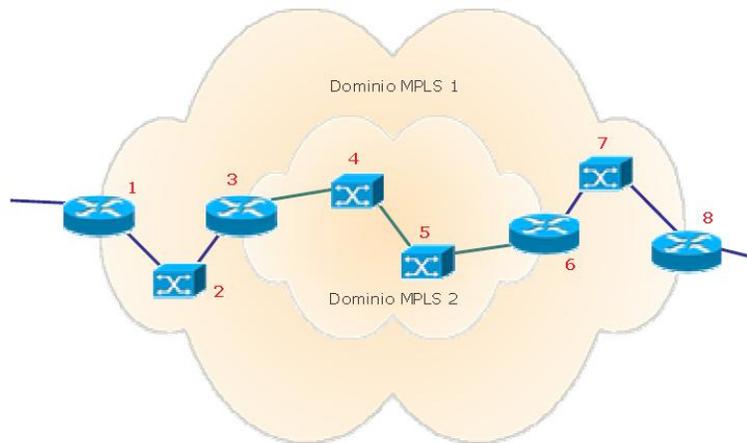


FIGURA No 2.5 Uso de Pila de Etiquetas

El uso de la pila de etiquetas MPLS se ve claramente en la Fig. No 2.5, en ella, al encaminador 1 llega un paquete perteneciente a una red de cualquier tipo. Éste le añade una cabecera MPLS con el campo S=1 porque es la última cabecera MPLS que acompaña al paquete, y lo reenvía al conmutador 2 el cual, simplificando para el ejemplo, no hace nada salvo decrementar el TTL y reenviar el paquete al encaminador 3. Este encaminador es el nodo de ingreso a otro dominio MPLS distinto por lo que hace exactamente lo mismo que si el paquete proviniese de una red cualquiera no MPLS, y añade una segunda cabecera MPLS.

En este caso será la segunda cabecera MPLS que existirá entre las cabeceras de red y de enlace del paquete: la añadida por el encaminador 1 es la primera y la añadida por el encaminador 3 es la segunda. Esta segunda cabecera deberá llevar por tanto el campo S=0 pues ella no es la última cabecera MPLS que acompaña al paquete. Los conmutadores 4 y 5 reciben el paquete y lo que hacen es, simplemente decrementar el TTL de la cabecera y reenviar el paquete; sin embargo ahora están decrementando el TTL de la segunda cabecera, que es la única que ellos ven.

Cuando el paquete llega al encaminador 6, que es fin del “Dominio MPLS 2”, éste detecta gracias al campo S que hay más cabeceras MPLS aparte de la que él ve,

quita la cabecera (en el orden LIFO (Last In First Out), de ahí lo de la pila) que se añadió en el encaminador 3 y envía el paquete al conmutador 7. Hasta aquí el TTL de la primera cabecera ha permanecido como al salir del conmutador 2. El conmutador 7 recibe el paquete MPLS, le decrementa el TTL y lo reenvía al encaminador 8.

Éste al ser fin de un dominio MPLS, el “Dominio MPLS 1” debe eliminar la cabecera MPLS y como detecta por el campo S=1 que es la última cabecera MPLS del paquete la quita y encamina el paquete acorde al tipo de red al que pertenezca éste (IP (Internet Protocol), Fast Ethernet).

El proceso de introducirse en múltiples dominio MPLS antes de salir de algunos de ellos se puede repetir tantas veces como sea y por cada dominio MPLS en el que se encuentra el paquete tendrá una cabecera (etiqueta) MPLS.

Sin embargo hay un problema subyacente y es el siguiente: cuando un LER de salida de un dominio MPLS detecta que la cabecera MPLS del paquete es la última, sabe que lo siguiente que encontrará será la cabecera de red y que deberá usarla para encaminar el paquete conforme a los mecanismos de ese tipo de red concreta. Sin embargo MPLS soporta múltiples protocolos de red; y una cabecera IP no tiene la misma estructura que la cabecera Ethernet por lo que aunque el LER sepa que lo siguiente es una cabecera de red, no sabe de qué tipo es esa cabecera y no puede interpretarla.

Se indica que la última etiqueta MPLS (la primera que se añadió al paquete), la que lleva el campo S=1, no es una etiqueta normal sino que en su campo “Label” lleva un valor de un rango de valores reservados que indican a qué tipo de red pertenece el paquete; por lo tanto cuando un LER de salida detecta en un paquete MPLS el campo S=1, analiza el campo “Label” y este le indicará el tipo cabecera de red que se va a encontrar a continuación y por tanto, será capaz de entender lo que ésta le diga.

Los valores reservados para el campo “Label” de la primera etiqueta que se añade al paquete (la que tiene el campo S=1) son los siguientes:

- LABEL="0": se usa para indicar que el paquete proviene de una red IP versión 4.
- LABEL ="2": se usa para indicar que el paquete proviene de una red IP versión 6
- DESDE LABEL "4 HASTA LABEL 15": están reservados para su posterior uso por parte del IANA.

El campo “Label” de la última cabecera MPLS especifique el protocolo de red que se ha de usar para sacar el paquete fuera del dominio MPLS. MPLS no impone restricciones al uso de etiquetas para especificar protocolos de red en la última etiqueta de la pila de etiquetas MPLS; los casos reservados, lo están por ser frecuentes, pero nada impide usar otras etiquetas para paquetes IPv4 o IPv6.

MPLS concreta que el significado de las etiquetas queda fuera de la especificación del protocolo y son los LER del dominio MPLS los que deben conocer qué significa para ellos la existencia de una etiqueta u otra en la cabecera MPLS con campo S=1. En última instancia serán las personas que administran y configuran los encaminadores del dominio MPLS quienes deciden.

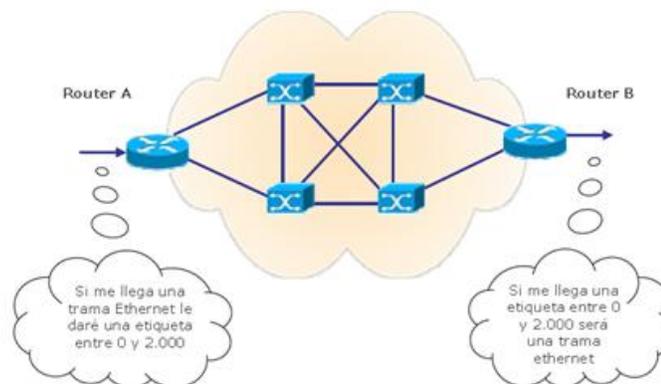


FIGURA No 2.6 Ejemplo de configuración de etiquetas de MPLS

Como se puede ver en la Fig. No 2.6, por ejemplo se puede configurar los LER para que para todos los paquetes Ethernet que ingresen en el dominio MPLS se usen etiquetas desde la 16 hasta la 2.000. Así en el LER de salida del dominio, para paquetes con cabeceras cuyo campo S sea 1 y cuyo campo Label esté entre 16 y 2.000 sabrá que es la última cabecera MPLS y a continuación se encontrará una cabecera de red con estructura Ethernet y que esa cabecera debe ser usada para encaminar el paquete desde el dominio MPLS hacia la red Ethernet.

Esto anterior implica que el tráfico ya etiquetado que llegue a un LER de ingreso a un nuevo dominio MPLS debe ser de confianza ya que si no, se corre el riesgo de hacer reenvío de paquetes de forma ilegítima

### **2.3.5.2.3 Etiquetación frente a Encapsulación**

MPLS no encapsula la información sino que la etiqueta. Cuando se encapsula un protocolo en otro, se construye una  $PDU_{N-1}$  del protocolo que encapsula utilizando la información de la  $PDU_N$  del protocolo encapsulado, esto es: se adapta el tamaño de la  $PDU_N$  de la capa superior y se prepara para ser enviada como una  $PDU_{N-1}$ . MPLS toma la PDU de red, la deja y transmite intacta; únicamente coloca una redundancia MPLS entre esta cabecera y la cabecera de enlace.

Esto significa que si el protocolo de red tiene tramas de tamaño fijo y pequeño, MPLS transmitirá con esas características; si la capa de red es IP, por ejemplo, las tramas serán variables y potencialmente grandes; MPLS las transmitirá así también como se puede apreciar en la Fig. No 2.7

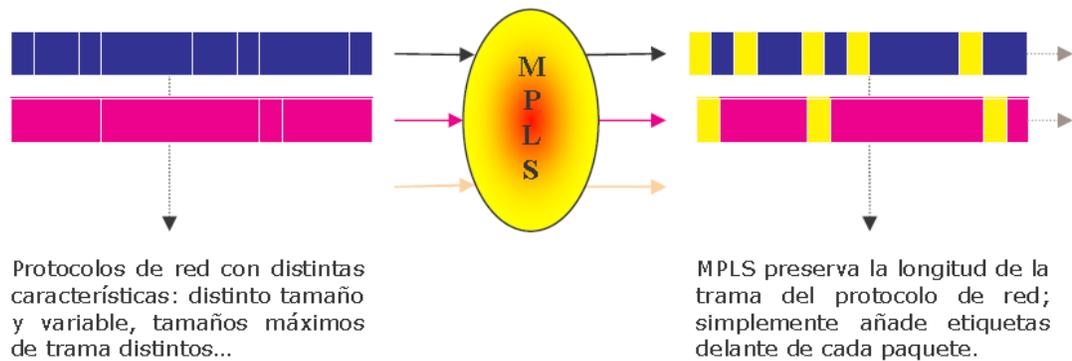


FIGURA No 2.7 Etiquetación de MPLS

### 2.3.5.3 Routing en los bordes y switching en el núcleo

La estructura general de un dominio MPLS se basa en el concepto de que los LER del borde del dominio son los que realizan labores de Routing de paquetes con funciones de decisión del enrutamiento que pueden llegar a ser extremadamente complicadas y que pueden estar basadas en la interfaz por la que viene el paquete, la red a la que pertenece, los valores de la cabecera de red, etcétera.

Independientemente de las decisiones de los LER antes de asignar una etiqueta MPLS al paquete, los LSR del interior del dominio hacen switching de los paquetes que han ingresado en el dominio de forma muy veloz y eficaz sin tener en cuenta nada más que la etiqueta de la cabecera MPLS que los LER han decidido dar.

Los paquetes son encaminados en los nodos frontera del dominio MPLS y son conmutados rápidamente en los nodos interiores que ya no distinguen distintos tipos de paquete al leer exclusivamente la primera etiqueta de la pila de etiquetas MPLS

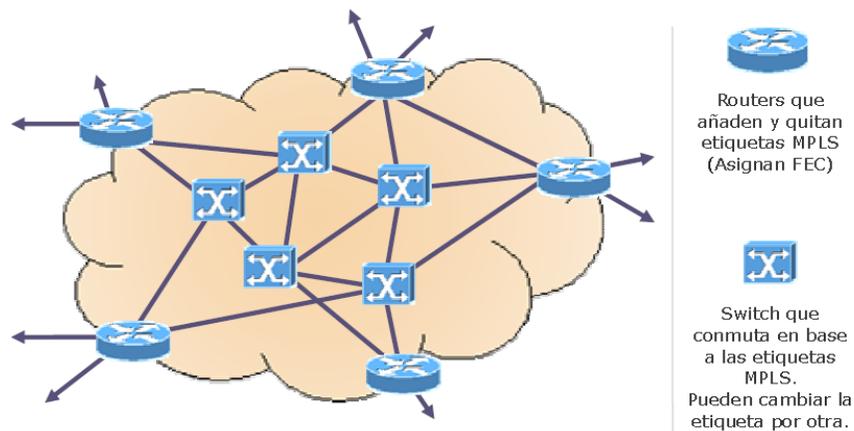


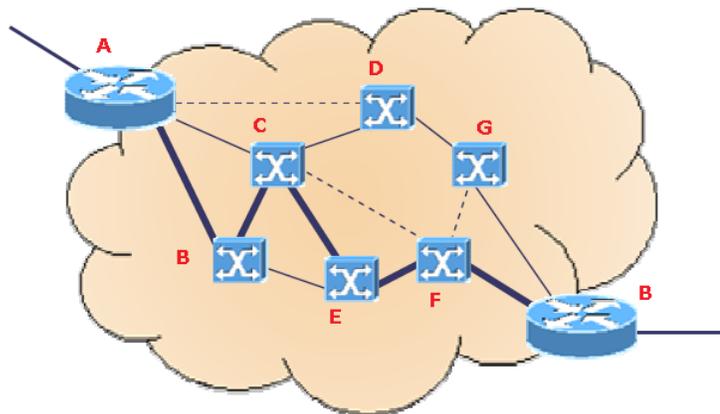
FIGURA No 2.8 Ejemplo de un dominio MPLS

#### 2.3.5.4 Soporte para servicios diferenciados

En MPLS, cada LSP puede llevar varios FEC y se puede asignar tantos flujos de información a cada FEC como se desee por lo que, se puede elegir qué tráfico va a ser encaminado por los cables físicos concretos (los que forman el LSP) y, de este modo se puede especificar que un tráfico vaya por fibra óptica mientras que otro va por cobre, teniendo distinta calidad de servicio únicamente por este hecho.

Pero esto se puede hacer a nivel de FEC o conjunto de FEC y podría incluir a cientos de flujos distintos de información sin tener que tener cientos de estados en los encaminadores, por lo que es más escalable, como hemos comentado, que el modelo de servicios integrados.

Pero esto es sólo una de las opciones que permite MPLS y que no está directamente relacionada con el modelo de servicios diferenciados. Para este propósito se necesitaría poder especificar junto con cada paquete la clase de tráfico a la que pertenece y de este modo podría ser tratado de una forma u otra por los LSR del interior del dominio MPLS.



LSP A,C,D,G,B → Medias prestaciones. UTP categoría 5e.  
 LSP A,B,C,E,F,B → Altas prestaciones. Fibra óptica.

FIGURA No 2.9 Ejemplo de LSP con mayor o menor calidad

Los 3 bits etiquetados como EXP estaban reservados para uso experimental. Pues bien, en el RFC 3270 este campo de la cabecera se ha redefinido y ahora se usa para especificar CoS (Class of Service), justo lo que se necesita para poder implementar el modelo de servicios diferenciados.

Ahora cada paquete puede llevar en su cabecera MPLS un identificador de entre los  $2^3=8$  posibles para que los LSR traten el paquete añadiéndole calidad de servicio.

Con esto, se podría especificar que un LSP vaya por cierto camino físico de fibra óptica con más calidad que otro LSP que va por otro camino físico de cobre, pero además se puede llegar a especificar a un punto de detalle tal que podemos seleccionar que alguno de los paquetes que van igualmente etiquetados dentro de un mismo FEC por un mismo LSP (y por tanto por un mismo camino físico) tengan más prioridad que otra.

Así, un LSR que soporte el modelo de servicios diferenciados de MPLS debería conmutar en base a los 20 bits de la etiqueta MPLS y de los siguiente 3 bits, correspondientes ahora a la clase de servicio.

El LSR que implementa el modelo de servicios diferenciados clasifica todo el tráfico entrante en base a su clase de servicio. Para cada clase de servicio (8 como mucho porque sólo hay 3 bits) hay una cola gestionada por una política que puede ser independiente para cada tipo de servicio, de tal forma que resulta en ocho colas cada una con tráfico clasificado como de una sola clase (cada clase podría contener FTP, HTTP, VoIP o cualquier mezcla de ellos).

Cada una de estas ocho colas debería tener distintas prioridades en función de la calidad que se quiera ofrecer para cada servicio. Al final, basándose en estas prioridades, un algoritmo de turno circular irá despachando los paquetes.

El modelo de servicios diferenciados es una de las formas en las que MPLS permite ofrecer calidad de servicio.

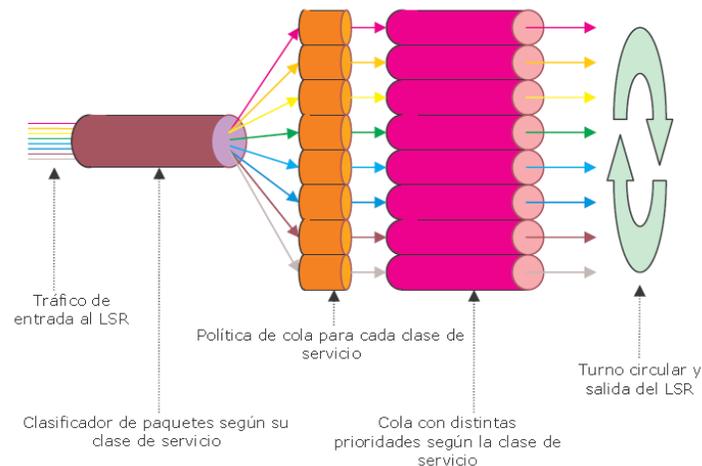


FIGURA No 2.10 Modelo de Servicios Diferenciados

### 2.3.5.5 Distribución de Etiquetas

MPLS necesita de un plano de control para mantener las rutas, los LSP, las etiquetas, etcétera. Cada LSR tiene una tabla de enrutamiento que, es utilizada para la creación de los LSP, que los LER indiquen. Esta tabla se crea dinámicamente con protocolos de enrutamiento tradicionales: camino más corto,

menor número de salto de forma que cada LSR tiene la tabla siempre actualizada y es relativamente fácil escoger la dirección de salto cuando hay varias posibilidades.

Para llevar a cabo la conmutación, la creación de LSP y algunas cosas más, MPLS necesita además de un protocolo de enrutamiento tradicional un método para que cada LSR y LER puedan mantener coherencia entre ellos en cuanto a las etiquetas utilizadas para los distintos tráfico que conmutan; no basta con que un LSR elija una etiqueta para tráfico de un FEC, sino que debe propagar esta elección al resto de sus vecinos, así se evitarán situaciones como que a un LSR llegue tráfico con una etiqueta para la cual ese LSR no tiene un entrada en su tabla.

También en este caso MPLS es abierto y flexible, permitiendo la utilización de diversos protocolos de señalización como BGP (Border Gateway Protocol) o LDP (Label Distribution Protocol). LDP se ha creado para trabajar bien con MPLS.

#### **2.3.5.6 Protocolo LDP (Label Distribution Protocol)**

Un LER o LSR que soporte el protocolo LDP es capaz de mantener sesiones LDP con otros LSR/LER que hagan lo mismo. Durante el tiempo que dura una sesión LDP se generan varios tipos de mensajes, y todos tienen la misma finalidad: dar a conocer a otros encaminadores que el encaminador está vivo, mantener este conocimiento, dar a conocer las asociaciones que el LSR/LER haga de etiquetas/FEC, solicitar etiquetas a otros LSR/LER, anunciar que una cierta asociación etiqueta/FEC deja de ser válida, etcétera.

En definitiva, el protocolo LDP se utiliza para mantener en el dominio MPLS una coherencia en cuanto al uso de las etiquetas y las correspondencias entre éstas y los distintos FEC que se mueven por la red.

Los mensajes LDP deben contar con la máxima fiabilidad pues es gracias a ellos que MPLS puede funcionar. Generalmente cuando se trata con IP como protocolo

de red, un LSR/LER anuncia mediante UDP/IP que está vivo, que está listo para establecer sesiones LDP. En el caso de usar IP, lo hace a una dirección multicast a la que deben estar suscritos todos los encaminadores del dominio MPLS.

El resto de LSR/LER a su vez están haciendo lo mismo, este método es como un ping. Como parte de este mensaje “hello” vía UDP, viaja la dirección IP propia del servidor que se anuncia, de tal forma que si alguno de los LER/LSR que han escuchado el saludo desean establecer una sesión LDP, lo harán mediante TCP contra esta dirección de red. Si es así, la conexión se establecerá y existirá entonces una sesión LDP entre ambos LER/LSR

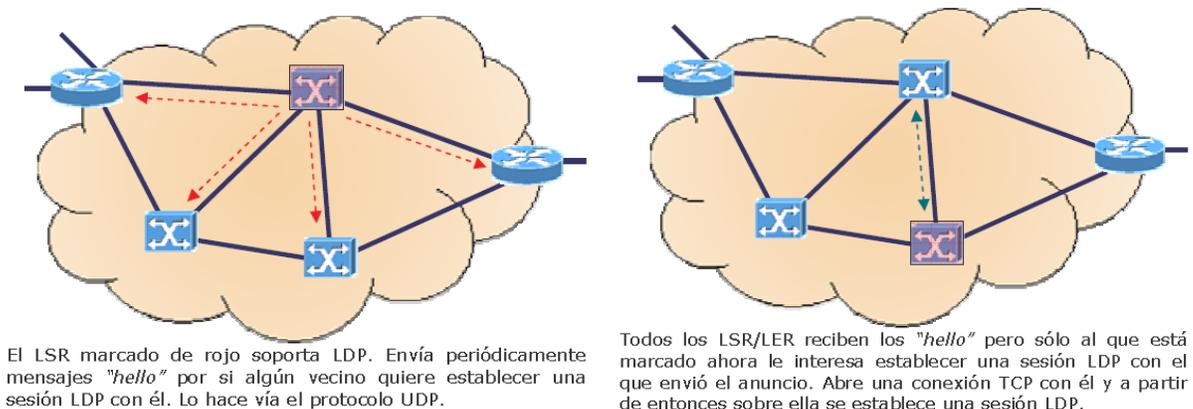


FIGURA No 2.11 Funcionamiento de LDP

Ahora que está abierta la sesión LDP existen varios métodos por los cuales se comunica una asociación etiqueta/FEC entre los LSR/LER involucrados:

Un LSR/LER pide a su vecino que le informe de la etiqueta que debe usar para enviarle tráfico por cierto interfaz, dirigido a un destino concreto; entonces éste le responde enviándole la etiqueta para ese destino que mejor le convenga. Este proceso es una petición de etiquetas bajo demanda. Suele ser la más usual y acaba

significando que la distribución de etiquetas/FEC se realiza en el sentido contrario al que va a seguir el tráfico. Como se muestra en la Fig. No 2.12

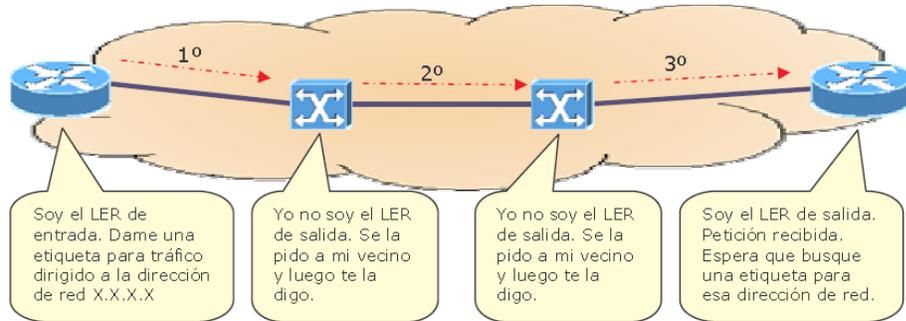


FIGURA No 2.12 Solicitud de etiqueta bajo demanda para un FEC

Por otra parte, el otro método consiste en que cada LSR/LER realice la asociación etiqueta/FEC que quiera y entonces la transmite a sus vecinos, que las almacenaran, si desean, en su tabla de etiquetas. En este caso la información también ocurre en el sentido contrario al que al final circulará el tráfico, pero la diferencia radica en que el vecino recibe información sin haberla pedido.

De este modo se suele tener siempre las tablas de etiquetas actualizadas y a la hora de formar un FEC suele ser más rápido. Sin embargo, se eleva bastante el tráfico de control. Como se muestra en la Fig. No 2.13

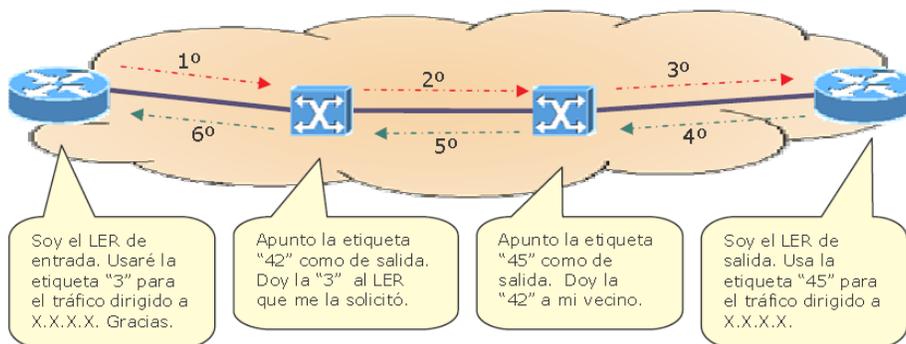


FIGURA No 2.13 Asociación de etiquetas y difusión de las mismas

En las figuras anteriores se muestra cómo se establece un LSP bajo demanda. El LER de entrada pide a su LSR vecino una etiqueta para un tráfico que va a una dirección concreta. Esta petición se propaga hasta que llega al LER que proporciona la salida hacia la red con dicha dirección.

Éste asigna una etiqueta para dicho tráfico y la propaga hacia atrás donde los LSR intermedios van encadenando el LSP con las etiquetas que ellos eligen y las que le pasan los vecinos. Al final el LER de entrada recibe la etiqueta que pidió y en todo el camino ya están creadas las tablas de conmutación para cuando la etiqueta sea usada.

### **2.3.5.7 Esquema de un LER y de un LSR**

Los encaminadores MPLS, tanto LER como LSR tienen un plano de control y un plano de datos.

El plano de control está formado por aquellos protocolos y procedimientos que actúan en segundo plano manteniendo las tablas de enrutamiento de los LER y LSR, las asociaciones entre etiquetas y FEC's, etcétera y el plano de datos está formado por los procedimientos de asignaciones y modificaciones de etiquetas, de asignación de flujos a FEC, etcétera. En la Fig. No 2.14 se ve más claro este concepto.

En este esquema se ve de mejor forma la complejidad y por tanto el retardo está en el LER que corresponde a la figura de la izquierda; es éste quien hace labores de Routing en el borde y quien se encarga de clasificar los paquetes en los distintos FEC. El esquema de la derecha es más simple y está orientado a la conmutación rápida.

Los protocolos de enrutamiento pueden ser cualquiera de los existentes: RIP, OSPF, IS-IS, BGP-4, etcétera y lo mismo ocurre con el protocolo de señalización de etiquetas, que podrían ser RSVP-TE, LDP-CR, BGP-4 o cualquier otro.

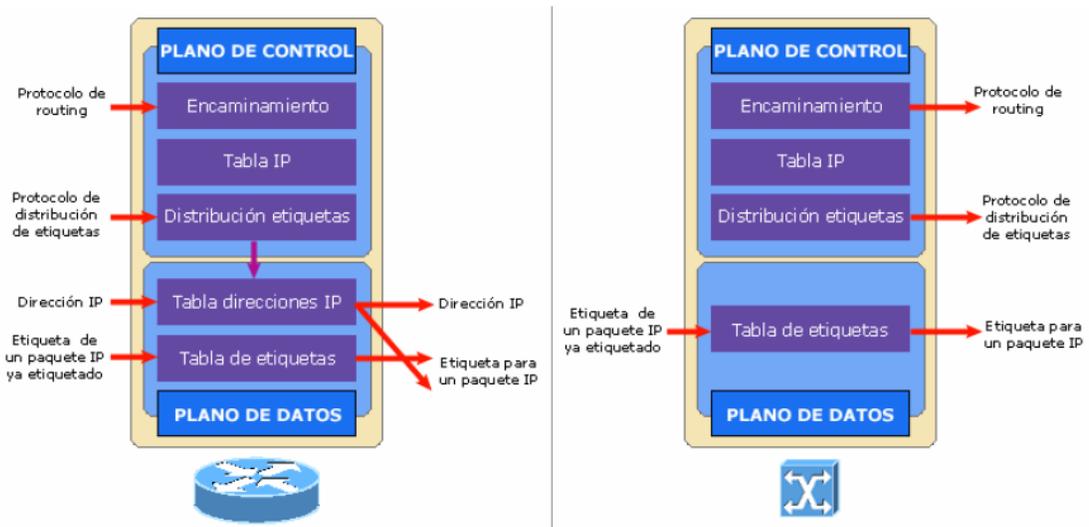


FIGURA No 2.14 Plano de control y datos del LER y LSR

En cuanto a la mención al protocolo IP, se hace por concretar una tecnología de red concreta, pero MPLS es multiprotocolo así que se debería entender “Tabla de red” donde pone “Tabla IP”, “Dirección de red” donde pone “Dirección IP” y “Paquete de red” donde pone “Paquete de IP”. El no hacerlo es porque posiblemente se esté más familiarizado con IP y sea más fácil comprender la función de cada módulo.

### 2.3.5.8 Aplicaciones de MPLS

MPLS puede tener multitud de aplicaciones, pero generalmente se usa para los propósitos que se especifican a continuación.

#### 2.3.5.8.1 Integración de IP y ATM

MPLS es multiprotocolo que permite cualquier protocolo por encima, pero también permite cualquier tecnología de nivel de enlace o físico por debajo, por lo que se puede aprovechar fácilmente la infraestructura desplegada en el ámbito troncal y esto es muy importante y un punto a favor de MPLS pues facilita la

migración de tecnologías aunque, evidentemente, al añadir complejidad el rendimiento siempre es peor, pero el caso es que los millones que se han estado invirtiendo desde hace años para tener IP sobre ATM pueden seguir siendo válidos para tener IP sobre MPLS y MPLS sobre ATM.

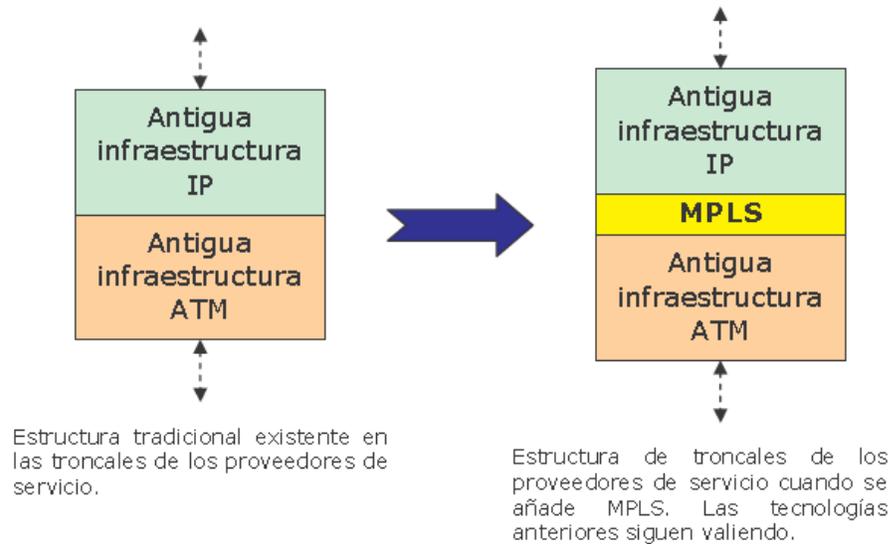


FIGURA No 2.15 Integración de IP y ATM en MPLS

### 2.3.5.8.2 Redes Privadas Virtuales IP

Al ser multiprotocolo que soporta cualquier protocolo de red y el reenvío MPLS basado en etiquetas y no en los datos que transporta, cualquier cosa que esté creada por encima del nivel de enlace, será soportada fácilmente por MPLS y así es el caso de las redes privada virtuales IP, ya se basen en túneles IP, en protocolos seguros como IP-Sec o cualquier otra tecnología. Además, se puede hacer coincidir mediante procedimientos de ingeniería de tráfico un enlace privado virtual con un FEC/LSP concreto.

MPLS es multiprotocolo y se ha pensado para coexistir en todos los aspectos con Frame Relay, ATM e IP (versión 4 y 6) puesto que son las tecnologías predominantes.

### 2.3.5.8.3 Ingeniería de Tráfico

La Ingeniería de Tráfico (TE) es una disciplina que procura la optimización de la performance de las redes operativas. La Ingeniería de Tráfico abarca la aplicación de la tecnología y los principios científicos a la medición, caracterización, modelado, y control del tráfico que circula por la red. Las mejoras del rendimiento de una red operacional, en cuanto a tráfico y modo de utilización de recursos, son los principales objetivos de la Ingeniería de Tráfico.

El objetivo es en este caso el optimizar la utilización de los recursos de la red de manera que no se saturen partes de la misma mientras otras permanecen subutilizadas. Todo lo anterior apunta a un objetivo global, que es minimizar la congestión al mismo tiempo que intentar incrementar la eficiencia de la utilización de los recursos. Esto tiene muchas aplicaciones, por ejemplo podría utilizarse ingeniería de tráfico cuando:

- Algún problema con los enlaces entre LSR hace que un LSP no funcione. En ese momento se puede habilitar un camino o varios alternativos para evitar que la comunicación se interrumpa.

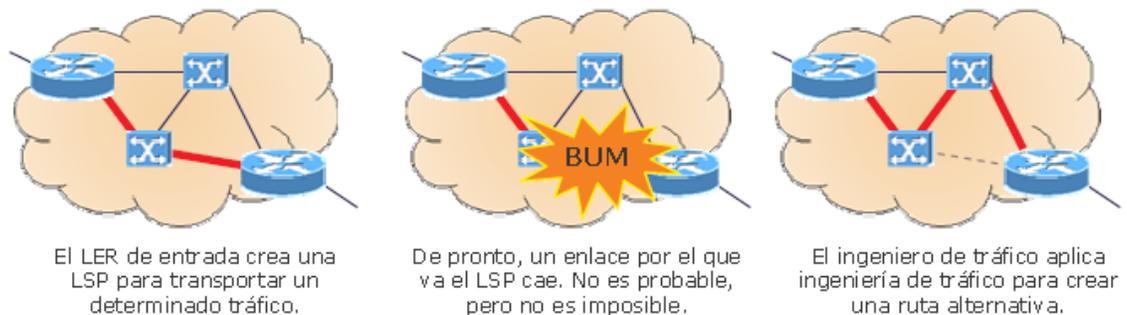


FIGURA No 2.16 Ingeniería en Tráfico para cambios de topología

- Problemas de desequilibrio del tráfico provocan saturación de la red que es evitable.

Los protocolos de enrutamiento que eligen el camino más corto de los posibles pueden provocar que, pese a haber caminos alternativos, sólo usen uno y por tanto se sature. Con ingeniería de tráfico se puede desviar parte de ese tráfico por otro camino posible.

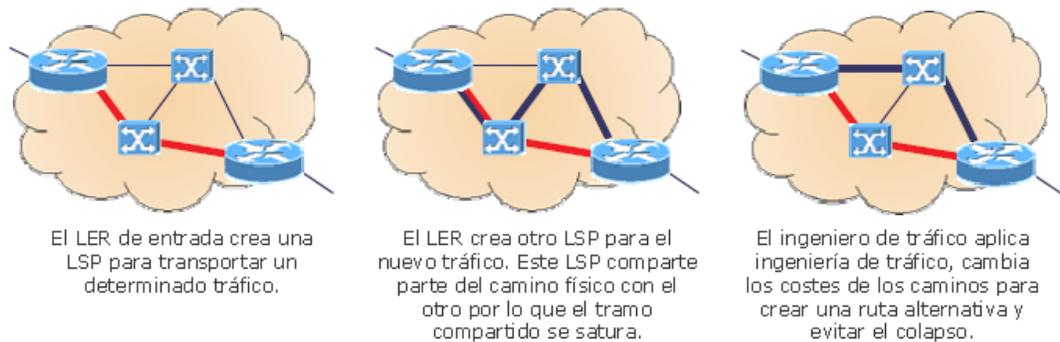


FIGURA No 2.17 Ingeniería en Tráfico para cambios en el transporte de datos

- Con ingeniería de tráfico se puede desviar cierto tráfico, fluya por un LSP concreto porque, por ejemplo, sabe que ese camino está sobre un cableado físico de fibra óptica de altísima calidad.

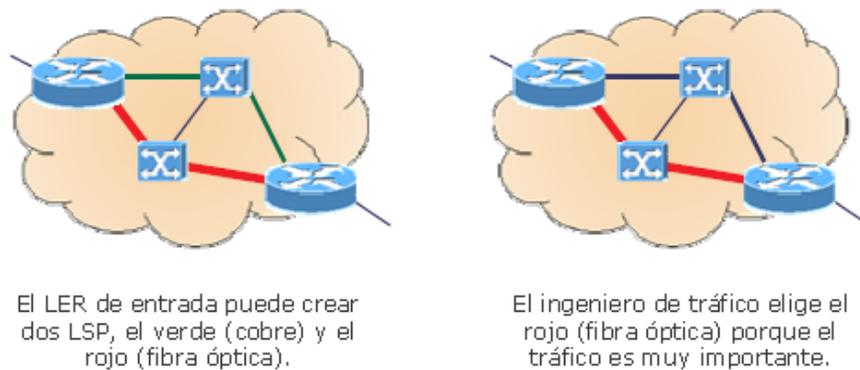


FIGURA No 2.18 Ingeniería en Tráfico para seleccionar LSP

Las posibilidades de la aplicación de la ingeniería de tráfico son tremendas y diferencian, una red moderna y profesional de una red pasiva, un simple cable para

transportar información. MPLS permite al ingeniero de tráfico afinar mucho en cuanto al transporte de la información.

#### **2.3.5.8.4 Clases de servicio (CoS)**

MPLS está diseñado para poder cursar servicios diferenciados, según el Modelo DiffServ del IETF. Este modelo define una variedad de mecanismos para poder clasificar el tráfico en un reducido número de clases de servicio, con diferentes prioridades. Según los requisitos de los usuarios, DiffServ permite diferenciar servicios tradicionales tales como el WWW, el correo electrónico o la transferencia de ficheros (para los que el retardo no es crítico), de otras aplicaciones mucho más dependientes del retardo y de la variación del mismo, como son las de vídeo y voz interactiva.

MPLS se adapta perfectamente a ese modelo, ya que las etiquetas MPLS tienen el campo EXP para poder propagar la clase de servicio CoS en el correspondiente LSP. De este modo, una red MPLS puede transportar distintas clases de tráfico, ya que:

- El tráfico que fluye a través de un determinado LSP se puede asignar a diferentes colas de salida en los diferentes saltos LSR, de acuerdo con la información contenida en los bits del campo EXP
- Entre cada par de LER se pueden provisionar múltiples LSPs, cada uno de ellos con distintas prestaciones y con diferentes garantías de ancho de banda. P. ej., un LSP puede ser para tráfico de máxima prioridad, otro para una prioridad media y un tercero para tráfico best-effort, tres niveles de servicio, primero, preferente y turista, que lógicamente, tendrán distintos precios.

### **2.3.5.8.5 Calidad de Servicio (QoS)**

QoS permite a los administradores de redes el uso eficiente de los recursos de sus redes con la ventaja de garantizar que se asignaran más recursos a aplicaciones que así lo necesiten, sin arriesgar el desempeño de las demás aplicaciones. En otras palabras el uso de QoS le da al administrador un mayor control sobre su red, lo que significa menores costos y mayor satisfacción del cliente o usuario final.

La cuestión de la calidad de servicio de la red, o dicho de otro modo, la capacidad que tiene la red de asumir el tráfico de aplicaciones sensibles a retardos en su circulación, que requieran un determinado ancho de banda y otros factores de flujo, se ha convertido en una prioridad para los responsables de redes WAN.

QoS trabaja a lo largo de la red y se encarga de asignar recursos a las aplicaciones que lo requieran, dichos recursos se refieren principalmente al ancho de banda. Para asignar estos recursos QoS se basa en prioridades, algunas aplicaciones podrán tener más prioridades que otras, sin embargo se garantiza que todas las aplicaciones tendrán los recursos necesarios para completar sus transacciones en un periodo de tiempo aceptable.

En resumen QoS otorga mayor control a los administradores sobre sus redes, mejora la interacción del usuario con el sistema y reduce costos al asignar recursos con mayor eficiencia. Mejora el control sobre la latencia (Latency y jitter) para asegurar la capacidad de transmisión de voz sin interrupciones y por ultimo disminuye el porcentaje de paquetes desechados por los enrutadores: confiabilidad.

### **2.3.5.9 Redes Privadas Virtuales (VPNs)**

Una red privada virtual se construye a base de conexiones realizadas sobre una infraestructura compartida, con funcionalidades de red y de seguridad equivalentes a las que se obtienen con una red privada. El objetivo de las VPNs es el soporte de aplicaciones intra/extranet, integrando aplicaciones multimedia de voz, datos y

vídeo sobre infraestructuras de comunicaciones eficaces y rentables. La seguridad supone aislamiento, y "privada" indica que el usuario "cree" que posee los enlaces.

En el modelo acoplado MPLS, en lugar de conexiones extremo a extremo entre los distintos emplazamientos de una VPN, lo que hay son conexiones IP a una "nube común" en las que solamente pueden entrar los miembros de la misma VPN. Las "nubes" que representan las distintas VPNs se implementan mediante los caminos LSPs creados por el mecanismo de intercambio de etiquetas MPLS.

Los LSPs son similares a los túneles en cuanto a que la red transporta los paquetes del usuario (incluyendo las cabeceras) sin examinar el contenido, a base de encapsularlos sobre otro protocolo. En los túneles se utiliza el enrutamiento convencional IP para transportar la información del usuario, mientras que en MPLS esta información se transporta sobre el mecanismo de intercambio de etiquetas, que no ve para nada el proceso de enrutado IP.

Sin embargo, sí se mantiene en todo momento la visibilidad IP hacia el usuario, que no sabe nada de rutas MPLS sino que ve un internet privado (intranet) entre los miembros de su VPN. De este modo, se pueden aplicar técnicas QoS basadas en el examen de la cabecera IP, que la red MPLS podrá propagar hasta el destino, pudiendo así reservar ancho de banda, priorizar aplicaciones, establecer CoS y optimizar los recursos de la red con técnicas de ingeniería de tráfico.

La diferencia entre los túneles IP convencionales (o los circuitos virtuales) y los "túneles MPLS" (LSPs) está en que éstos se crean dentro de la red, a base de LSPs, y no de extremo a extremo a través de la red.

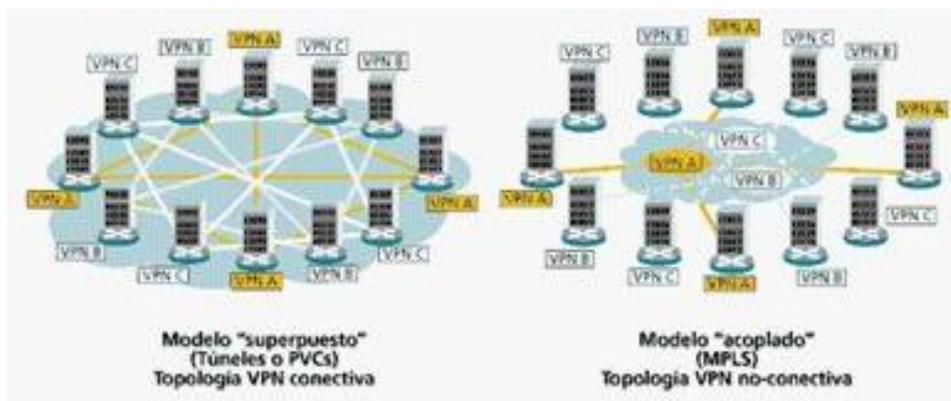


FIGURA No 2.19 Modelos de VPN

### 2.3.6 Medios de Transmisión

El medio de transmisión constituye el canal que permite la transmisión de información entre dos terminales en un sistema de transmisión.

Las transmisiones se realizan habitualmente empleando ondas electromagnéticas que se propagan a través del canal. A veces el canal es un medio físico y otras veces no, ya que las ondas electromagnéticas son susceptibles de ser transmitidas por el vacío. Entre las características más importantes dentro de los medios de transmisión se encuentra la velocidad de transmisión, la distorsión que introduce en el mensaje, y el ancho de banda. Los medios de transmisión se clasifican en medios guiados y medios no guiados.

#### 2.3.6.1 Medios Guiados

Los medios de transmisión guiados están constituidos por un cable que se encarga de la conducción (o guiado) de las señales desde un extremo al otro.

Las principales características de los medios guiados son el tipo de conductor utilizado, la velocidad máxima de transmisión, las distancias máximas que puede ofrecer entre repetidores, la inmunidad frente a interferencias electromagnéticas, la

facilidad de instalación y la capacidad de soportar diferentes tecnologías de nivel de enlace.

La velocidad de transmisión depende directamente de la distancia entre los terminales, y de si el medio se utiliza para realizar un enlace punto a punto o un enlace multipunto. Debido a esto los diferentes medios de transmisión tendrán diferentes velocidades de conexión que se adaptarán a utilizaciones dispares.

#### **2.3.6.1.1 Fibra Óptica**

La fibra óptica es un medio de transmisión empleado habitualmente en redes de datos; un hilo muy fino de material transparente, vidrio o materiales plásticos, por el que se envían pulsos de luz que representan los datos a transmitir. La fuente de luz puede ser láser o un led. Las fibras se utilizan ampliamente en telecomunicaciones, ya que permiten enviar gran cantidad de datos a una gran distancia. Son el medio de transmisión por excelencia al ser inmune a las interferencias electromagnéticas, también se utilizan para redes locales.

Existen dos tipos de fibra óptica: multimodo y monomodo. La fibra óptica multimodo es adecuada para distancias cortas, como por ejemplo redes LAN, mientras que la fibra óptica monomodo está diseñada para sistemas de comunicaciones ópticas de larga distancia.

##### **2.3.6.1.1.1 Fibra Óptica Monomodo**

Como su nombre indica en estas fibra sólo se propaga un modo por lo que se evita la dispersión modal, debida a la diferencia de velocidad de propagación de los modos que se transmiten por la fibra. Esto se debe al pequeño tamaño de su núcleo menos de  $9\mu\text{m}$ . Esto dificulta el acoplamiento de la luz, pero permite alcanzar mayores distancias y tasas de transmisión más elevadas que la fibra óptica multimodo. La Fig.No 2.20 indica las partes constitutivas de una fibra monomodo.

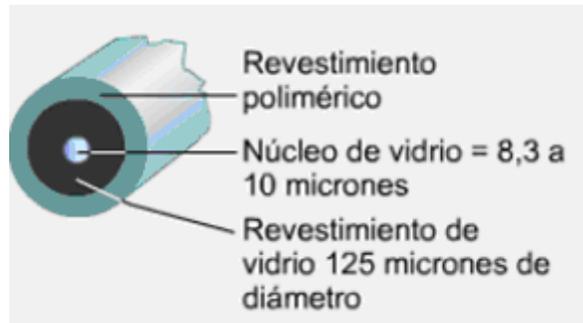


FIGURA No. 2.20 Fibra Monomodo.

La mayor diferencia entre la fibra monomodo y la multimodo es que la monomodo permite que un solo modo de luz se propague a través del núcleo de menor diámetro. El núcleo de una fibra monomodo tiene de ocho a diez micrones de diámetro. Los más comunes son los núcleos de nueve micrones.

Comúnmente en el revestimiento de la fibra monomodo aparecen marcas como por ejemplo: 9/125, la cual indica que el núcleo de la fibra tiene un diámetro de 9 micrones y que el revestimiento que lo envuelve tiene 125 micrones de diámetro. En una fibra monomodo se utiliza un láser infrarrojo como fuente de luz.

El rayo de luz que el láser genera, ingresa al núcleo en un ángulo de 90 grados. Como consecuencia, los rayos de luz que transportan datos en una fibra monomodo son transmitidos en línea recta directamente por el centro del núcleo. Esto aumenta, en gran medida, tanto la velocidad como la distancia a la que se pueden transmitir los datos.

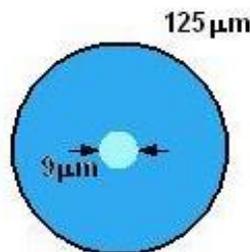


FIGURA No 2.21 Dimensiones de la fibra óptica monomodo de 9  $\mu\text{m}$ .

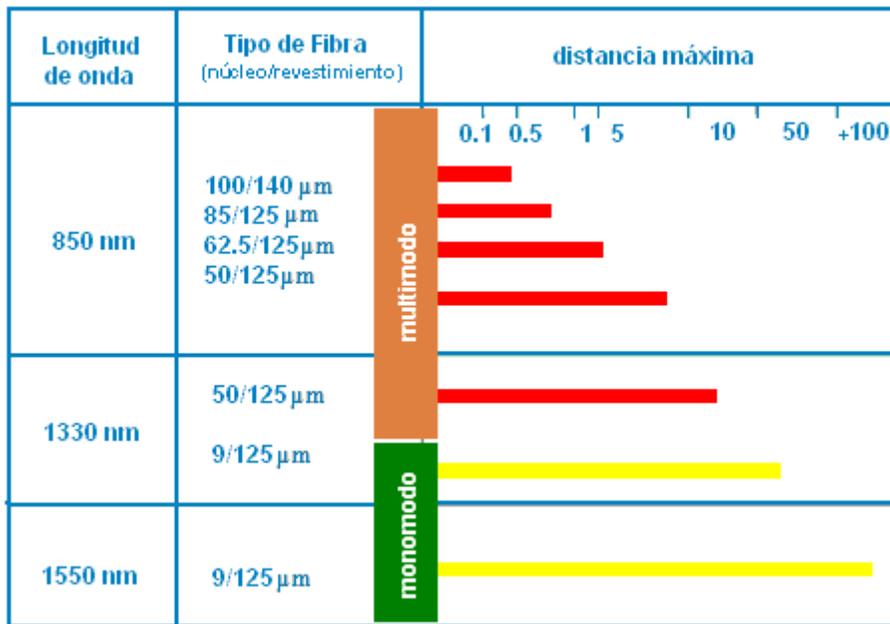


FIGURA No 2.22 Distancias máxima para distintos tipos de fibra óptica

### 2.3.6.1.1.2 Fibra Óptica Multimodo

Su nombre proviene del hecho de que transporta múltiples modos de propagación de luz en forma simultánea. La sección de una fibra óptica por la que viajan los rayos de luz recibe el nombre de núcleo de la fibra. Viajan varios rayos ópticos reflejándose a diferentes ángulos, esto se gráfica con la siguiente Fig. No 2.23

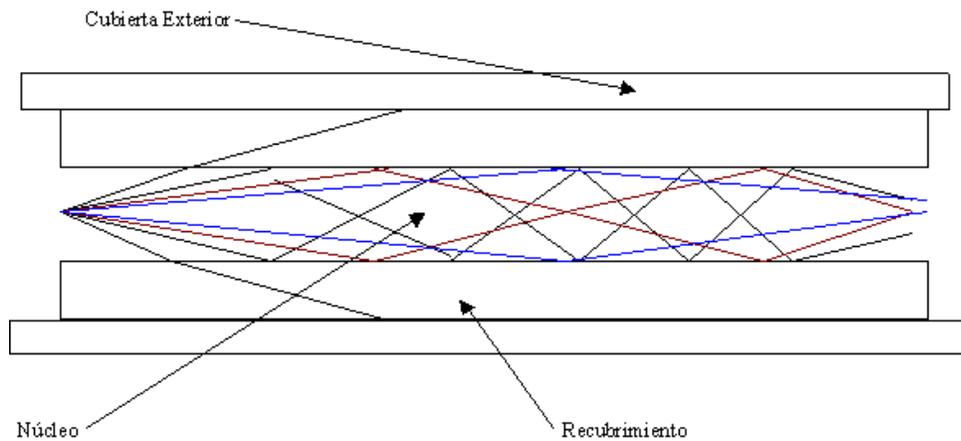


FIGURA No 2.23 Fibra Óptica Multimodo

En las fibras multimodales la distancia a la que se puede transmitir es limitada puesto que los diferentes rayos ópticos recorren diferentes distancias y se desfasan al viajar dentro de la fibra.

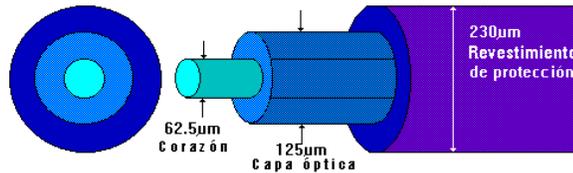


FIGURA No 2.24 Constitución de una fibra óptica multimodo

### 2.3.6.1.1.3 Tendido de Redes de Fibra Óptica

El desarrollo de los distintos tipos de cable de fibra óptica para tendidos de largas distancias generó una revolución en el mundo de las telecomunicaciones y al mismo tiempo la introducción de la fibra óptica. Hay diferentes tendidos de fibra óptica como se describen a continuación.

#### 2.3.6.1.1.3.1 Tendido Submarino

Para la interconexión de los centros más importantes del mundo, se cuenta con una enorme y compleja infraestructura conformada por fibra óptica. Actualmente, existe una gran cantidad de sistemas de cableado submarino de fibra óptica instalados en todos los océanos. En total se estima que la longitud es mayor a los 450 mil kilómetros de acuerdo con una división internacional de cuatro regiones: a) Océano Pacífico-Asia, b) Océano Atlántico, c) Europa - Asia y d) Sudamérica. Todas estas regiones se comunican entre sí.

Estos sistemas submarinos se componen de cables de fibra óptica interconectados, a través de repetidores, que amplifican las señales y permiten alcanzar distancias de hasta nueve mil kilómetros por tramo. Asimismo, resisten las inclemencias de

la temperatura, salinidad y humedad, así como las presiones del agua, ya que se encuentran instalados hasta tres mil metros de profundidad.

Se conectan a sistemas de transmisión y recepción, integrados por moduladores y multiplexores ópticos que constituyen los sistemas de observación y control, los cuales, en conjunto con los amplificadores empalmados al cable cada 30 o 50km garantizan la integridad de las señales que viajan por las fibras ópticas para permitir la telecomunicación. Estos cables necesitan constante mantenimiento y supervisión.

Una de las ventajas importantes de la fibra óptica colocada dentro del mar, con respecto a la comunicación vía satélite, es que es más barata e implica menor riesgo de interrumpir el enlace por razones climáticas como tormentas. Además, el retardo de transmisión es considerablemente menor por lo que es ideal para transmisión de telefonía internacional.

El cable submarino de fibra óptica debe ser resistente y liviano. La estructura de un cable submarino tiene cinco elementos básicos: Fibras Ópticas, un alto número de hilos (hasta 144), agrupadas de a 12. Tubo central de cobre (tubo holgado) por donde pasan las fibras que proporciona una protección contra la penetración de hidrogeno. Soporte a través de alambres Aislamiento con HDPE (High-density polyethylene). Armadura, que le da integridad y fuerza estructural para resistir los esfuerzos y proteger contra los predadores, las rocas, etc.

#### **2.3.6.1.1.3.2 Tendido Aéreo**

Los tendidos aéreos importantes suelen aprovechar las instalaciones existentes de las empresas de transporte de energía eléctrica. En varios casos, estas mismas empresas son las dueñas de la fibra óptica y utilizan este recurso para aumentar sus ingresos. Para los tendidos aéreos se utilizan 2 tipos de cables de fibra óptica:

ADSS (All Dielectric Self-Supporting), diseñados para instalarse en líneas de alta tensión. Este diseño no contiene ningún elemento metálico y su cubierta está protegida contra el efecto tracking por lo que hace a este cable muy adecuado para su instalación en líneas de media y alta tensión. El peso del cable es soportado solo por los elementos de refuerzo incluidos en él. La excelente relación peso resistencia a la tracción de los elementos de refuerzo asegura el bajo peso de los cables ADSS y limita la carga adicional de las torres de alta tensión. Estos cables pueden instalarse en vanos de hasta 600 metros.

Este diseño contiene el mensajero unido al núcleo óptico mediante la cubierta externa. El mensajero actúa como elemento de refuerzo y soporta el peso del cable. Este tipo de cable se usa en instalaciones aéreas con vanos cortos siendo una solución muy económica. En la siguiente Fig. No 2.25 se puede ver un esquema de estos cables.



FIGURA No 2.25 Esquema de un cable ADSS

OPGW (Optical Ground Wire) El núcleo de fibras ópticas se aloja en el interior de un tubo de aluminio extruido que proporciona tanto protección mecánica al núcleo óptico frente a la humedad o penetración de agua. Este tubo de aluminio proporciona a su vez alta conductividad eléctrica necesaria para la disipación de las descargas atmosféricas o cortocircuitos accidentales. El número de fibras ópticas contenidas puede llegar hasta 96. Estos cables tienen que tener una alta resistencia mecánica, ya que tienen que poder ser tensados sobre las torres de transporte eléctrico.

### **2.3.6.1.1.3.3 Tendido Terrestre**

Para hacer un tendido terrestre pueden abrirse zanjas a cielo abierto, o bien utilizar la tecnología trenchless de tunelería guiada.

El sistema clásico de tendido a cielo abierto trae numerosas molestias a los ciudadanos (ruidos molestos, veredas abiertas, suciedad) por lo que se recomienda que no se use en centros urbanos.

El sistema trenchless, por otro lado, es capaz de trazar túneles mediante perforaciones direccionales, evitando tener que abrir las veredas. Esto permite realizar tanto el tendido como el mantenimiento de los tubos, sin tener que abrir todo el suelo.

Utilizando equipos de robótica es posible tender los cables de fibra dentro de las cloacas, a las que no se podría acceder normalmente. Una vez tendidos las cañerías, sería necesario colocar la fibra dentro de ellas. La técnica tradicional solía ser la de tirar la fibra, lo cual implica una alta fricción, especialmente en las curvas, que se reduce con la utilización de un lubricante.

Para evitar los altos niveles de tensión sobre el cable, se puede utilizar la técnica de jetting, en la que se genera una corriente de aire de alta presión que va empujando al cable a medida que se lo va insertando. De esta manera se evitan las fricciones mediante el flujo de aire, y se pueden realizar instalaciones de mayores distancias.

### **2.3.6.1.1.4 Topologías para Redes Ópticas**

Para poder visualizar el sistema de comunicación en una red es conveniente utilizar el concepto de topología, o estructura física de la red. Las topologías

describen la red físicamente. A continuación se presentan algunos tipos de topologías.

#### **2.3.6.1.1.4.1 Estrella Pasiva**

Comercialmente esta es una de las formas más comunes para redes LANs de fibra óptica. Su dispositivo de conexión está fabricado por fibras unidas en un mismo punto, y fibras fusionadas al final con receptores. Cualquier entrada de luz a una de las fibras será difundida dentro de la estrella pasiva a todas las fibras del otro lado y así, el broadcast es aprovechado. Si 2 dispositivos transmiten al mismo tiempo habrá una colisión.

Un acoplador de estrella pasiva puede soportar a unas 10 estaciones en distancia radial de 1 Km o más. La pérdida en las redes limita el número de estaciones y la distancia. Debido a las altas pérdidas, la estrella pasiva está un poco limitada.

#### **2.3.6.1.1.4.2 Estrella Activa**

Una estrella pasiva tiene un acoplador central que es un repetidor activo en vez de un dispositivo pasivo. La estrella activa es la misma estrella pasiva; esta actúa como un bus para repartir los mensajes entrantes a todas las estaciones. Cada dispositivo está conectado a un nodo central a través de dos cables de fibra óptica, uno para transmitir y otro para recibir.

La principal ventaja de esta topología es que puede soportar más dispositivos a grandes distancias, pues en la pasiva se reparte igualmente a todas las fibras salientes y es más grande la pérdida en los caminos asociados a estas. Esa pérdida no ocurre para las activas, aunque estas poseen la desventaja de que son más costosas.

#### **2.3.6.1.1.4.3 Anillo de Fibra Óptica**

Las topologías de estrella están limitadas a las bajas velocidades y a distancias pequeñas; el anillo, en cambio, es usado para obtener tasas de transferencia de datos más altas. La entrada de luz es convertida en una señal eléctrica, que es regenerada si ha sido atenuada, y es retransmitida como luz. Un cable que entra dentro del regenerador de señales es usado con interfaz con la computadora, si cualquier repetidor se cae, la red se caerá. Mientras la señal sea regenerada, esta puede viajar a grandes distancias sin posibilidad de pérdida de información.

#### **2.3.6.1.1.4.4 Bus de Fibra Óptica**

En esta topología se necesita hacer una conexión activa (como repetidor activo) o pasiva. La fibra óptica con conexiones activas puede funcionar a grandes distancias; pero el costo es elevado y también el retardo se incrementa en el caso del anillo. Para las conexiones pasivas, el número de dispositivos y la longitud del medio están limitados a la pérdida natural en la conexión de fibra óptica.

Para un bus de fibra óptica se pueden realizar muchas configuraciones diferentes, claro que todas ellas están agrupadas en solo dos categorías, las que son: bus simple o con 2 buses.

#### **2.3.6.1.1.5 Aplicaciones de la Fibra Óptica**

La fibra óptica se emplea cada vez más en la comunicación, debido a que las ondas de luz tienen una frecuencia alta y la capacidad de una señal para transportar información aumenta con la frecuencia. En las redes de comunicaciones se emplean sistemas de láser con fibra óptica.

Hoy funcionan muchas redes de fibra para comunicación a larga distancia, que proporcionan conexiones transcontinentales y transoceánicas. Una ventaja de los sistemas de fibra óptica es la gran distancia que puede recorrer una señal antes de necesitar un repetidor para recuperar su intensidad.

En la actualidad, los repetidores de fibra óptica están separados entre sí unos 100 Km, frente a aproximadamente 1,5 Km en los sistemas eléctricos. Los amplificadores de fibra óptica recientemente desarrollados pueden aumentar todavía más esta distancia.

Otra aplicación cada vez más común de la fibra óptica son las redes de área local (LAN). Al contrario que las comunicaciones de larga distancia, estos sistemas conectan a una serie de abonados locales con equipos centralizados los que pueden ser computadores o impresoras. Este sistema aumenta el rendimiento de los equipos y permite fácilmente la incorporación a la red de nuevos usuarios.

### **2.3.6.2 Medios no Guiados**

Esta puede tomar varias formas: ondas electromagnéticas (ondas de radio), microondas (terrestres o por satélite), transmisión infrarroja y transmisión laser.

En los medios no guiados no se requiere de cableado y algunos permiten la movilidad sin perder comunicación. Su funcionamiento es básicamente: radiar energía electromagnética por medio de una antena o transmisor y luego se recibe esta energía con otra antena o receptor.

Hay dos configuraciones para la emisión y recepción de esta energía: direccional y omnidireccional. En la direccional: toda la energía se concentra en un haz que es emitido en una cierta dirección, por lo que tanto el emisor como el receptor deben estar alineados. En el método omnidireccional: la energía es dispersada en

múltiples direcciones, por lo que varias antenas pueden captarla. Cuanto mayor es la frecuencia de la señal a transmitir, más factible es la transmisión unidireccional. Por tanto, para enlaces punto a punto se suelen utilizar microondas o laser (altas frecuencias) y para enlaces con varios receptores posibles se utilizan las ondas de radio (bajas frecuencias). La principal desventaja es que esta forma de transmisión es susceptible al medio ambiente.

#### **2.3.6.2.1 Wimax**

Es una tecnología dentro de las conocidas como tecnologías de última milla, también conocidas como bucle local que permite la recepción de datos por microondas y retransmisión por ondas de radio. El protocolo que caracteriza esta tecnología es el IEEE 802.16. Una de sus ventajas es dar servicios de banda ancha en zonas donde el despliegue de cable o fibra por la baja densidad de población presenta unos costos por usuario muy elevados.

#### **2.3.6.2.2 Características Técnicas de Wimax**

Entre las principales características técnicas de Wimax se encuentran:

- Cobertura radial de 50 Km promedio.
- Transmisión efectiva de 124 Mbps.
- Anchos de canal entre 1,5 y 20 MHz
- Utiliza modulación OFDM (Orthogonal Frequency Division), con 2048 señales portadoras, que permiten altas velocidades de transferencia..
- Incorpora soporte para la tecnología *smart antenna*, la cual mejoran la eficiencia espectral y la cobertura.
- Definida para las frecuencias de hasta 11 GHz para conexiones con y sin línea de visión, y entre 10 GHz y 66 GHz para conexiones con línea de visión.

- Incluye mecanismos de modulación adaptativa, mediante los cuales la estación base y el equipo de usuario se conectan utilizando la mejor de las modulaciones posibles, en función de las características del enlace radio.
- Topología punto-multipunto y de malla.
- Bandas licenciadas y de uso libre.
- Aplicaciones para la transmisión de voz, video y datos.
- Excelente desempeño de transmisión, garantizado vía QoS (*quality of service*)

Las redes Wimax son redes que trabajan bajo la tecnología NLOS (es decir, que no necesitan tener una línea de visibilidad entre las antenas), pero en la práctica este sistema solo permite atravesar pequeños obstáculos (una casa pequeña, árboles, pequeños muros), pero no puede atravesar obstáculos mayores, como un edificio o una montaña. Además, cuando no hay una línea de visión directa (LOS) entre ambos, tanto la velocidad como la distancia (rango) se reducen notablemente.

Para una transmisión a distancias mayores (en teoría puede llegar hasta los 50 Km) es necesario que las antenas tengan una línea de visión directa (LOS).

### **2.3.6.2.3 Estándar IEEE 802-16**

El estándar IEEE 802.16 con revisiones específicas trata dos modelos de uso:

- Fijos
- Portátiles

#### **2.3.6.2.3.1 Fijos**

El estándar IEEE(Institute of Electrical and Electronics Engineers) 802.16-2004 está elaborado para los modelos de uso del acceso fijo. También se conoce a este estándar como “inalámbrico de fijos” porque usa una antena instalada donde se en-

cuentra el abonado. La antena se instala en un techo o mástil, similar al plato de la televisión satelital. En Europa trabaja en la banda de 3.5 GHz, con una velocidad máxima de 75 Mbps y un rango de hasta 10 Km. La IEEE 802.16-2004 también trata de instalaciones internas, en cuyo caso pueden no ser tan robustas como las instalaciones externas.

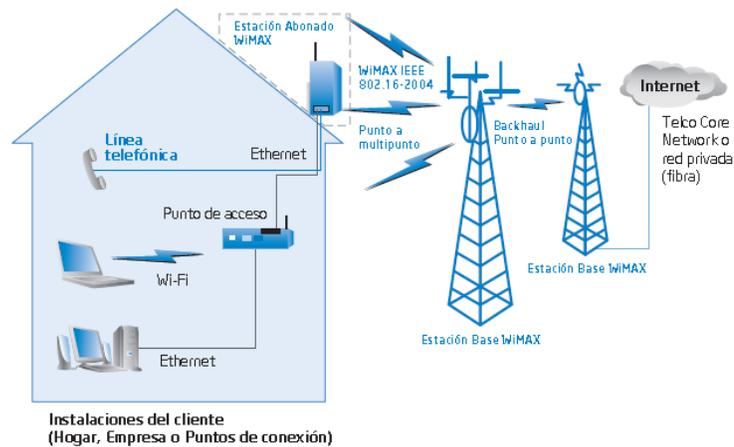


FIGURA No 2.26 Modelos de uso del acceso fijo

### 2.3.6.2.3.2 Portátiles

El estándar 802.16e es una enmienda a la especificación base 802.16-2004 y su objetivo es el mercado móvil al agregar portabilidad y el recurso para clientes móviles con adaptadores IEEE 802.16a para conectar directamente la red Wimax al estándar. Trabaja en la banda de 2 - 3 GHz, con una velocidad máxima de 30 Mbps y un rango de hasta 3.5 Km.

El estándar 802.16e usa un acceso multiplexado por división de frecuencia ortogonal (OFDMA), que se parece a un OFDM pues divide a las portadoras en múltiples sub-portadoras. Sin embargo, el OFMDA va un paso más allá al agrupar a las sub-portadoras en sub-canales. Un cliente o estación de abonado puede transmitir utilizando todos los sub-canales dentro del espacio de la portadora, o

clientes múltiples pueden transmitir cada uno usando una parte del número total de sub-canales simultáneamente.

El estándar IEEE 802.16-2004 mejora la entrega en la última milla en varios aspectos claves:

- Interferencia multi-trayectoria
- Diferencia de demora
- Robustez

Una interferencia multi-trayectoria y una diferencia de demora mejoran el desempeño en situaciones en las que no hay trayectoria directa line-of-sight (sin línea de vista) entre la estación base y la estación del abonado.

El control de acceso a medios (MAC) es optimizado para enlaces de larga distancia porque está proyectado para tolerar demoras y variaciones de demora largas. La especificación 802.16 alberga mensajes para permitir que la estación base consulte a la estación del abonado, aunque exista un tiempo de demora.

Los equipos Wimax que operan en las bandas de frecuencia libres de licencia usarán dúplex por división de tiempo (TDD); los equipos que operan en bandas de frecuencia con licencia usarán TDD o dúplex de división de frecuencia (FDD).

El estándar IEEE 802.16-2004 usa un OFDM para optimización de servicios inalámbricos de datos. El sistema se basa en los estándares 802.16-2004 emergentes que son las únicas plataformas de redes inalámbricas de áreas metropolitanas (WMAN) basadas en un OFDM.

En el caso de 802.16-2004, la señal se divide en 256 portadoras en vez de 64 como en el estándar 802.11.

### **2.3.6.2.3.3 Alcance y Escalabilidad**

El estándar 802.16-2004 depende de un protocolo de acceso de concesión de pedido que, al contrario que en el acceso basado en la contención usado según el 802.11, no permite la colisión de datos y, por lo tanto, usa el ancho de banda disponible de forma más eficiente. Sin colisiones significa que no habrá pérdida de ancho de banda debido a la retransmisión de datos. Toda la comunicación es coordinada por la estación base. Otras características del estándar 802.16-2004 son:

Conectividad de usuario mejorada. El estándar 802.16-2004 mantiene más usuarios conectados en virtud de sus anchos de canal flexibles y modulación adaptable. Como usa canales más estrechos que los canales fijos de 20 MHz usados en el 802.11, el estándar 802.16-2004 puede servir a abonados de datos menores sin desperdicio de ancho de banda. Cuando los abonados encuentran condiciones o poca fuerza de señal, el esquema de modulación adaptable los mantiene conectados cuando de otro modo habrían sido desconectados.

Calidad de servicio superior. Este estándar también les permite a los proveedores asegurar QoS a sus clientes que lo requieran y a niveles de servicio personalizados que satisfagan los diferentes requisitos de sus clientes. Por ejemplo, el estándar 802.16-2004 puede garantizar gran ancho de banda a clientes empresariales o baja latencia para aplicaciones de voz y video al proveer solamente el mejor servicio al menor costo para usuarios hogareños de Internet.

Asistencia completa para servicio WMAN. Desde su comienzo, el estándar 802.16-2004 fue elaborado para la provisión de servicio WMAN. En consecuencia, puede asistir a más usuarios y transmitir datos más rápidamente a mayores distancia que las implementaciones de última milla basadas en el estándar 802.11g.

Funcionamiento robusto de clase de portadora. El estándar fue elaborado para funcionamiento de clase de portadora. A medida que aumentan los usuarios, deben compartir el ancho de banda total y su producción individual disminuye linealmente. No obstante, la disminución es mucho menor que lo experimentado según el 802.11. Este recurso se denomina “acceso múltiple eficiente”. De manera resumida, Wimax resuelve los problemas de “acceso a última milla”.

Las características de la capa física del estándar 802.16 en resumen se presentan:

	802.16	802.16 / HiperLan	802.16d	802.16e
Puesta en conocimiento	2001.12	2003.1 (802.16 <sup>a</sup> )	2004.7	2005
Cobertura	Sobre los 8Km	Sobre los 50Km	Sobre los 40Km	1-5Km
Ambiente	LOS	LOS	NLOS	NLOS
Frecuencia	10-66 GHz Licenciada	2-11GHz (No) Licenciada	2-66GHz (No) Licenciada	2-66GHz (No) Licenciada
Aplicación	Fijo	Fijo	Fijo	Fijo / Portátiles
Ancho de Banda	1.5-20MHz	1.5-20MHz	1.5-20MHz	1.5-5MHz

Tabla No 2.1 IEEE 802.16 series

#### 2.3.6.2.4 Bandas de frecuencia

El uso de esta aplicación depende del espectro de frecuencia a ser usado. Las bandas primarias de nuestro interés son las siguientes:

#### **2.3.6.2.4.1 Bandas licenciadas 10–66 GHz**

Las bandas de 10-66 GHz proveen un ambiente físico donde, debido a la corta longitud de onda, se necesita de línea de vista (LOS) y la interferencia es despreciable. En las bandas 10-66 GHz, el ancho de banda típico de los canales están dentro de los 25MHz a 28MHz. Con tasas de datos que normalmente exceden los 120 Mb/s, ésta condición es recomendada en enlaces punto multi punto PMP.

#### **2.3.6.2.4.2 Bandas bajo los 11 GHz**

Frecuencias bajo los 11 GHz provee un ambiente físico donde, debido a una mayor longitud de onda, la línea de vista LOS no es necesaria y la interferencia puede ser significativa. La habilidad para soportar escenarios con línea de vista cercana o sin línea de vista requiere funcionalidad física adicional, así como el soporte de avanzadas técnicas de control de energía, atenuación por interferencia y arreglo de antenas múltiples (repetidoras).

#### **2.3.6.2.4.3 Bandas sin Licencia.**

En la mayoría de los mercados, el espectro que no requiere licencia y que podría emplearse para Wimax es 2.4GHz y 5.8GHz. Debido a que el espectro no requiere licencia, la barrera para ingresar es baja, por lo que hace más fácil que un posible operador comience a ofrecer servicios empleando el espectro. En algunos casos, esto puede ser ventajoso por razones obvias, pero también se pueden dar interferencias, debido a que el espectro que no requiere licencia puede ser utilizado por varios sistemas diferentes, puede haber altas probabilidades de que ocurran interferencias.

Wimax soporta la DFS (Dynamic Frequency Selection) que permite que se utilice un nuevo canal si fuera necesario por ejemplo, cuando se detectan interferencias.

Una desventaja es la potencia limitada ya que los entes reguladores de los gobiernos por lo general limitan la cantidad de potencia que puede transmitirse. Esta limitación es especialmente importante en  $5.8GHz$ , donde la mayor potencia podría compensar la pérdida de propagación relacionada con el espectro en frecuencias más altas.

#### **2.3.6.2.5 Antenas**

Cada uno de los dispositivos inalámbricos poseen un elemento radiante básico que le permite comunicarse con otros dispositivos cercanos o lejanos, es posible que las distancias entre la base y los usuarios sea tal que se deba utilizar antenas con características especiales. Normalmente el tipo de antena a utilizar se elige según la topología de los puntos a unir.

#### **2.3.6.2.6 Aplicaciones**

Una conexión Wimax soporta servicios de transmisión de paquetes como IP y VoIP (VoIP, Voz Sobre IP), también servicios conmutados (TDM Multiplexación por división de tiempo) y E1/T1.

Wimax facilita varios niveles de servicio para proveer diferentes velocidades de datos mismas que dependen del contrato con el suscriptor. En la misma conexión física, un radio Wimax es capaz de entregar varios canales de servicio, lo que permite la conexión de múltiples suscriptores al mismo radio y cada uno con una conexión privada con el protocolo y nivel de servicio que este requiera. Esta solución garantiza tener múltiples suscriptores que se encuentran en un mismo edificio.

Wimax fue diseñado para que un portador lo use en la última milla para proveer servicios a suscriptores con requerimientos distintos, y tarifas distintas.

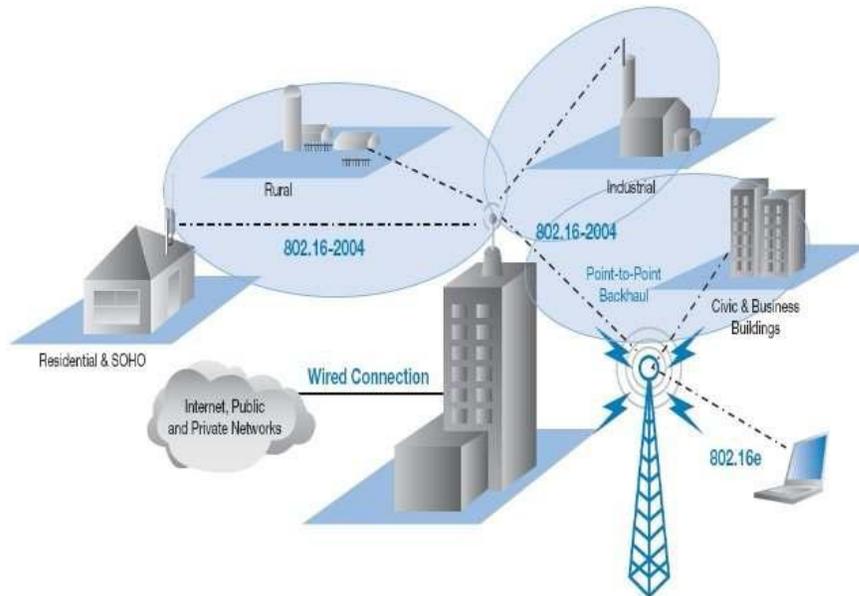


FIGURA No 2.27 Aplicaciones de Wimax

## 2.4 Hipótesis

¿El diseño del portador de servicios utilizando tecnología MPLS permitirá la optimización de las comunicaciones entre usuarios de la empresa Sisteldata en los cantones de la Provincia de Tungurahua?

## 2.5 Determinación de Variables

### 2.5.1 Variable independiente

Portador de servicios utilizando MPLS

### 2.5.2 Variable dependiente

Optimización de las comunicaciones.

## **CAPITULO III METODOLOGÍA**

### **3.1. Enfoque**

La presente investigación fue enmarcada dentro de un paradigma crítico propositivo, con un enfoque cuali-cuantitativo ya que se trabajó con datos detallados del personal, así también se tomó en cuenta la información proporcionada por la empresa Sisteldata, analizando todos los factores posibles, considerando una realidad en constante transformación; pero al mismo tiempo se dio énfasis a los resultados.

### **3.2. Modalidad básica de la investigación**

La presente investigación se contextualizó en las modalidades de campo y bibliográfica, debido a que los hechos fueron estudiados en primera instancia en base al material bibliográfico como: libros, páginas Web, revistas, entre otras, se pudo llegar a detectar, ampliar y profundizar diversos enfoques relevantes, a través de la recopilación de diversos autores con un previo análisis crítico, encontrando información más viable que facilitó la comprensión del tema.

Además se realizó el trabajo de campo en las instalaciones de la Empresa Sisteldata S.A. de donde se obtuvieron datos acerca de las posibles ubicaciones de los nodos, bases, ruta de fibra óptica y elementos de juicio para la configuración de la propuesta.

### **3.3. Nivel de Investigación.**

El nivel de investigación para el proyecto abarco los niveles: Exploratorio el cual permitió conocer las características del problema, el nivel descriptivo en el que se reconoce las variables que comprende el problema investigado, el nivel explicativo que ayudo a determinar el grado de relación que existe entre las variables, las causas y consecuencias del problema y se llego a la comprensión de la hipótesis, mediante el análisis, síntesis y manejo de la información.

### **3.4. Población y Muestra**

#### **3.4.1 Población**

El presente trabajo de investigación se realizo en la empresa Sisteldata S.A. y la población con la que se trabajo estuvo conformada por el Gerente general, el gerente técnico, y cinco trabajadores de planta.

#### **3.4.2 Muestra**

Por ser una población pequeña todos sus integrantes pasaron a formar parte de la muestra.

### **3.5 Plan de Recolección de la Información**

Para la recolección de información del diseño se realizó una verificación física de los nodos, bases, la trayectoria de la fibra óptica se realizo gracias a los planos proporcionados por la empresa eléctrica Ambato para verificar donde se encuentran ubicados cada poste, además se consultó Gerente General, el Gerente Técnico y los Técnicos, de las necesidades que tiene la empresa para optimizar las

comunicaciones, para lo cual se realizaron entrevistas personales y encuestas, cuyos resultados se presentan en el siguiente capítulo.

### **3.6 Plan de Procesamiento de la Información**

Una vez aplicados los procedimientos, análisis de la información a través de la entrevista con el personal de la empresa y la encuesta se procedió a indagar las causas que provocan determinado problema. Se realizó el análisis integral en base a juicios críticos desprendidos del marco teórico, objetivos y variables de la investigación y juicios técnicos obtenidos de los datos tomados en el proceso investigativo.

A continuación se realizó las conclusiones y recomendaciones que organizadas lógicamente permiten dar solución al problema planteado.

Finalmente como parte fundamental de la investigación crítica y propositiva se estructura la propuesta pertinente al tema de investigación enfocada al diseño de un portador de servicios utilizando tecnología MPLS para optimizar las comunicaciones en la empresa Sisteldata S.A.

## **CAPITULO IV**

### **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

#### **4.1 Situación Actual de la Empresa Sisteldata**

La empresa SISTELDATA S.A. fue creada en enero del 2003 y forma parte de las principales empresas de telecomunicaciones a nivel de Ambato que ha dedicado sus esfuerzos al suministro de sistemas de telecomunicaciones con la más avanzada tecnología de transmisión de datos, conmutación de datos, radiocomunicaciones, comunicación satelital e integración de sistemas a un mercado de clientes en constante crecimiento, los cuales requieren del uso de una infraestructura sólida de telecomunicaciones que les permita avanzar hacia nuevos horizontes de manera segura y coordinada.

El equipo de trabajo está integrado por diecisiete trabajadores de planta que hasta la fecha han prestado sus servicios al sector empresarial en temas relacionados con las telecomunicaciones, cableado estructural, venta de equipos de telecomunicaciones, etc.

El sector de Tungurahua tenía una gran deficiencia ya que años atrás aun se utilizaban enlaces dedicados utilizando líneas telefónicas mediante módems lo que hacía que la comunicación fuera muy lenta y enlaces dedicados con Frame Relay, esta última tecnología era muy costosa.

Las empresas Ambateñas tenían miedo de contratar personal Ambateño, simplemente porque esta no estaba calificada para hacer este tipo de servicios, con esos antecedentes Sisteldata incorporo equipos con nueva tecnología y les mostro a las empresas las bondades de las nuevas tecnologías, con lo que les resultaba muy rentable, ya que el hecho de comprar o arrendar los enlaces eran sumamente rápidos con relación a las tecnologías anteriormente mencionadas.

Sisteldata es una empresa que está muy bien posesionada en el centro del país, y está compitiendo con empresas nacionales, gracias a la capacidad de sus técnicos y el tiempo de demora en dar una solución; anteriormente los técnicos eran de Quito y Guayaquil y esto provocaba que para dar una solución tardaran alrededor de 48 horas.

La fortaleza de Sisteldata es la transmisión de datos, realizar enlaces dedicados a las diferentes empresas, se trabaja bajo la modalidad de venta con un tiempo de soporte de un año de forma gratuita, recibiendo un beneficio el cliente porque la inversión que realizan recuperan entre seis meses y un año.

Además la empresa realiza Networking, lo que incluye cableado estructurado, trabajos de fibra óptica, equipamiento y la parte de telefonía IP, VoIP incorporando las centrales telefónicas anteriores con las nuevas tecnologías.

Hay muchas empresas de Telecomunicaciones que trabajan bajo la modalidad de renta o alquiler de enlaces dedicados los cuales tienen un ancho de banda limitado, el cliente paga por este servicio, mientras al tener una red privada la empresa le vende el ancho de banda que se especifica en las características técnicas de los equipos, algunos sobrepasan los 300 Mbps por lo que son sumamente altos y por ende muy costosos para el usuario, al ponerlos en comparación con los anchos de banda que se alquilan, resulta sumamente económicos, ya que el usuario compraría o arrendaría tan solo los equipos de ultima milla.

La nueva tecnología que se comenzó a emplear por parte de Sisteldata eran enlaces inalámbricos en Spread Spectrum que soportaban como máximo 11 Mbps de velocidad nominal comparado con los 256 Kbps que tenían como máximo ancho de banda los módems, los precios de un enlace costaba alrededor de 3000 dólares comparados con los 500 dólares que pagaban mensualmente por uso de teléfono, pese a ello los clientes aun tenían miedo de adquirir esta tecnología sabiendo que en un lapso corto de tiempo recuperarían la inversión.

En cuanto a las frecuencias una de las ventajas de trabajar en enlaces de modulación digital de banda ancha, es que se puede trabajar con frecuencias libres, es decir frecuencias que anteriormente eran utilizadas normalmente en medicina o simplemente en los teléfonos inalámbricos, frecuencias que están en la banda de los 2.4 GHz y 5.8 GHz.

La tecnología digital de banda ancha dependiendo de los fabricantes, lo que hace es discriminar el resto de frecuencias, ya que al ser frecuencias libres todo el mundo puede utilizar, dependiendo de las características de los equipos, lo que hace la empresa es ocupar esas mismas frecuencias, sumar al uso de las frecuencias libres; con el propósito que los enlaces no sean muy costosos para el cliente.

En el país se paga una mínima cantidad por arrendar una frecuencia, pero en los tramites llevan mucho tiempo, lo que en el mejor de los casos los permisos se obtienen en un lapso mas allá de un año, los clientes que han obtenido los permisos tuvieron que esperar alrededor de tres años.

El mismo tipo de tecnología se utiliza también para frecuencias licenciadas, equipos que utilizan frecuencias sobre los 9 GHz o menos de 2.4 GHz, la inversión en equipos sigue siendo económica y al adquirir una frecuencia licenciada, esta sería de uso exclusivo de la empresa lo que haría que suban los costos del proyecto.

Sisteldata en la región central del país no ha instalado un enlace con frecuencias licenciadas porque no se ha visto la necesidad de tal caso, y cuando surge alguna interferencia se sugieren al cliente que cambie la frecuencia de 2.4 GHz a 5.8GHz y viceversa ya que alguna de esas frecuencias en ese sector puede estar saturado.

Las clientes no pensaban que la tecnología era un rubro importante dentro de sus empresas, ya que ellos preferían utilizar los enlaces y equipos más baratos, sacrificando velocidad, ancho de banda y seguridad sin mirar las posibles consecuencias que estas pueden tener más adelante, ya que las aplicaciones que salen al mercado se van innovando constantemente, lo que hace que tanto la velocidad, ancho de banda y seguridad utilicen más recursos.

Sin la transmisión de datos en tiempo real las empresas no tendrían los datos reales en otras agencias y la facilidad de abrir las otras, por lo que es muy importante tener un sistema de comunicación que garantice que los datos puedan ser transferidos.

El soporte que ofrecen las empresas de Telecomunicaciones que están establecidas a nivel nacional tienen una deficiencia, ya que al no estar ubicadas en la provincia se demoran mucho tiempo en dar soporte técnico a sus clientes, por lo que Sisteldata mira la posibilidad de hacer un portador de servicios y poder explotar este tipo de servicios que ha sido un poco despreocupado en la región central del país.

El crecimiento operativo de esta empresa obliga a que su sistema de Telecomunicaciones se optimice y se diseñe una red, que cubra las necesidades de comunicación de sus clientes, además que se pueda arrendar los enlaces y así poder abaratar los costos de un proyecto.

## 4.2 Análisis de Resultados

La información se pudo obtener a través de preguntas en forma de encuestas dirigidas al Gerente General, Gerente Técnico y 5 Técnicos para conocer su opinión sobre el tema.

Para lo cual fue necesario la utilización de dos encuestas:

- La primera encuesta está formada por ocho preguntas cerradas dirigidas al Gerente general y Gerente técnico. (2 personas)
- La segunda encuesta está formada por cinco preguntas cerradas dirigidas a los técnicos de la empresa. (5 personas)

Posteriormente a la recolección de información se procedió a analizar y organizar los datos, para matemáticamente cuantificarlos y así obtener conclusiones y recomendaciones las cuales servirán para la formulación de la propuesta.

### **a) Encuesta: 01**

#### **1) ¿Cuál es la situación actual del funcionamiento de las comunicaciones en la empresa?**

- |              |     |
|--------------|-----|
| 1. Excelente | ( ) |
| 2. Buena     | (2) |
| 3. Regular   | ( ) |
| 4. Mala      | ( ) |

#### **2) ¿Cómo considera usted a la velocidad actual de los enlaces de datos?**

- |              |     |
|--------------|-----|
| 1. Rápida    | (2) |
| 2. Lenta     | ( ) |
| 3. Muy lenta | ( ) |

#### **3) ¿Se tiene arrendada alguna frecuencia?**

- |                          |     |
|--------------------------|-----|
| 1. Si se tiene arrendada | ( ) |
| 2. No se tiene arrendada | (2) |

**4) ¿En los enlaces actuales que ancho de banda soportan los enlaces?**

- 1. De 300kbps a 600kbps ( )
- 2. De 600kbps a 1200kbps ( )
- 3. De 1200kbps a 2400kbps ( )
- 4. Mayor a 2400kbps (2)

**5) ¿Conoce algo sobre la tecnología MPLS?**

- 1. Si ( )
- 2. No (2)

**6) ¿Qué medio de transmisión considera usted que es el más apropiado para el portador en la provincia?**

- 1. Fibra óptica (1)
- 2. Wimax (1)
- 3. Cobre ( )

**7) ¿Ha sufrido los enlaces algún tipo de vulnerabilidades?**

- 1. Nunca (2)
- 2. Rara vez ( )
- 3. Frecuentemente ( )

**8) ¿Los enlaces que actualmente se encuentran funcionando tienen calidad de servicio?**

- 1. Si tienen calidad de servicio (2)
- 2. No tienen calidad de servicio ( )

**b) Encuesta 02:**

**1. ¿La estructura física para la transmisión de datos es para usted?**

- 1. Excelente (1)
- 2. Buena (4)
- 3. Regular ( )
- 4. Mala ( )

**2. ¿El diseño de una nueva infraestructura para la transmisión de datos voz y video, considera usted que es?**

- 1. Necesaria (5)
- 2. Innecesaria ( )

**3. ¿De los siguientes ítems cual considera usted que es el más importante en la red de datos de esta empresa?**

- 1. Velocidad (1)
- 2. Seguridad ( )
- 3. Ancho de banda (1)
- 4. Los tres ítems anteriores (3)

**4. ¿Cuáles han sido los problemas más frecuentes por los que se han caído los enlaces?**

- 1. Infraestructura (1)
- 2. Lugar ( )
- 3. Clima (4)

**5. ¿Con que frecuencia se han caído los enlaces que actualmente se encuentran en funcionamiento?**

- 1. Nunca (1)
- 2. Rara vez (4)
- 3. Frecuentemente ( )

#### 4.3 Interpretación de los resultados

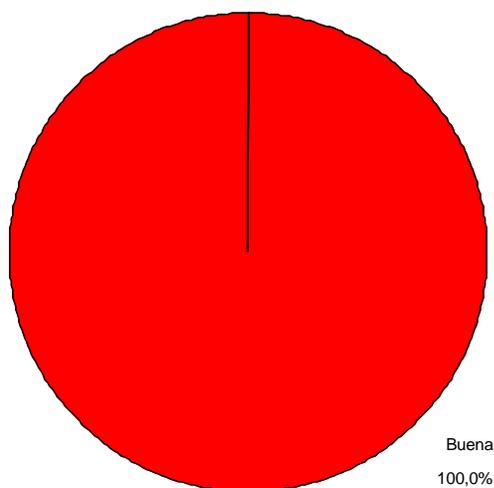
##### Tabulación y análisis de las encuestas (gerentes)

**1.- ¿Cual es la situación actual del funcionamiento de las comunicaciones en la empresa?**

**Tabla 1 - Frecuencias y porcentajes de la pregunta 1**

Respuestas	Frecuencias	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Buena	2	100,0	100,0
<b>TOTAL</b>	<b>2</b>	<b>100.0</b>	

**Fuente:** Datos Obtenidos de la Encuesta.



**Grafico 1.** Respuestas de Funcionamiento de las Comunicaciones

**Fuente:** Encuesta aplicada, 2010. Ambato.

**Elaborado por:** Víctor Proaño.

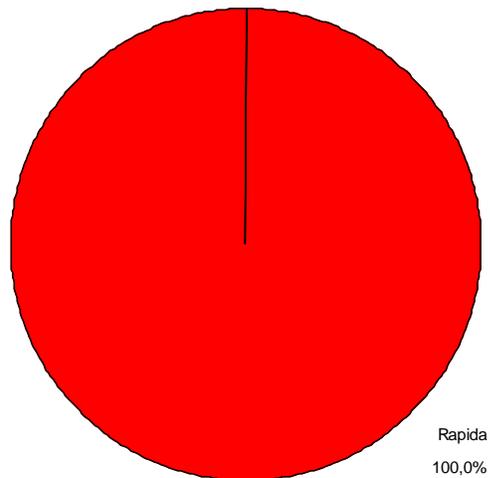
De las encuestas realizadas todos estuvieron de acuerdo y el 100% de los encuestados dijo que en la situación actual del funcionamiento de las comunicaciones en la empresa es buena puesto que no se han registrado fallas por parte de la empresa.

**2.- ¿Como considera usted a la velocidad actual de los enlaces de datos?**

**Tabla 2 -** Frecuencias y porcentajes de la pregunta 2

<b>Respuestas</b>	<b>Frecuencias</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Porcentaje acumulado</b>
Rápida	2	100,0	100,0
<b>TOTAL</b>	<b>2</b>	<b>100.0</b>	

**Fuente:** Datos Obtenidos de la Encuesta.



**Grafico 2.** Respuestas de Velocidad actual de los Enlaces de Datos

**Fuente:** Encuesta aplicada, 2010. Ambato.

**Elaborado por:** Víctor Proaño.

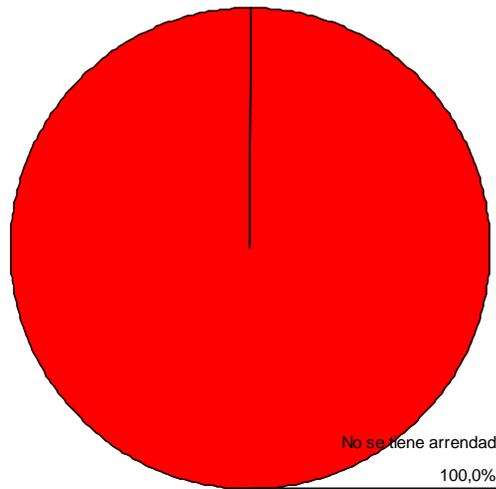
Mediante el gráfico se puede observar que de las encuestas realizadas todos estuvieron de acuerdo es decir el 100% de los encuestados dijo que la Velocidad actual de los Enlaces de Datos es rápida.

### 3- ¿Se tiene arrendada alguna frecuencia?

**Tabla 3-** Frecuencias y porcentajes de la pregunta 3

Respuestas	Frecuencias	Porcentaje	Porcentaje acumulado
No se tiene arrendada	2	100,0	100,0
<b>TOTAL</b>	<b>2</b>	<b>100.0</b>	

**Fuente:** Datos Obtenidos de la Encuesta.



**Grafico 3.** Respuestas de frecuencia arrendada

**Fuente:** Encuesta aplicada, 2010. Ambato.

**Elaborado por:** Víctor Proaño.

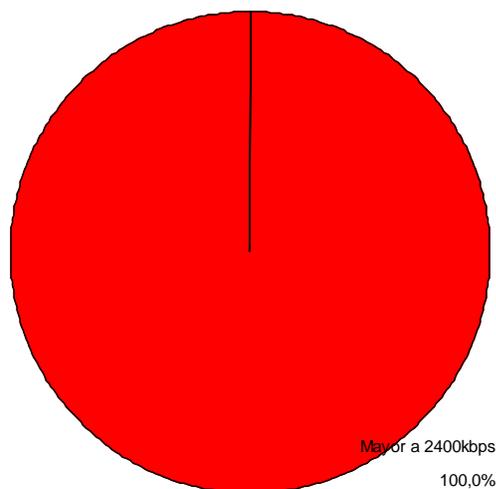
Mediante el gráfico se puede observar que de las encuestas realizadas todos estuvieron de acuerdo es decir el 100% de los encuestados, con lo cual se puede decir que no la empresa actualmente no posee ninguna frecuencia.

**4.- ¿En los enlaces actuales que ancho de banda soporta?**

**Tabla 4 -** Frecuencias y porcentajes de la pregunta 4

<b>Respuestas</b>	<b>Frecuencias</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Porcentaje acumulado</b>
Mayor a 2400kbps	2	100,0	100,0
<b>TOTAL</b>	<b>2</b>	<b>100.0</b>	

**Fuente:** Datos Obtenidos de la Encuesta.



**Grafico 4.** Respuestas de Ancho de banda que soportan los enlaces

**Fuente:** Encuesta aplicada, 2010. Ambato.

**Elaborado por:** Víctor Proaño.

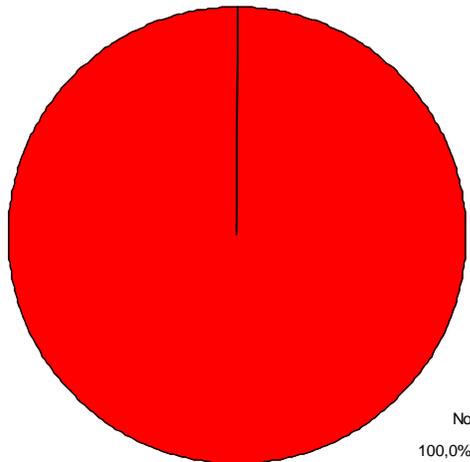
A través de la tabulación de las encuestas se pudo observar que el 100% de los encuestados dijo que el ancho de la banda soporta Mayor de 2400kbps, esto se debe a que la tecnología que se emplea soporta un ancho de banda de hasta 11 Mbps

**5- ¿Conoce algo de la tecnología MPLS?**

**Tabla 5-** Frecuencias y porcentajes de la pregunta 5

Respuestas	Frecuencias	Porcentaje	Porcentaje acumulado
No	2	100,0	100,0
<b>TOTAL</b>	<b>2</b>	<b>100.0</b>	

**Fuente:** Datos Obtenidos de la Encuesta.



**Grafico 5.** Respuestas de Tecnología MPLS

**Fuente:** Encuesta aplicada, 2010. Ambato.

**Elaborado por:** Víctor Proaño.

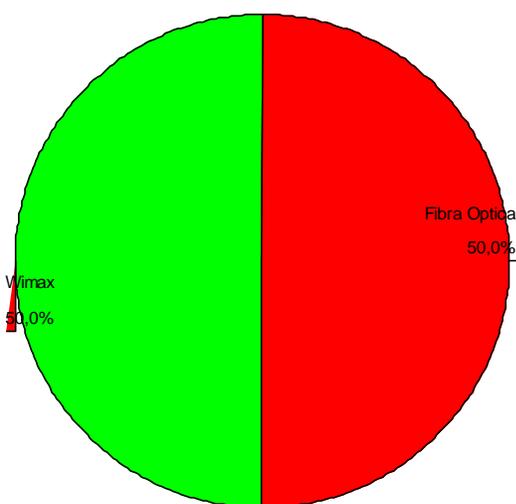
Mediante el gráfico se puede observar que de las encuestas realizadas todos estuvieron de acuerdo es decir el 100% de los encuestados dijo que no conoce nada acerca de la tecnología MPLS con lo que habría que capacitar al personal.

**6- ¿Que medio de transmisión considera usted que es el más apropiado para el portador en la provincia?**

**Tabla 6-** Frecuencias y porcentajes de la pregunta 6

Respuestas	Frecuencias	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Fibra Óptica	1	50,0	50,0
Wimax	1	50,0	100,0
<b>TOTAL</b>	<b>2</b>	<b>100,0</b>	

**Fuente:** Datos Obtenidos de la Encuesta.



**Grafico 6.** Respuestas de medida de transmisión más apropiada

**Fuente:** Encuesta aplicada, 2010. Ambato.

**Elaborado por:** Víctor Proaño.

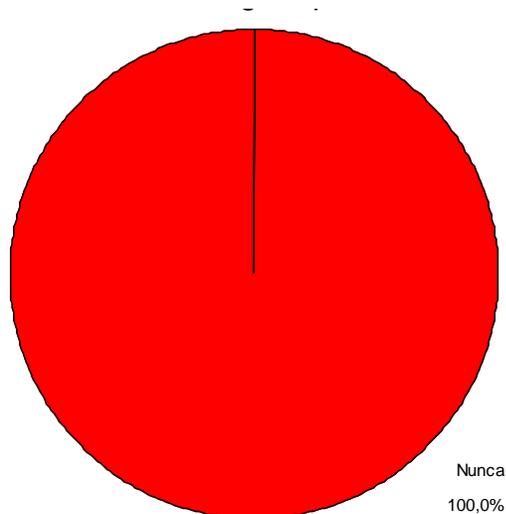
Mediante el gráfico se puede observar que de las encuestas realizadas el 50% dicen que el medio de transmisión más apropiado para el portador de la provincia son tanto la fibra óptica como Wimax debido a que son medios de transmisión de grandes volúmenes de información, flexibilidad, velocidad y seguridad.

**7.- ¿Han sufrido los enlaces algún tipo de vulnerabilidades?**

**Tabla 7 -** Frecuencias y porcentajes de la pregunta 7

Respuestas	Frecuencias	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Nunca	2	100,0	100,0
<b>TOTAL</b>	<b>2</b>	<b>100.0</b>	

**Fuente:** Datos Obtenidos de la Encuesta.



**Grafico 7.** Respuestas de los enlaces si han sufrido algún tipo de vulnerabilidades

**Fuente:** Encuesta aplicada, 2010. Ambato.

**Elaborado por:** Víctor Proaño.

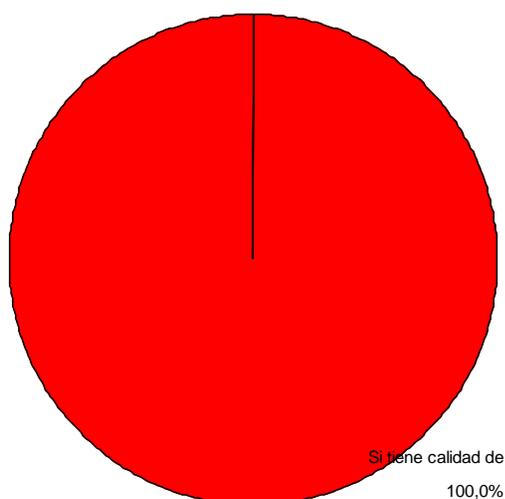
A través de la tabulación de las encuestas se pudo observar que el 100% de los encuestados dijo que los enlaces no han sufrido nunca ningún tipo de vulnerabilidades.

**8.- ¿Los enlaces que actualmente se encuentran funcionando tienen calidad?**

**Tabla 8 -** Frecuencias y porcentajes de la pregunta 8

Respuestas	Frecuencias	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Si tiene calidad de servicio	2	100,0	100,0
<b>TOTAL</b>	<b>2</b>	<b>100.0</b>	

**Fuente:** Datos Obtenidos de la Encuesta.



**Grafico 8.** Respuestas de Calidad de Servicio

**Fuente:** Encuesta aplicada, 2010. Ambato.

**Elaborado por:** Víctor Proaño.

El 100% de los encuestados dijo que si tiene Calidad de servicio esto se debe a que los equipos que se utiliza poseen esta característica.

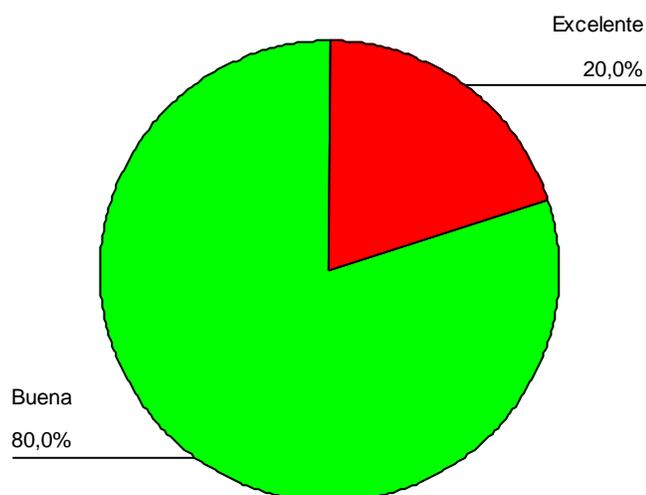
**Tabulación y análisis de las encuestas (empleados)**

**1.- ¿La estructura física para la transmisión de datos es para usted?**

**Tabla 1 -** Frecuencias y porcentajes de la pregunta 1

<b>Respuestas</b>	<b>Frecuencias</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Porcentaje acumulado</b>
Excelente	1	20,0	20,0
Buena	4	80,0	100,0
<b>TOTAL</b>	<b>5</b>	<b>100.0</b>	

**Fuente:** Datos Obtenidos de la Encuesta.



**Grafico 1.** Respuestas de estructura física para la transmisión de datos.

**Fuente:** Encuesta aplicada, 2010. Ambato.

**Elaborado por:** Víctor Proaño.

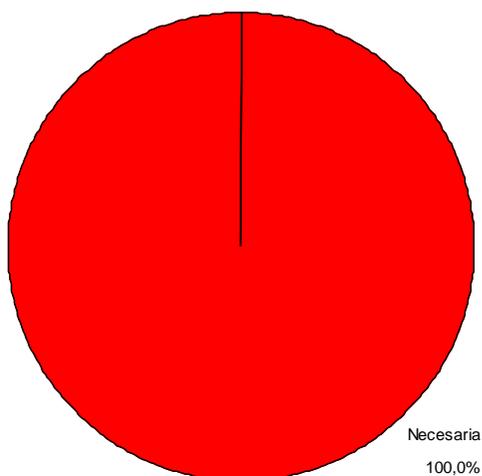
Se puede observar un 80% considera que la estructura física para la transmisión de datos es buena y un 20,0% la considera que es excelente con lo cual se puede decir que debería existir una mejor estructura física para la transmisión de datos.

**2.- ¿El diseño de una nueva infraestructura para la transmisión de datos, voz y video, considera usted que es?**

**Tabla 2 -** Frecuencias y porcentajes de la pregunta 2

<b>Respuestas</b>	<b>Frecuencias</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Porcentaje acumulado</b>
Necesaria	5	100,0	100,0
Innecesaria	0	0,0	100,0
<b>TOTAL</b>	<b>5</b>	<b>100.0</b>	

**Fuente:** Datos Obtenidos de la Encuesta.



**Grafico 2.** Respuestas de Nueva Infraestructura.

**Fuente:** Encuesta aplicada, 2010. Ambato.

**Elaborado por:** Víctor Proaño.

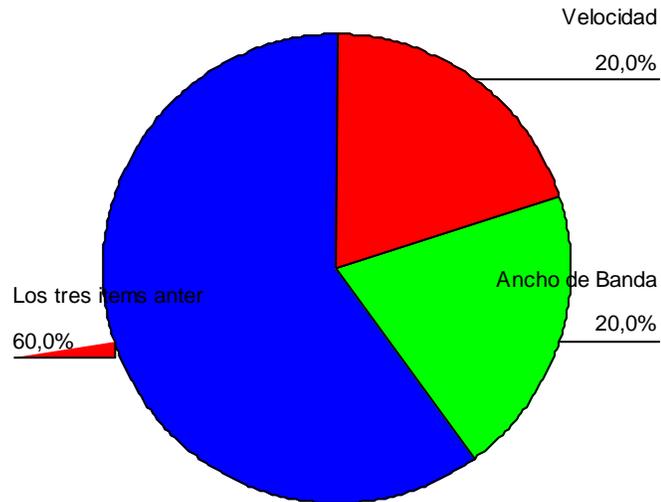
De las encuestas realizadas el 100% de los encuestados se manifiesta que es necesaria una nueva infraestructura para la transmisión de datos, voz y video.

**3- ¿De los siguientes ítems cual considera usted que es el más importante en la red de datos de esta empresa?**

**Tabla 3-** Frecuencias y porcentajes de la pregunta 3

<b>Respuestas</b>	<b>Frecuencias</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Porcentaje acumulado</b>
Velocidad	1	20.0	20.0
Ancho de Banda	1	20.0	40.0
Los tres ítems anteriores	3	60.0	100.0
<b>TOTAL</b>	<b>5</b>	<b>100.0</b>	

**Fuente:** Datos Obtenidos de la Encuesta.



**Grafico 3.** Respuestas de ítems importantes.

**Fuente:** Encuesta aplicada, 2010. Ambato.

**Elaborado por:** Víctor Proaño.

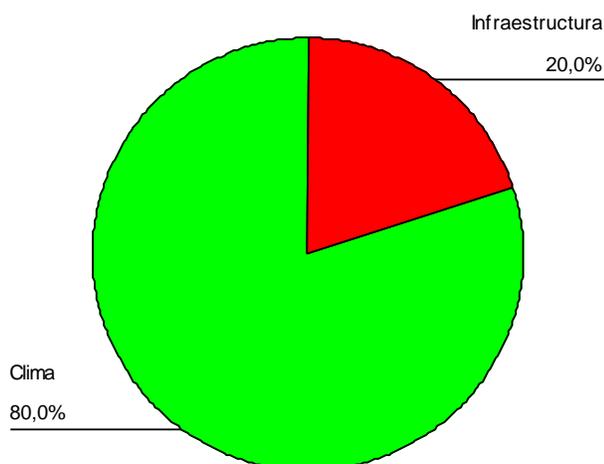
A través de la tabulación de las encuestas se pudo observar que los ítems más importantes en la red de datos de esta empresa son la velocidad, seguridad y ancho de banda, mientras que un 20.0% dicen que se debe más a la velocidad y ancho de banda por lo que es necesario dar más énfasis a la seguridad.

**4- ¿Cuales han sido los problemas más frecuentes por los que se han caído los enlaces?**

**Tabla 4-** Frecuencias y porcentajes de la pregunta 4

Respuestas	Frecuencias	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Infraestructura	1	20,0	20,0
Clima	4	80,0	100.0
<b>TOTAL</b>	<b>5</b>	<b>100.0</b>	

**Fuente:** Datos Obtenidos de la Encuesta.



**Grafico 4.** Respuestas de problemas más frecuentes

**Fuente:** Encuesta aplicada, 2010. Ambato.

**Elaborado por:** Víctor Proaño.

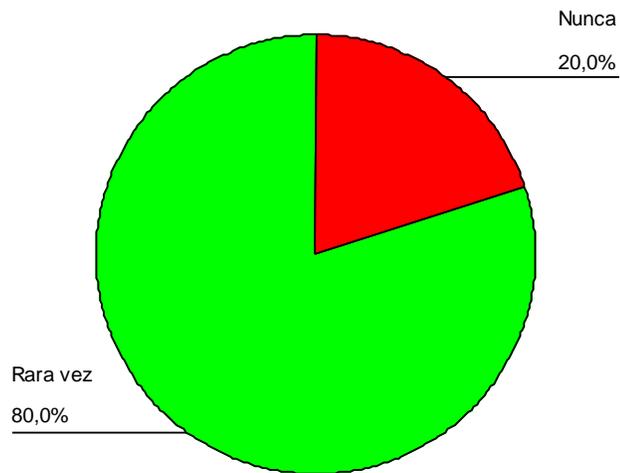
De las encuestas realizadas el 80% dicen que el clima ha sido el problema más frecuente por lo que se han caído los enlaces y solo un 20% por la infraestructura, esto es debido a que las condiciones climáticas influyen mucho en los enlaces que se realizan a grandes distancias.

**5- ¿Con que frecuencia se han caído los enlaces que actualmente se encuentran en funcionamiento?**

**Tabla 5-** Frecuencias y porcentajes de la pregunta 5

Respuestas	Frecuencias	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Nunca	1	20,0	20,0
Rara vez	4	80,0	100.0
<b>TOTAL</b>	<b>5</b>	<b>100.0</b>	

**Fuente:** Datos Obtenidos de la Encuesta.



**Grafico 5.** Respuestas de frecuencia de caída de enlaces

**Fuente:** Encuesta aplicada, 2010. Ambato.

**Elaborado por:** Víctor Proaño.

Un 80% de los encuestados dice que rara vez se han caído los enlaces que actualmente se encuentran en funcionamiento mientras que un 20% dice que nunca se han caído, por lo tanto los equipos que se están utilizando son de buena calidad y si se ha caído un enlace ha sido por las condiciones climáticas.

## **CAPITULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1 Conclusiones**

Luego de haber aplicado la entrevista, análisis de las encuestas y situación actual de las comunicaciones en la empresa se pudo concluir lo siguiente:

- La situación actual del funcionamiento en las comunicaciones en la empresa es buena pero se pretende ampliar el funcionamiento de estas y obtener dar el servicio de modalidad de renta de los enlaces.
- De acuerdo a la entrevista y a los resultados de la encuesta realizada a los empleados de la empresa Sisteldata. Es necesaria una nueva infraestructura para la transmisión de datos, voz y video para cubrir las necesidades de los clientes de la empresa.
- Los principales clientes de la empresa son bancos, cooperativas, entidades públicas y empresas privadas las cuales requiere una mayor seguridad para la transferencia de datos.

- El ancho de banda para la transferencia de datos, que ofrece la empresa a través de enlaces dedicados es de 11 Mbps.
- La empresa trabaja con frecuencias libres de forma gratuita es decir con frecuencias de los 2.4 GHz o 5.8 GHz
- La empresa no ha arrendado una frecuencia propia ya que los trámites para adquirir esta son muy demorosos.
- La empresa no ha realizado un enlace con bandas licenciadas porque hasta el momento no ha surgido la necesidad de utilizar este tipo de frecuencias.
- Si el cliente sufre alguna interferencia se sugiere que se utilice el intercambio de 2,4 GHz a 5,8 GHz y viceversa.

## **5.2 Recomendaciones**

- La tecnología que se utilizaba como Frame Relay y módems no permite tener un gran ancho de banda, velocidad y seguridad, con lo que la nueva tecnología que se incorpore al portador debe tener estas tres características.
- Se deberá adquirir una tecnología capaz de seguir dando el mismo ancho de banda o superior que los 11 Mbps de la tecnología Spread Spectrum, a los clientes.
- Los medios de transmisión deben soportar un gran ancho de banda, altas velocidades y seguridades, ya que se trabaja con clientes que manejan empresas con una alta confidencialidad de sus datos.

- Los datos deben ser transmitidos en tiempo real por lo que el nuevo portador deberá tener un respaldo si el enlace principal falla.
- Se deberá capacitar al personal de Sisteldata acerca de la nueva tecnología para que adquieran conocimiento y puedan dar soporte.
- Las frecuencias con las que opere el portador deberán ser libres para poder abaratar costos, pero lo más óptimo sería arrendar una frecuencia para que no existan problemas de interferencia.
- Hacer los trámites pertinentes para poder adquirir una licencia para dar los servicios de un portador y así poder alquilar los enlaces.
- Se deberá realizar todos los trámites en la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones para cumplir con todos los reglamentos y normas técnicas para el funcionamiento del portador.

## **CAPITULO VI**

### **PROPUESTA**

#### **6.1 Datos Informativos**

- **Título:**

“Portador de servicios utilizando tecnología MPLS para la optimización de las comunicaciones de la empresa Sisteldata”

- **Institución Ejecutora:**

Universidad Técnica de Ambato - Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial

- **Beneficiarios:**

Investigador, Sisteldata y estudiantes de la FISEI.

- **Ubicación:**

**Provincia:** Tungurahua.

**Cantón:** Ambato.

**Parroquia:** San Bartolomé

**Dirección:** El Ollero 06-85 y Aguacollas

- **Equipo Técnico Responsable:**

Ingeniero Julio Cuji, Ingeniero Vinicio Torres, Víctor Proaño.

## **6.2 Antecedentes de la Propuesta**

La empresa Sisteldata de acuerdo a la entrevista y encuestas, realiza enlaces privados entre sus clientes con lo que solo se puede tener una red limitada, esto dificulta a los clientes que tienen sus locales en otros cantones y se ven en la necesidad de tener comunicación entre sus distintas sucursales, por lo que es necesario aumentar la infraestructura de la empresa para poder implementar un portador de servicios que sea capaz de optimizar las comunicaciones y pueda interconectarlos.

Además al implementar el portador de servicios Sisteldata podría arrendar los enlaces que actualmente no lo puede hacer ya que no posee la licencia de portador, y se podría ingresar con tarifas más económicas para el usuario final ya que los equipos se alquilaran.

## **6.3 Justificación**

Las empresas de Telecomunicaciones ante la actual demanda requiere reducir costos, ampliar el rendimiento, resistir más aplicaciones y elevar la seguridad, estos elementos son importantes para elegir la tecnología MPLS, esta tecnología tiene la capacidad para integrar voz, vídeo y datos en un escenario común con garantías de calidad de servicio (QoS), que todos los clientes de la empresa Sisteldata están siendo beneficiados con estos servicios.

La forma en que están interconectados los distintos equipos (nodos) de una red MPLS ofrece a los administradores flexibilidad para desviar tráfico en caso de fallo de enlaces y congestión de red. Además, la ingeniería de tráfico y la precisión e inteligencia del encaminamiento basado en MPLS permite empaquetar más datos

en el ancho de banda disponible y reducir los requerimientos de procesamiento a nivel de router.

La nueva infraestructura basada en fibra óptica y Wimax permite a los clientes a nivel de red un mayor ancho de banda, seguridad y calidad de servicio al momento de transferir la información en los diferentes nodos de cualquier cantón de la provincia gracias a la fibra óptica, mientras el utilizar Wimax a nivel de usuario permite flexibilidad en la red, reducir costos en los enlaces, facilidad en llegar a sitios de difícil acceso, lo que permite una mayor afluencia de clientes hacia el nuevo portador de servicios.

## **6.2 Objetivos.**

### **General.**

- Diseñar la red MPLS de la empresa para implementar un portador de servicios que soporte voz, video y datos, capaz de integrar a todos los cantones de Tungurahua.

### **Específicos.**

- Diseñar la trayectoria de la fibra óptica y de Wimax a fin de establecer los nodos de la red y que permitan tener un diseño jerárquico de la red.
- Seleccionar los equipos que soporten la tecnología MPLS y cubra con las necesidades de ancho de banda, seguridad y calidad de servicio de todos los usuarios.

## **6.5 Análisis de Factibilidad**

La propuesta se enmarca dentro de un proyecto factible porque la optimización de las comunicaciones otorga un ambiente claro a cerca de lo que se debe renovar para afrontar los retos que se presentan como el aumento de las seguridades, la velocidad de transmisión, el crecimiento de las nuevas aplicaciones que precisan

un mayor ancho de banda, todo esto para poder satisfacer las necesidades de los clientes y la renovación continua de la imagen de la empresa.

## **6.6 Fundamentación Científico-Técnica**

La propuesta pretende corresponder los intereses de los usuarios para poder aumentar la infraestructura que pueda soportar seguridad, velocidad y ancho de banda, de esta manera la empresa vaya adquiriendo mayor prestigio entre las empresas de Telecomunicaciones y ponderándose como la mejor de Tungurahua.

### **6.6.1 Descripción del Diseño**

El proyecto de un portador de servicios con tecnología MPLS para optimizar las comunicaciones en la empresa Sisteldata, plantea una solución factible y escalable para los cantones de la Provincia del Tungurahua.

El factor económico es un aspecto importante a considerar sobre el equipamiento a utilizar, por lo que se realizará una descripción referencial de los costos de los equipos que mejor se ajusten a los requerimientos del diseño.

Se presenta una solución sustentada bajo un estudio que permite una descripción detallada de esta propuesta y ventajas que se obtienen sobre la nueva red.

#### **6.6.1.1 Requerimientos para la Optimización de la Red**

Los principales requerimientos para la optimización son:

- Tener una red óptima que trabaje de manera confiable y que sea escalable.
- Tener una red distribuida en capas jerárquicas para facilidades de detección de fallas, así como la posibilidad de crecimiento.

- La red propuesta es capaz de transportar aplicaciones como son: voz, datos, video.
- La red dispone de un manejo de tráfico, que permite brindar Calidad de Servicio a usuarios finales.

### **6.6.2 Diseño Jerárquico en Tres Capas**

El diseño jerárquico se utiliza para concentrar dispositivos en varias redes organizadas mediante un enfoque en capas. Se trata de grupos más pequeños y fáciles de administrar.

Un diseño jerárquico en capas proporciona una mayor eficacia, la optimización de las funciones y una mayor velocidad. Permite ampliar la red según sea necesario, ya que es posible agregar redes locales adicionales sin afectar el rendimiento de las redes existentes. Los niveles jerárquicos que se efectuarán en la red MPLS, incluyen las siguientes capas:

#### **Capa Núcleo**

Esta capa debido a que maneja un alto tráfico de ser capaz de soportar grandes velocidades y un gran ancho de banda con una seguridad confiable con lo que el medio más apropiado para que se transfiera la información es la fibra óptica, ya que esta posee todas las características anteriormente mencionadas.

Pertenece a la parte central de la red, ofrece una estructura de transporte fiable y optimizado, para reenviar el tráfico a altas velocidades. Debe ser capaz de conmutar paquetes tan rápido como sea posible. Las características de esta capa son las siguientes:

- Se conoce como backbone

- Es un enlace troncal
- Es de alta velocidad
- Conmuta paquetes a máxima velocidad
- Siempre disponible
- Adaptable a cambios
- Escalable
- Proporciona convergencia rápida

Los equipos en esta capa no deben realizar comprobaciones de listas de acceso, encriptación de datos, conversiones de direcciones o cualquier otro proceso que haga que la conmutación de paquetes no se realice a la máxima velocidad, por lo que esta capa debe estar formada por equipos de alta velocidad y gran rendimiento.

Entre las principales funciones que presenta la capa Núcleo son:

- Entregar alta seguridad, baja latencia y buena capacidad de administración de alto tráfico.
- Facilitar redundancia y tolerancia a fallas.
- Permitir ajustarse velozmente a los cambios producidos en la red y evitar la manipulación lenta de paquetes causada por filtros u otros procesos.

### **Capa Distribución**

Se encuentra entre la capa Núcleo y la capa Acceso. El objetivo de esta capa es ofrecer un esclarecimiento de límites, empleando listas de acceso y otros filtros para limitar lo que entra en el núcleo de la red. Las características de esta capa son las siguientes:

- Reúne todo el cableado y utiliza switches cuyo objetivo es dividir en grupos de trabajo comunes

- Agrupa conexiones WAN
- Proporciona conexión en base a políticas de seguridad

En esta capa se determina cuando y como el tráfico de datos puede acceder a los servicios principales de la red. Aparte de proporcionar capacidades para asegurar las redes y para salvaguardar los recursos del tráfico innecesario, presenta las siguientes funciones:

- Segmenta la red en múltiples dominios de transmisión.
- Sirve como punto de concentración para acceder a los dispositivos de capa de Acceso.

### **Capa Acceso**

En esta capa los usuarios finales pueden ingresar a la red. Se pueden encontrar múltiples grupos de usuarios con sus correspondientes recursos. Suele incluir un número relativamente grande de puertos de acceso, mientras las otras capas incluyen menos puertos, pero de mayor velocidad.

Esta capa debe diseñarse manteniendo la economía y eficacia, equilibrando el número de puertos de acceso para el sustento de las solicitudes de acceso dentro de la capacidad de las capas superiores. Para el acceso a última milla la mejor tecnología es Wimax ya que permite a los usuarios tener flexibilidad es decir puede llegar a todos lados donde se requiera un enlace, necesita línea de vista entre la base y el usuario. Las características de esta capa son las siguientes:

- Da acceso a usuarios
- Provee acceso remoto
- Acceso a grupos de trabajo locales y remotos

### **6.6.2.1 Diseño de la Capa Núcleo**

La red propuesta debe poseer una capa Núcleo, cuya estructura sea confiable, en la que se manejen grandes velocidades de conmutación y se trabaje en el entorno de MPLS, estructura que se obtendrá implementando equipos que cumplan con las características requeridas. El medio de transmisión debe ser capaz de transmitir a grandes velocidades, ancho de banda y con una alta seguridad.

#### **6.6.2.1.1 Características para el Diseño de la Capa Núcleo**

En la propuesta del diseño, se ha establecido que la capa Núcleo estará conformado por los nodos que serán elegidos a partir de los siguientes criterios:

- Ubicación geográfica dentro de la provincia.
- Redundancia eléctrica
- Nodos redundantes

Ubicación geográfica estratégica dentro de la provincia: La provincia del Tungurahua tiene una geografía irregular, por el cual existen lugares en la provincia que cuentan con mejores condiciones geográficas y diferentes áreas de cobertura que otros.

Los sitios que se considero para la ubicación de los nodos se baso en la geografía de la provincia, ubicando nodos que cubran a todos los cantones de Tungurahua y a las parroquias aledañas al cantón Ambato como son Quizapincha, Izamba y Santa Rosa ya que están parroquias se han venido desarrollando en el transcurso de estos años.

Redundancia Eléctrica: Hay que considerar que en todos los lugares donde se hallan los nodos, deben estar instalados respaldos eléctricos, para evitar problemas

en caso de fallas de energía eléctrica. Para la ubicación de la fibra óptica de nodo a nodo se utilizan los postes de la Empresa Eléctrica Ambato, y en donde no exista postearía se deberá tramitar con la Empresa Eléctrica Ambato o alguna otra empresa para la ubicación de los postes.

Nodos redundantes: Se debe tomar en cuenta la redundancia de enlaces que existe en ciertos nodos, ya que esta característica es fundamental al momento de escoger los nodos que conformen la capa Núcleo.

#### **6.6.2.1.2 Descripción Topológica y Ubicación de los Nodos**

En base a la ubicación geográfica y a la distribución de los cantones dentro de la provincia se determino los siguientes nodos.

**Nodo Pinllo:** (Cantón Ambato-San Bartolomé de Pinllo-Calle el Ollero y Aguacollas) Latitud  $1^{\circ}14'7.12''S$ . Longitud  $78^{\circ}38'14.25''O$

Es el nodo más grande (matriz) que va poseer Sisteldata, aquí se va a ubicar el centro de operaciones y monitoreo, que va a controlar y administrar toda la red, se ubicaran todos los equipos de la capa de Núcleo.

Estará conectado con fibra óptica entre el nodo Pinllo y la base del cerro San Francisco, este a su vez tendrá un enlace punto a punto inalámbrico con la base de Macasto para cubrir a todo el cantón Ambato, sus parroquias aledañas y a Píllaro, ya que desde la base de Macasto se tiene una menor distancia al cantón Píllaro. En las casetas de los cerros San Francisco y Macasto se ubicaran los equipos de la capa de distribución.

**Nodo Nitón:** (Cerro Nitón) Latitud 1°17'8.61"S. Longitud 78°32'48.04"O

En este nodo se ubicaran los equipos de la capa de núcleo que conforman un router y switch. Este nodo abarca los cantones de Pelileo, Patate y Baños, la conexión a Baños se dará a través de un enlace punto a punto inalámbrico entre el cerro Nitón y el cerro Loma Grande, lo que permite tener una línea de vista de la ciudad de Baños y una parte más allá de la ciudad. Estará conectado con fibra óptica entre el nodo Pinllo y el nodo Nitón.

Tanto en el cerro Nitón como en el cerro Loma Grande, en las casetas se ubicaran los equipos de la capa de distribución.

**Nodo Llimpe:** (Cerro Llimpe Chico) Latitud 1°22'31.50"S. Longitud 78°35'5.26"O

En este nodo se ubicaran los equipos de la capa de núcleo que conforman un router y switch. Este nodo abarca los cantones de Tisaleo, Cevallos, Quero y Mocha. Estará conectado con fibra óptica entre el nodo Pinllo y el nodo Llimpe. Así mismo el nodo Llimpe estará conectada al nodo Nitón con fibra óptica para cerrar el anillo y tener redundancia.

Se dividió la provincia, en tres zonas, cada una de ellas con un nodo principal, adoptando criterios como la ubicación geográfica dentro de la provincia equitativa por cada nodo y que pueda cubrir el mayor territorio posible. Por lo que la capa Núcleo se conforma por los siguientes nodos:

- Nodo Pinllo
- Nodo Nitón
- Nodo Llimpe

En la Figura No 6.1 se muestra los nodos que componen la capa Núcleo de la red MPLS

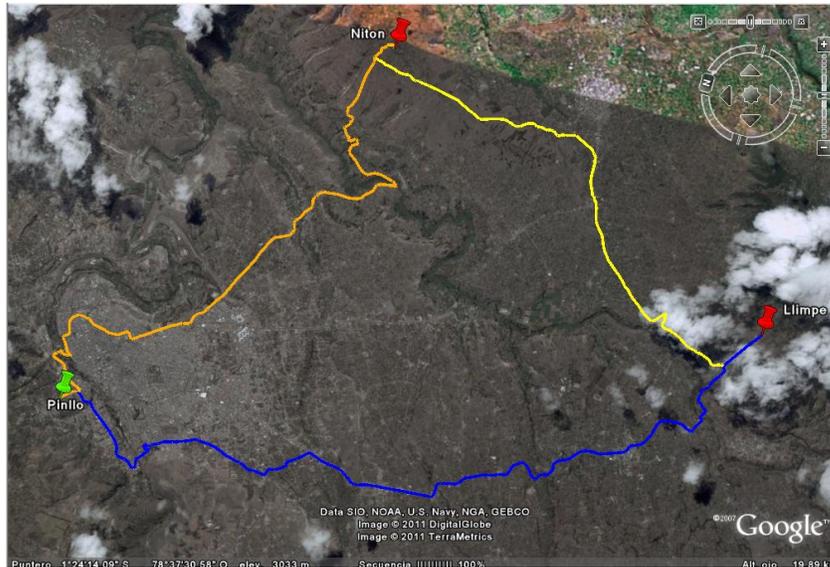


FIGURA No 6.1 Ubicación geográfica de los nodos

Los nodos físicamente se interconectan formando el anillo principal del Núcleo como se muestra en la Fig. No 6.2 Se emplea una fibra óptica monomodo ADSS de 12 hilos, en la que se habilita dos hilos, uno para el enlace principal del anillo y otro para mantener la redundancia. En caso de fallas de la fibra óptica se tendrá de respaldo un enlace punto-punto inalámbrico entre la base de San Francisco- Nitón y Nitón-Llimpe, con lo que se garantiza el funcionamiento de la red.

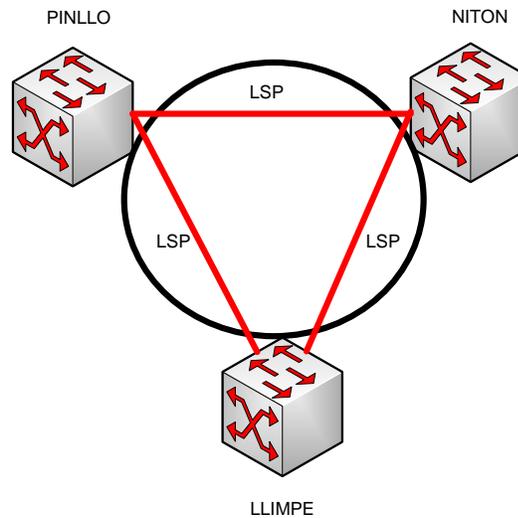


FIGURA No 6.2 Anillo principal del Núcleo MPLS

La trayectoria de la fibra óptica se determino por el camino más corto hacia cada nodo donde existen actualmente postes y el costo que implica implementar fibra óptica cada kilometro es mayor a instalar un poste.

Se determino que en la ruta del nodo Pinllo a Nitón no existe postearía en 2 sitios. En el primer sitio Fig. No 6 .3 no existe postearía en una distancia de 1460m, por lo general un poste de luz está ubicado cada 30 metros pero debido a las características de la fibra monomodo ADSS, esta soporta una tensión máxima (vano) de 120 m con lo que los postes estarán ubicados cada 120m como máximo. Se estableció que serán necesarios 15 postes adicionales en esa ruta.



FIGURA No 6.3 Primer sitio que no existe postes trayecto Pinllo-Nitón

En el segundo sitio Fig. No 6.4 sitio no existe postearía en una distancia de 1370m, se estableció que serán necesarios 16 postes adicionales en esa ruta.



FIGURA No 6.4 Segundo sitio que no existe postes trayecto Pinllo-Nitón

En la ruta del nodo Pinllo a Llimpe no existiría en dos sitios, el primer sitio Fig. No 6.5 tiene una distancia de 350m, se estableció que serán necesarios 6 postes adicionales en esa ruta.

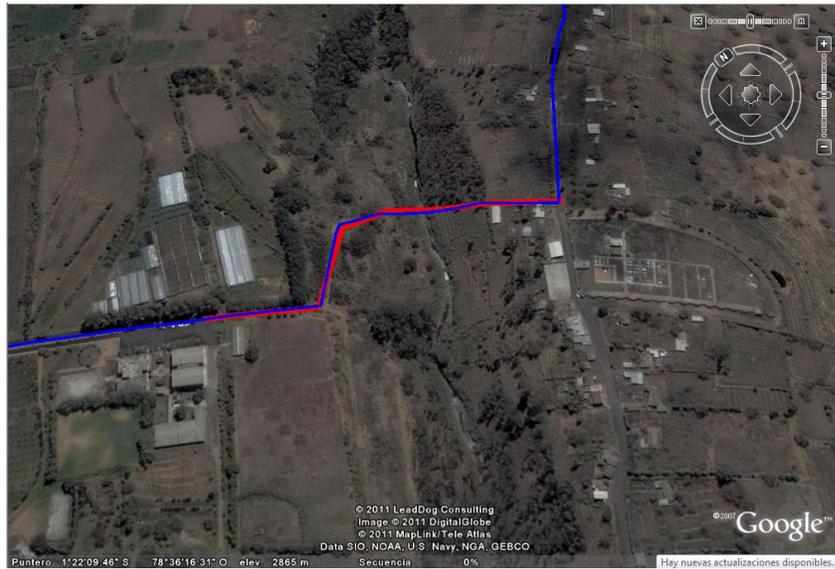


FIGURA No 6.5 Primer sitio que no existe postes trayecto Pinllo-Llimpe

En el segundo sitio Fig. No 6.6 no existe postearía en una distancia de 1141,41m, se estableció que serán necesarios 13 postes adicionales en esa ruta.



FIGURA No 6.6 Segundo sitio que no existe postes trayecto Pinllo- Llimpe

En la ruta del nodo Llimpe a Nitón Fig. No 6.7 no existe postearía en una distancia de 1243,19m, se estableció que serán necesarios 14 postes adicionales en esa ruta.



FIGURA No 6.7 Sitio que no existe postes trayecto Llimpe-Nitón

Por lo que para que se pueda implementar la red de fibra óptica en todo el trayecto del Núcleo se deberá instalar 64 postes adicionales instalados en cada tramo que fuera necesario.

En los nodos de la capa Núcleo, será preciso implementar equipos que permitan la combinación con MPLS, los que trabajaran como LSRs y LERs. Los equipos que trabajen como LERs deben enviar el tráfico entrante en la red MPLS con el protocolo de señalización de etiquetas y distribución de tráfico saliente. La capa Núcleo MPLS estará constituido como se indica en la Figura No 6.8

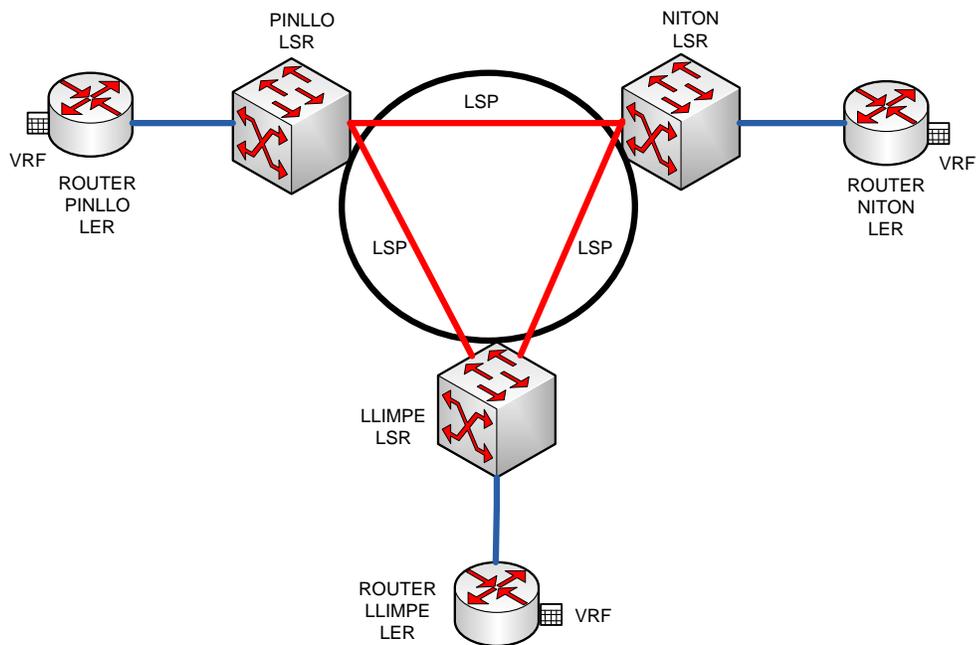


Figura No 6.8 Capa Núcleo MPLS

### 6.6.2.2 Diseño de la Capa Distribución

Una vez dividida la red, cada zona tendrá su propia subdivisión, tratando de formar segmentos de red más pequeños. Para este diseño se considera que los equipos de borde LERs pertenecerán tanto a la capa Núcleo como a la capa de Distribución.

La principal función de los nodos que conforman la capa Distribución es la de administrar los enlaces que dependan de estos. Cada radio base de acuerdo a su posición geográfica cubrirá una zona específica de la Provincia del Tungurahua donde se encuentran los posibles usuarios potenciales. La base de San Francisco cubrirá parte del cantón Ambato, Quizapincha y Santa Rosa. La base de Macasto cubrirá la otra parte del cantón Ambato, el cantón Píllaro, Izamba, el parque Industrial. Cabe recalcar que entre las dos bases se puede cubrir a todo el cantón Ambato, teniendo línea de vista entre la base y el posible usuario.

La base de Nitón cubrirá a los cantones de Pelileo, Patate y Baños, para el acceso al cantón Baños se necesita un enlace adicional punto-punto entre Nitón y Loma Grande. La base de Llimpe cubrirá a los cantones de Tisaleo, Cevallos, Quero y Mocha teniendo desde ese sitio línea de vista con todos estos cantones. Un esquema de la capa Núcleo y Distribución en conjunto se mira en la Fig. No 6.9

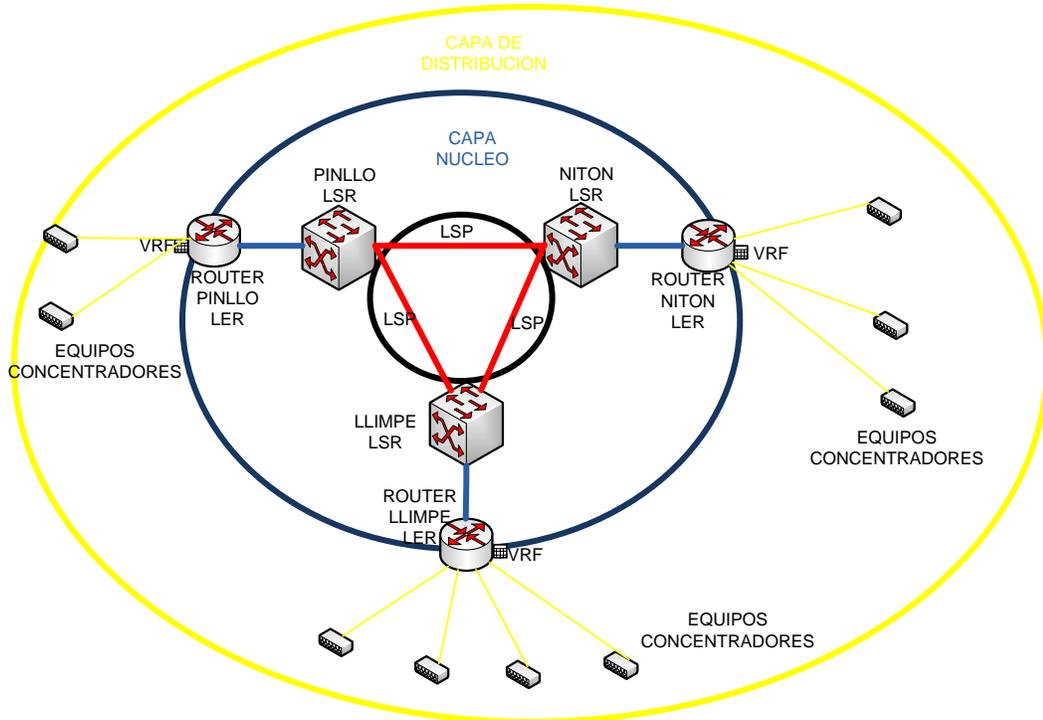


FIGURA No 6.9 Capas Distribución y Núcleo MPLS

### **6.6.2.3 Diseño de la Capa Acceso**

En la capa de acceso se utiliza como tecnología de última milla Wimax. En esta capa es necesario implementar un equipo terminal en el cliente, denominado CPE (Customer Premises Equipment), que permite el acceso del usuario hacia la red MPLS de la empresa portadora.

Una red Wimax consta de un emisor, llamado estación base, que ofrece cobertura a una serie de receptores CPE. Wimax tiene la capacidad de transmisión punto a punto para transmisión entre bases o hacia un único CPE, y punto-multipunto, para la transmisión entre base y varios CPE en la zona de cobertura.

Los dos elementos, tanto base como CPE, suelen constar de una antena, y un equipamiento radio que procesa la señal para emisión (base) y recepción (CPE) en el canal de bajada y subida. El CPE es un equipo que permite manejar protocolos de capa enlace y red, para realizar VPNs.

La tecnología Wimax opera en bandas licenciadas y en bandas sin licencia como la banda ICM. Para el desarrollo del proyecto hemos escogido la banda ICM puesto que requiere menos trámite para su utilización, mientras que las bandas licenciadas son concesionadas por la SENATEL, mediante el cumplimiento de unos requisitos.

La SENATEL aprobará la operación de sistemas de radiocomunicaciones que utilicen técnicas de Modulación Digital de Banda Ancha en las siguientes bandas de frecuencias:

<b>BANDA (MHz)</b>
902 - 928
2400 - 2483.5
5150 – 5250
5250 – 5350
5470 – 5725
5725 - 5850

Tabla 6.1 Bandas de Frecuencias asignadas por la SENATEL

La operación de los sistemas con técnicas de Modulación Digital de Banda Ancha se aprobará en las siguientes configuraciones: Sistemas punto a punto. Sistemas punto – multipunto. Sistemas móviles.

Para los enlaces de Wimax del presente diseño se utilizará la banda de 5,725 – 5,850 GHz denominada Banda ICM; debido a que en esta banda presenta mayor ancho de banda por canal hasta 10 MHz, según el equipo que se utilice.

Las bandas ICM son frecuencias libres pero en nuestro país estas bandas deben estar registrados en la SENATEL y se debe pagar un valor de concesión que es un valor pequeño en comparación al uso de frecuencias licenciadas, que se debe pagar una valor por concesión y un valor mensualmente por los 5 años de contrato que cuesta arrendar una frecuencia.

El valor que se debe pagar por el uso de una frecuencia licenciada depende de varios factores como la banda a utilizarse, la canalización regularizada por la UIT-R 383-6 es decir que en una banda solo se pueden transmitir en ciertas frecuencias, la distancia y otros factores que los determina la SENATEL.

En la Figura No 6.10 se muestra un esquema del diseño jerárquico de la red MPLS.

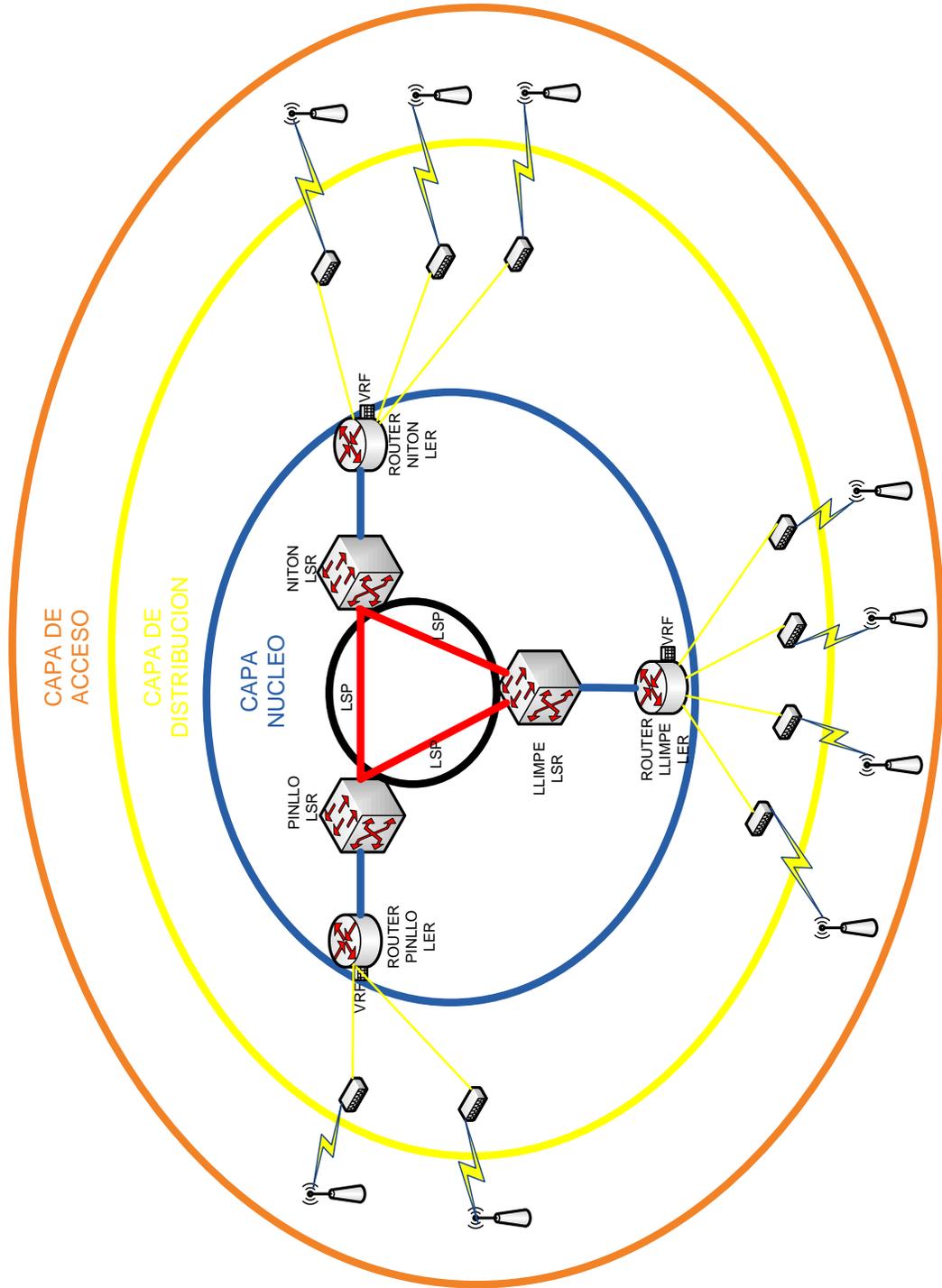


FIGURA No 6.10 Diseño Jerárquico de la Red MPLS

El esquema del backbone MPLS diseñado para Sisteldata se indica en la Fig. No 6.11

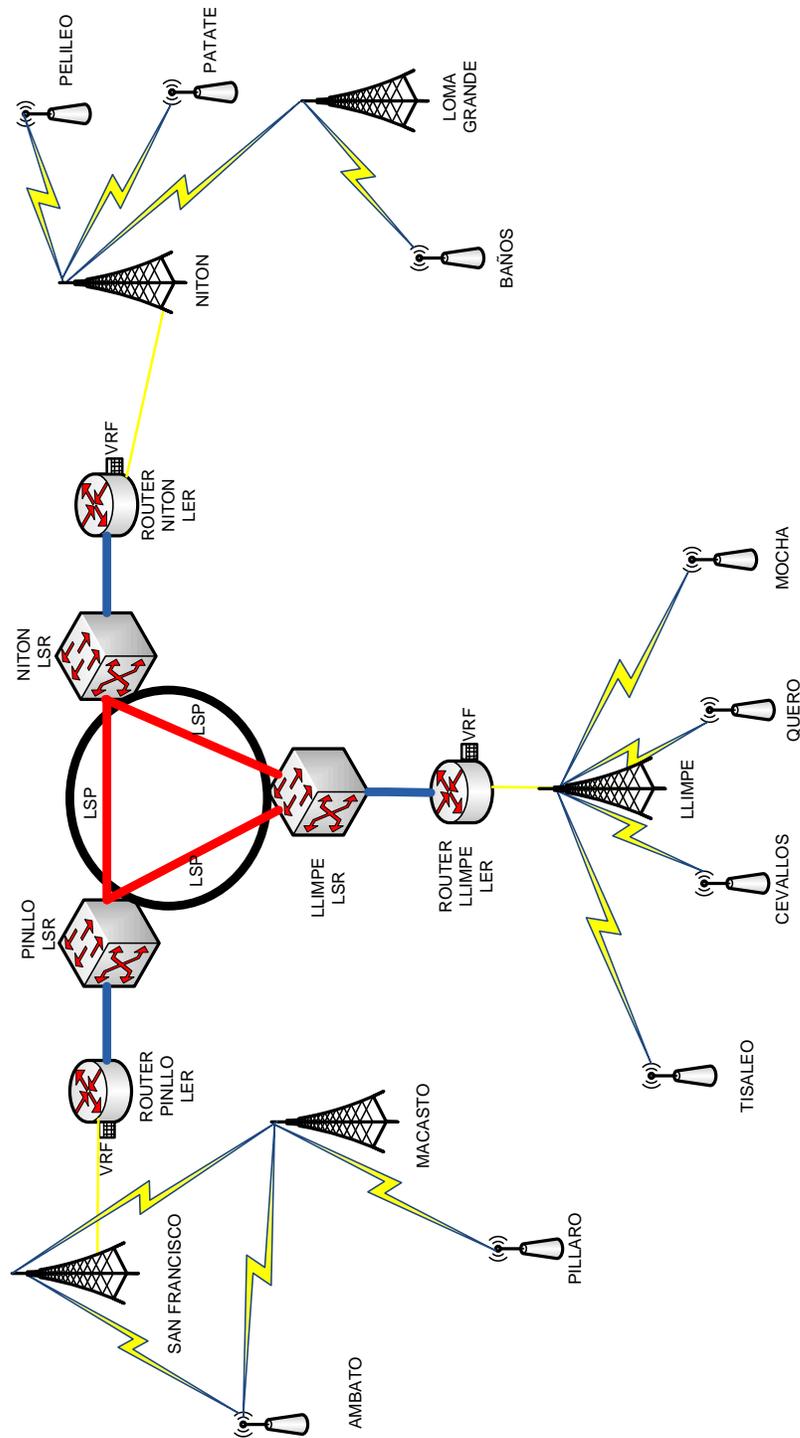


FIGURA No 6.11 Red MPLS

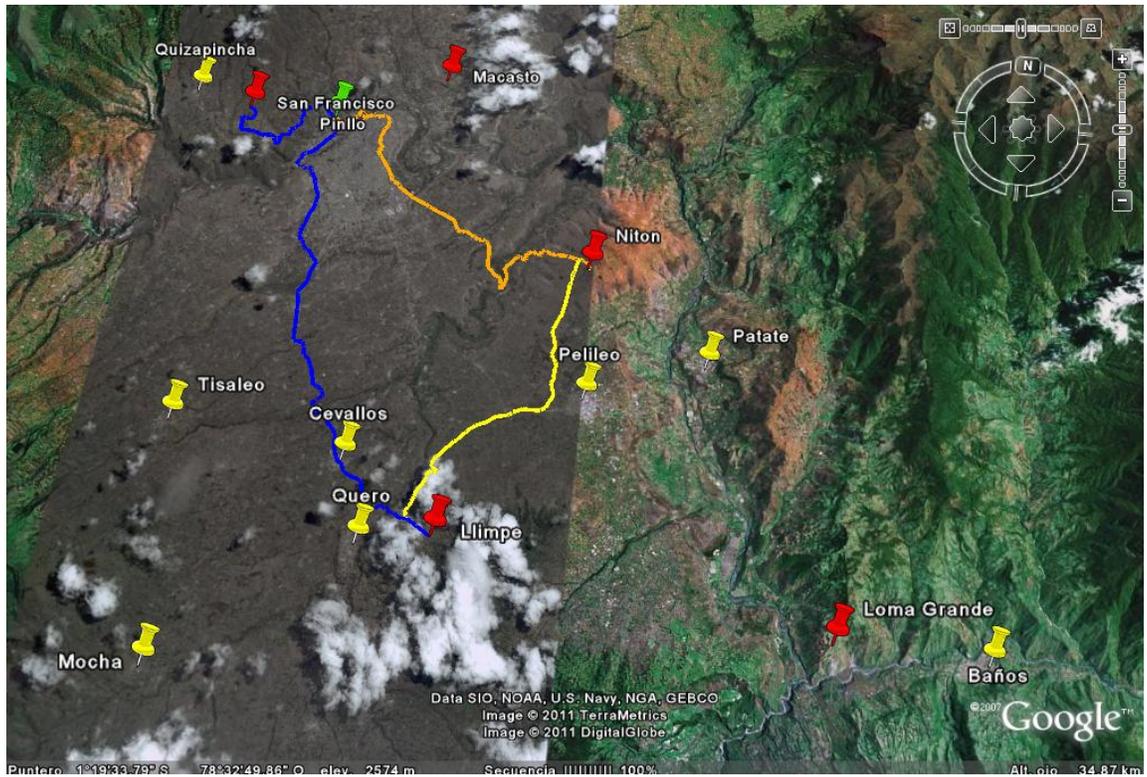


FIGURA No 6.12 Nodos y Bases ubicados geográficamente

### 6.6.3 Enrutamiento en MPLS

MPLS aprovecha lo mejor de la capa 2 (capa de enlace de datos), la rápida conmutación, sin desperdiciar las características de la capa 3 (capa de red). Esto se consigue separando la función de conmutación de la de enrutamiento. MPLS hace más viable la Ingeniería de Tráfico, permite enrutamiento rápido porque hace conmutación pero con información de enrutado, para redes a gran escala, el desarrollo de los protocolos estado-enlace supera a los protocolos vector-distancia, ya que éstos facilitan una rápida convergencia y mayor escalabilidad, para realizar Ingeniería de Tráfico. MPLS sugiere los protocolos de enrutamiento IS-IS (Intermediate System – Intermediate System) y OSPF (Open Shortest Path First).

### 6.6.3.2 Protocolo OSPF

El protocolo OSPF (Open Shortest Path First), es un protocolo de enrutamiento jerárquico de pasarela interior o IGP (Interior Gateway Protocol), que usa enlace-estado para calcular la ruta más corta posible. Además, construye una base de datos enlace-estado idéntica en todos los enrutadores de la zona.

OSPF es probablemente el tipo de protocolo IGP más utilizado en grandes redes. Puede operar con seguridad para autenticar a sus puntos antes de realizar nuevas rutas y antes de aceptar avisos de enlace-estado. Como sucesor natural de RIP, acepta VLSM o *sin clases* CIDR desde su inicio. OSPF puede "etiquetar" rutas y propagar esas etiquetas por otras rutas.

Una red OSPF se puede descomponer en áreas más pequeñas. Hay un área especial llamada área backbone que forma la parte central de la red y donde hay otras áreas conectadas a ella. Las rutas entre diferentes áreas circulan siempre por el backbone, por lo tanto todas las áreas deben conectar con el backbone. Si no es posible hacer una conexión directa con el backbone, se puede hacer un enlace virtual entre redes.

Para determinar que interfaces reciben las publicaciones de estado-enlace, los ruteadores ejecutan el protocolo OSPF "Hola". Los ruteadores vecinos intercambian mensajes Hola para comprobar qué otros ruteadores existen en una determinada interfaz y sirven como mensajes de actividad que indican la accesibilidad de dichos ruteadores. Cuando se detecta un ruteador vecino, se intercambia información de topología OSPF. Cuando los ruteadores están sincronizados, se dice que han formado una adyacencia.

Las publicaciones del estado-enlace (LSA) se envían y reciben sólo en aproximaciones. La información de la LSA se transporta en paquetes mediante la

capa de transporte OSPF, que define un proceso fiable de publicación, acuse de recibo y petición para garantizar que la información de la LSA se distribuya adecuadamente a todos los ruteadores de un área.

Por su forma de funcionamiento, los ruteadores requieren más memoria y potencia de procesamiento, requiriendo que los equipos donde se implemente OSPF sean robustos.

Entre las principales características se tiene:

- Opera una complicada base de datos, para el cálculo de la red más corta.
- Posee noción de los ruteadores distantes y la forma en la que se interconectan.
- Las actualizaciones de las rutas, son concebidas por las actualizaciones ante cambios de la red. Los cambios en el estado de un enlace se envían a todos los ruteadores cercanos tan pronto como se produce el cambio, lo que permite el uso eficiente del ancho de banda.
- Es de rápida convergencia.
- Consume menor ancho de banda que los protocolos de vector distancia.

Para intercambiar información de rutas entre los equipos de borde (PE) y los de cliente (CPE), se tienen las dos alternativas de protocolos de enrutamiento OSPF e IS-IS, aunque se puede utilizar cualquiera de los dos protocolos, MPLS recomienda utilizar OSPF.

#### **6.6.4 Señalización en MPLS**

Las nuevas aplicaciones que están surgiendo han producido un aumento de la necesidad de transmitir información desde un origen a múltiples destinos (multidifusión o multicast) y que esta transmisión se haga garantizado ciertos

parámetros de Calidad de Servicio (QoS), por ejemplo, el retardo máximo y el número de paquetes que pueden ser descartados sin afectar a la calidad de la transmisión de la información. Esta QoS no puede ser asegurada por los protocolos TCP/IP, por lo que se han desarrollado diferentes tecnologías para superar este inconveniente, entre ellas RSVP (Resource Reservation Protocol) y CR-LDP (Constraint-Route Label Distribution Protocol)

#### **6.6.4.2 Protocolo CR-LDP**

El protocolo CR-LDP (Constraint-based Routed -Label Distribution Protocol) es un protocolo de distribución de etiquetas, diseñado para soportar Calidad de Servicio. Permite el establecimiento de rutas explícitas, con atributos de Calidad de Servicio en cada tramo de la ruta definida, además permite la reservación de recursos.

LDP y CR-LDP son protocolos situados en el nivel de aplicación, trabajando sobre TCP. LDP se caracteriza por establecer conexiones 'peer-peer' entre LSR o LER para intercambiar información de etiquetado. La principal característica es que, en este protocolo, la asignación de etiquetas se realiza 'Salto a salto'.

Esto supone que no se pueda realizar una asignación QoS extremo a extremo: por ello, se desarrolló CR-LDP, que es un conjunto de extensiones de LDP diseñadas para facilitar el enrutado basado en restricciones, tanto restricciones explícitas de enrutado, como restricciones de QoS, u otro tipo de restricciones. CR-LDP señala y distribuye las etiquetas extremo a extremo de un LSP. Cabe destacar que la señalización QoS en CR-LDP se basa en DiffServ, que establece las prioridades en función de las clases de servicio (CoS).

La diferencia entre el LDP y el CR-LDP es que CR-LDP soporta rutas explícitas y la asignación de recursos. Soporte CR-LDP de los troncos de tráfico TE, pues es

muy similar a la proporcionada por el LDP, pero sin las restricciones que se aplican al LDP.

CR-LDP es utilizado para distribuir etiquetas, establecer y mantener LSPs a lo largo de la ruta explícita o de la ruta con restricciones. LDP asocia un FEC a cada LSP, y los LSPs se extienden a través de la red a medida que cada LSR asocia una etiqueta de entrada para un FEC.

La elección entre estos dos protocolos (CR-LDP y RSVP) MPLS no especifica que protocolo de señalización se debe utilizar, así que, dependerá principalmente de como se desee aplicar la Ingeniería de Tráfico: como se desea que la conmutación se efectúe teniendo en cuenta las CoS, se optará por CR-LDP.

#### **6.6.5 Calidad de Servicio**

Las nuevas aplicaciones que salen en el mercado tecnológico han producido un aumento en la necesidad de transmitir información desde una central a múltiples destinos y que esta transmisión se haga garantizando ciertos parámetros de Calidad de Servicio como: el retardo máximo y el numero de paquetes que pueden ser descartados, sin afectar a la calidad de la transmisión de la información.

Para certificar los parámetros de Calidad de Servicios como por ejemplo la reserva de recursos y el retardo mínimo para un flujo de información, se utiliza en MPLS protocolos de señalización como CD-LDP. Mediante la conmutación de etiquetas se pueden marcar los paquetes como pertenecientes a una clase particular. Con esta clasificación inicial ya no es necesario que los ruteadores de conmutación de etiquetas tengan que reclasificar los paquetes a cada salto.

La Calidad de Servicio brinda a los portadores la oportunidad de ofrecer a sus clientes niveles diferenciados para usuarios finales y empresas, avalando en ambos casos el rendimiento necesario que pudieran demandarse.

La Calidad de Servicio se efectúa como un grado de priorización alta o baja en base a una Clase de Servicio, que se representa la diferenciación del tráfico de la red, cosa que se logra con la función de etiquetado de MPLS mediante un trabajo conjunto de MPLS con el modelo de servicios Diferenciados del IETF.

Para este diseño, se tendrá una red que a través de la implementación de MPLS, que permita ofrecer a sus clientes diferentes categorías de tráfico, garantizados en todo momento.

#### **6.6.6 Redes Privadas Virtuales (VPN) con MPLS**

En general, la distinción entre una red privada virtual (VPN) y una red privada real (APN) es que en el caso de VPN, los recursos de red se comparten entre varias instancias de VPN, manteniendo el concepto de la intimidad entre las instancias de VPN. En un APN, la privacidad es un resultado de no compartir los recursos de red con otras redes privadas.

Para efectivamente proveer la ilusión de una red privada que utiliza los recursos compartidos, es necesario para apoyar los espacios de direcciones privadas y para proporcionar la separación del tráfico mediante la prevención de fugas de tráfico de una VPN para cualquier otra VPN y al proporcionar un cierto nivel de aislamiento de tráfico VPN de los efectos del tráfico en las redes que comparten los mismos recursos.

Las VPNs constituyen una gran solución para las empresas que requieren seguridad, confidencialidad e integridad de los datos, debido a que reduce significativamente el costo de la transferencia de datos de un lugar a otro.

### 6.6.6.1 Elementos de una Red MPLS con VPN

Los elementos de una red MPLS con VPN son:

a) VRF: (Virtual Routing and Forwarding) Es una tabla de ruteo virtual, que permite tener varias tablas de rutas independientes en un solo ruteador. Estas tablas virtuales se asocian con interfaces físicas y/o lógicas del ruteador.

b) Ruteador CE: Es el ruteador del cliente o CPE. Es el punto de borde entre la red del proveedor y la del cliente, este ruteador intercambia rutas con la red o puede manejar rutas estáticas que no afectan ni se vean dentro de la red MPLS.

c) Ruteador PE: Provider Edge, es un Ruteador de Distribución y nivel de acceso 3, equivalente a un LER, ubicado en el borde de la red MPLS. Tiene como función principal etiquetar tráfico de entrada (IN) proveniente de los CPEs y remover la etiqueta del tráfico de salida (OUT) hacia los CPEs. Tienen conexión directa con los ruteadores de los clientes.

d) Ruteador P: Es el Ruteador de núcleo, equivalente a un LSR. Estos equipos solo manejan los LSPs. La función principal de estos equipos, es conmutar paquetes recibidos a través de la etiqueta exterior que lo encapsula, por lo que no tienen conocimiento de las VPNs, es decir conmutan los paquetes de cada LSP que los atraviesa.

Con la implementación de MPLS en la red de Sisteldata, los ruteadores de borde actuarían como PEs y los ruteadores destinados al núcleo tendrían funciones de ruteador P. En la red MPLS de Sisteldata los elementos de una VPN quedarían como se puede ver en la Figura No 6.13

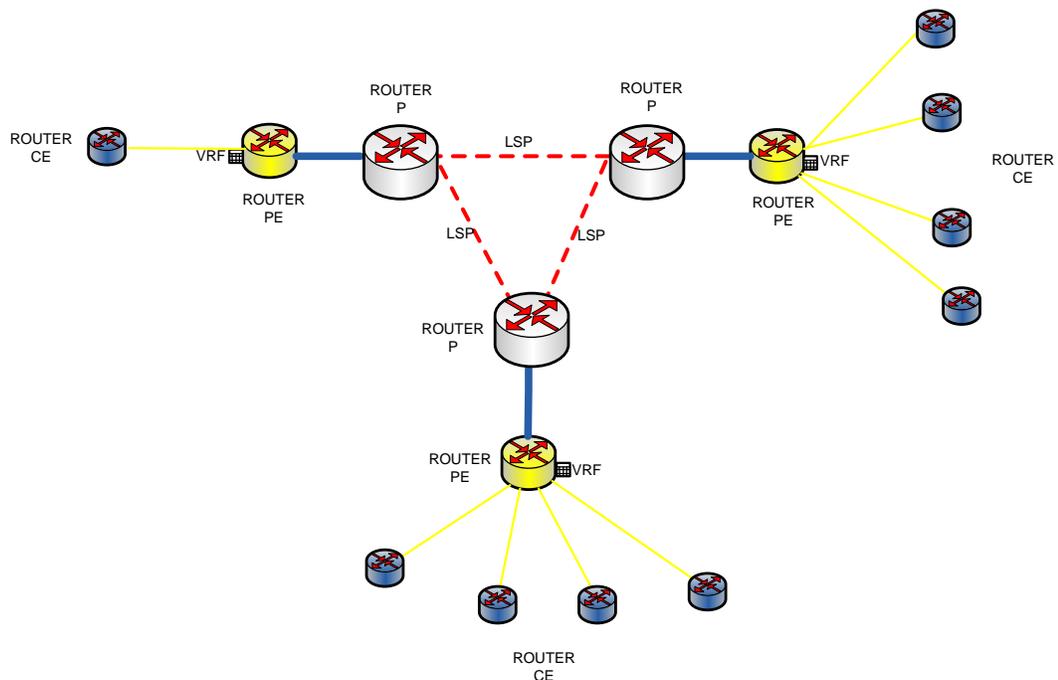


FIGURA No 6.13 Elementos de la Red MPLS de Sisteldata con VPN

### 6.6.6.2 Descripciones de una VPN

Las VPNs MPLS están creadas en la capa 3 del modelo OSI por lo que no requieren de conexión, lo que las hace más fáciles de crear, manipular y son más escalables. Las descripciones que se deben tener en cuenta para realizar la implementación de MPLS-VPN son las siguientes:

1. Todos los ruteadores de la red tanto de núcleo (P) como de borde (PE), deben soportar funcionalidades MPLS, LDP, VPN, RSVP.
2. Enrutamiento: para realizar el enrutamiento los equipos deben soportar Protocolos de Gateway Interior (IGP), que podrán ser OSPF o IS-IS y los protocolos de puerta de enlace exterior (BGP), que pueden ser BGPv4 con soporte de (MBGP), multiprotocolo BGP.

3. Habilitar LDP o cualquiera de sus extensiones en todos los ruteadores de capa Núcleo, además el protocolo MBGP entre los ruteadores PE, que brindan el servicio de VPNs.
4. Habilitar QoS en toda la red y establecer los siguientes mecanismos:
  - Mecanismos de encolamiento
  - Mecanismos de scheduling “programación”
  - Mecanismos de prevención y recuperación de congestión

#### **6.6.6.3 Ventajas de Implementar MPLS con VPNs**

MPLS administra un mecanismo eficiente para el manejo de redes privadas virtuales, de esta manera el tráfico de una red privada, atraviesa una red pública eficazmente y de manera transparente para el usuario, eliminando cualquier tráfico externo y protegiendo la información.

Las VPNs creadas con tecnología MPLS tienen una mayor capacidad de expansión y son más flexibles en cualquier red, principalmente IP. MPLS se encarga de reenviar paquetes a través de túneles privados utilizando etiquetas. Dichas etiquetas tienen un identificador que aísla a una determinada VPN.

Las ventajas principales de implementar MPLS con VPN son:

- Extender la capacidad de la red.
- Actualización transparente para el cliente.
- Óptima administración de los recursos de la red.
- Diferenciación entre servicios.
- Seguridad y rapidez de transmisión en la información.
- Utilización de tecnología de vanguardia.

Una conexión VPN se divide en dos partes: en la primera el usuario pide autorización de entrada a la red, a esto se le conoce como autenticación.

Autenticación: tiene como función principal mantener segura la red, por cada cliente que acceda a ésta, se implementará VPNs, haciendo que la red sea confiable, transparente y segura para el transporte de datos.

A continuación pide permiso para realizar acciones específicas en diferentes secciones de la red, a esto se lo conoce como autorización, en donde diferentes usuarios tienen permisos distintos.

## **6.7 Modelo Operativo**

Para efectuar el diseño planteado, se miran las características de los equipos que se debe adquirir para implementarse en la red MPLS. Los equipos seleccionados serán aquellos que cumplan con las especificaciones planteadas y que tenga un mejor rendimiento para el backbone de fibra óptica, estos equipos serán más robustos, operaran un gran ancho de banda, seguridad y velocidad; mientras que para el diseño de la red inalámbrica, la cobertura de Wimax pretende cubrir la mayor parte del territorio del área en estudio; cubriendo satisfactoriamente las zonas pobladas donde existen potenciales suscriptores tales como bancos, cooperativas, entidades privadas, etc.

### **6.7.1 Equipos de la Capa Núcleo**

Para realizar una mejor elección de los equipos de la capa núcleo, se realiza presentando varias propuestas, para establecer una comparación y escoger la mejor opción.

### 6.7.1.1 Requerimientos de Equipos LSR MPLS para la Capa Núcleo

Los principales requerimientos que deben cumplir los equipos LSR para que trabajen en la capa núcleo son los siguientes:

- Funcionalidad MPLS, con manejo de VPNs
- Velocidad alcanzada mayor a 1Gbps.
- Soporte de fibra óptica monomodo.
- Puertos Gigabit Ethernet autosensado 10/100/1000 Mbps.
- 802.1q.
- Soporte de protocolos en capa 3 como: OSPF, BGPv4.
- Soporte de protocolos de señalización como: RSVP,LDP

### 6.7.1.2 Elección de equipos para la Capa Núcleo

Para la elección de equipos, se presentan dos opciones, que se considera cumplen con los requerimientos planteados para esta propuesta de diseño, las cuales se describen en la Tabla No 6.2

<b>Características</b>	<b>Cisco Catalyst ME 6524</b>	<b>Alcatel 7670 RSP Routing Switch</b>
<b>Soporta MPLS</b>	Si	Si
<b>Especificaciones de Señalización MPLS</b>	RSVP, LDP, TDP	RSVP-TE, LDP
<b>Maneja MPLS VPN</b>	Si	Si
<b>Balanceo de carga sobre LSP</b>	Si	Si
<b>Máximo numero de LSPs entre dos LERs</b>	4k	64k

<b>Realiza QoS en el Core MPLS</b>	Si	No
<b>Soporta staking de etiquetas</b>	Si	No
<b>Configuración automática de LSP entre nodos</b>	Si	Si
<b>Protocolos de ruteo</b>	RIP, OSPF, BGP, EIGRP, ISIS, IPX	BGP-4, OSPF, RIP v1/v2
<b>Memoria máxima para tablas de enrutamiento</b>	60.000 – 100.000 rutas	10.000 rutas
<b>Tiempo máximo de reconocimiento de nuevas rutas</b>	10 seg., dependiendo del protocolo de enrutamiento usado.	30 seg.
<b>Balaceo de carga</b>	Si	Si
<b>Interfaces ópticas</b>	24 puertos autosensing 10/100/1000 Ethernet SFP. 8 puertos Gigabit Ethernet SPF	12 puertos en slots de expansión de corto alcance y largo alcance.
<b>VRF</b>	Manejo de hasta 1024 VRFs	Manejo de hasta 2,000 VRFs
<b>Velocidad de Backplane</b>	720 Gbps por slot	50 Gbps por slot
<b>Costo</b>	\$13,653.62	\$15,572.55

Tabla No 6.2 Comparación de equipos de la Capa Núcleo

Los equipos comparados presentan características similares, pero el equipo que se selecciona para que forme parte de la capa núcleo es el Cisco Catalyst ME 6524, ya que presenta mejores características para el manejo de tráfico y un menor tiempo de reconocimiento en nuevas rutas.

El Cisco Catalyst ME 6524, presenta una variada plataforma de equipos dentro de una familia diseñada exclusivamente para el manejo de MPLS, con facilidades de escalabilidad y con variedad de manejo de protocolos adicionales como IP. Tiene funcionalidad en capa 2 y capa 3, con facilidades de expansión mediante el uso de slots de diferentes características de acuerdo a lo requerido.

Para interconectar la fibra óptica monomodo se va a emplear transceiver de la marca Wamin modelo S1250-SC1-x3xA-xx(-Z), ya que este equipo tiene una tasa de transmisión de 1.25 Gbps y una distancia de hasta 30 Km, características ideales para el proyecto, cada nodo tendrá 2 transceiver con lo que se tendrá redundancia en el diseño.

### **6.7.1.3 Requerimientos para la adquisición de equipos LER MPLS**

Los requisitos que deben cumplir los LER MPLS son:

- Ofrecer QoS y servicios de MPLS
- Manejo de VRFs
- Interfaces Gigabit Ethernet
- Protocolos de enrutamiento capa 3.

### **6.7.1.4 Elección de equipos LER MPLS**

Para la elección de equipos, se presentan dos opciones, que se considera cumplen con los requerimientos planteados como equipos de borde, para esta propuesta de diseño, las cuales se describen a continuación:

<b>Características</b>	<b>Cisco 7204 VXR</b>	<b>Alcatel 7270 MSC</b>
<b>Descripción general</b>	Es un ruteador ofrece un excepcional rendimiento, es el ideal de Servicios de agregación WAN/MAN que se los puede usar como equipos de borde en una red, es ideal para el uso en redes MPLS	Es un portador de grado de servicios de borde, interruptor que se adapta agregando puertos e implementa los servicios para ATM / IP / MPLS de redes convergentes.
<b>Puertos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•48 puertos Ethernet 10BaseT.</li> <li>•30 Puertos Ethernet 10Base FL.</li> <li>•4 puertos para adaptación de Slots de expansión con capacidad óptica.</li> <li>•4 puertos para manejo ATM.</li> <li>•16 puertos para manejo de Token Ring (FDX,HDX).</li> <li>•32 puertos multicanal T3</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 4 puertos 10/100 Mb / s tarjeta Ethernet</li> <li>• 10/100Base-TX tarjeta E / S con Conectores RJ-45</li> <li>• 100Base-FX SMF de E / S</li> <li>• 100Base-FX MMF E/ S</li> <li>•8 puertos T1/E1 con la opción de IMA</li> <li>• 3 puertos DS3/E3, STM-1 eléctrica</li> <li>• OC-3/STM-1 con las siguientes interfaces ópticas: SR, IR, LR</li> </ul>
<b>Protocolos de Red</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ARP, IPCP, IP forwarding MPLS <ul style="list-style-type: none"> <li>• IPv6</li> </ul> </li> <li>• EIGRP, IGRP, IS-IS, OSPF</li> <li>• BGP, PIM, y RIP</li> <li>• IP, IP sobre ATM <ul style="list-style-type: none"> <li>• TCP</li> <li>• PPP</li> <li>• SNMP</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•PPP</li> <li>•X.25</li> <li>•SNA</li> <li>• Dinámica de enrutamiento OSPFv2</li> </ul>
<b>Características MPLS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•MPLS VPN.</li> <li>•MPLS QoS.</li> <li>•MPLS Ingeniería de Tráfico.</li> <li>•Cualquier transporte sobre MPLS.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Spanning Tree Protocol</li> <li>•MPLS VPN.</li> <li>•MPLS QoS.</li> </ul>

<b>VRF</b>	Maneja hasta 2000 VRFs	
<b>VLANs</b>	Maneja hasta 1024 VLANs por puerto	• Soporte VLAN (802.1Q)
<b>Costo</b>	\$4,391.15	\$1,750.00

Tabla No 6.3 Comparación de equipos LER

Los equipos comparados en la Tabla No 6.3 presentan características similares, pero el equipo que se selecciona para el funcionamiento como LER en la capa núcleo de la red, es el ruteador Cisco 7204VXR, que presenta mejores características para desempeñarse como equipo LER, y se ajusta a los requerimientos antes indicados.

Al ser un equipo modular, permite el crecimiento de la red, este equipo pertenece a una familia de equipos Cisco, que están caracterizados en el manejo de red MPLS VPN, y ofrecen una serie de servicios entre los distintos equipos.

### **6.7.2 Equipos de la Capa Distribución**

Los equipos de la capa Distribución deben ser equipos que tengan una gran capacidad de manejo de enlaces.

#### **6.7.2.1 Requerimientos de los Equipos de la Capa Distribución**

- Capacidad de manejo de enlaces de gran capacidad
- Manejo del protocolo Spanning Tree.
- Manejo de puertos alta velocidad.
- Manejo de puertos con mayor alcance.

### 6.7.2.2 Elección de Equipos de la Capa Distribución

Para la elección de equipos, se presentan dos opciones, que se considera cumplen con los requerimientos planteados para trabajar en la capa distribución, para esta propuesta de diseño, las cuales se describen a continuación:

<b>Características</b>	<b>Cisco Catalyst 3750 WS-C3750G-12S-SD</b>	<b>Dell PowerConnect™ 6224F</b>
<b>Descripción general</b>	Este switch está diseñado para manejo en capa 2 y 3 con un alto performace, maneja niveles bajos de potencias y posee 128 MB de memoria DRAM, y 16 MB de memoria Flash. Tiene posibilidad de brindar Calidad de Servicio y está diseñado para manejar grandes concentraciones de tráfico.	Este conmutador de nivel 3 de 24 puertos Gigabit Ethernet es apilable, ofrece enlaces ascendentes 10 Gigabit Ethernet opcionales y admite la última versión del Protocolo de Internet, IPv6, las características de seguridad avanzada y Calidad de Servicio (QoS).
<b>Interfaces</b>	12 puertos Gigabit de largo alcance. 16,24, 48 puertos 10 Base T, dependiendo de los slots de adaptación. 12 puertos 1000 Base SX 10 Gbase ER 10 Gbase LR	4 puertos combo para cobre o soporte de medios SFP. Módulos de enlace ascendente 10 Gigabit Ethernet. Módulo de apilamiento de 48 Gbps.
<b>Protocolos</b>	Protocolos de capa 2 y 3 IPv6, OSPF, IGRP, BGPv4. Cuando se maneja en capa 3 maneja mayor cantidad de VLANs que en capa 2	Rutas estáticas RIP, RIPv2, OSPF. ICMP, IRDP. VRRP, ARP, IGMP, DVMRP. DHCP.

<b>Spanning Tree</b>	Spanning Tree y Rapid Spanning Tree	Spanning Tree y Rapid Spanning Tree
<b>Manejo de Mac Address</b>	Máximo de 12000 Mac Address	Máximo 16000 Mac Address.
<b>Velocidad de backplane</b>	120 Gbps.	240 Gbps
<b>Hardware</b>	128 MB de memoria DRAM. 16 MB de memoria Flash.	256 MB de CPU SDRAM. 32 MB de memoria flash.
<b>Costo</b>	\$3,377.99	\$1,499.00

Tabla No 6.4 Comparación de equipos de la Capa de Distribución

De lo descrito en la tabla No 6.4, se puede observar que todos los equipos presentan similares características, se selecciona el equipo Cisco Catalyst 3750, que presenta mejores características y se ajusta a los requerimientos antes indicados.

### 6.7.3 Equipos de la Capa Acceso

Los equipos de la capa acceso, serán aquellos que permitan la interconexión de los clientes con la red, y que dispongan de gran capacidad de puertos entre sus características importantes.

#### 6.7.3.1 Requerimientos de los Equipos de la Capa Acceso

Los equipos que trabajen en esta capa deberán cumplir con las siguientes características:

- Manejo de gran cantidad de direcciones Mac.
- Manejo de VLANs

- Flexibilidad en la selección del canal
- Manejo de un gran ancho de banda.
- Portador de un grado de seguridad avanzado.
- Características de NLOS
- Puertos Gigabit
- Gestion Centralizada.

### 6.7.3.2 Elección de Equipos de la Capa Acceso

Entre las marcas de equipos que cumplen con las características descritas, se tiene las siguientes:

<b>Características</b>	<b>Airspan</b>		
<b>Modelo</b>	HiperMAX	MacroMAX	MicroMAXd
<b>Frecuencia (GHz)</b>	3,5; 5,8	3,5; 5,8	5.1, 5.4, 5.8
<b>Estándar</b>	IEEE 802.16-2004	IEEE 802.16-2004	IEEE 802.16-2004
<b>Potencia de transmisión (dBm)</b>	40	37	27
<b>Sensibilidad del Receptor (dBm)</b>	-115dBm (1/16), -100dBm (1/1)	-115dBm (1/16), -100dBm (1/1)	-115dBm (1/16), -100dBm (1/1)
<b>Ganancia de la Antena (dBi)</b>	Antena Externa 60°, 90°, 120° Omnidireccional	Antena Externa 60°, 90°, 120° Omnidireccional	12 18
<b>Costo</b>	\$35,000.00	\$20,250.00	\$3,000.00

Tabla No 6.5 Comparación de equipos de la Capa de Acceso

<b>Características</b>	<b>Proxim</b>				
<b>Modelo</b>	Tsunami MP.11 2454-R	Tsunami MP.11 5054-R	Tsunami MP.16 3500	Tsunami QB 8100 lnk-wd	Tsunami MP 8100
<b>Frecuencia (GHz)</b>	2.4-2.4835 GHz (13 channels)	5.25-5.35; 5.47-5.725; 5.725-5.850	3,4-3.6	2.3 – 2.5 GHz 4.9 – 6.0 GHz	2.3 – 2.5 4.9 – 6.0
<b>Estándar</b>	802.16-2004	802.16-2004	802.16-2004	802.16-2004	802.16-2004
<b>Potencia de transmisión (dBm)</b>	21	21	21	18	0 – 21dB, in 1dB steps
<b>Sensibilidad del Receptor (dBm)</b>	-	-	-	-	-
<b>Ganancia de la Antena (dBi)</b>	18	23	18	23	21
<b>Costo</b>	\$1,971.00	\$2,999.99	\$2,720.11	\$4,500.00	\$4,999.99

Tabla No 6.5 Comparación de equipos de la Capa de Acceso

En la Tabla No 6.5, se puede observar que el equipo Tsunami MP 8100, presenta mejores características para el enlace punto-multipunto, el mismo que se selecciona para que forme parte de los nodos de Nitón, Llimpe y San Francisco, aquí se ocuparan estos equipos que permitirán a los usuarios acceder a la red de Sisteldata, mientras que el equipo Tsunami QB 8100 lnk-wd también se selecciona para tener conectividad con Baños, a través de una conexión punto a punto entre Nitón y Loma Grande y a través de este se accede al cantón Baños.

Cabe recalcar que todos los equipos para conexiones inalámbricas son de la marca Proxim ya que ofrece mejores características, además la empresa Sisteldata ha estado trabajando con estos equipos teniendo buenos resultados en los enlaces realizados.

#### 6.7.4 Elección de Equipos Terminales (CPE)

Los equipos terminales, son aquellos que permiten la interconexión de las redes LAN de los clientes con la red de Sisteldata. Para el cliente de la red de Sisteldata, se va a seleccionar un tipo de conexión para la última milla, que son enlaces punto multipunto.

Enlaces punto multipunto: Este tipo de conexión dispone de una estación base que se ubicaran en los cerros de Nitón, Cevallos, Loma Grande y San Francisco, con lo que cubrirán la mayor parte geográfica de los cantones, a través de los CPE que se ubicaran donde se encuentre el cliente y que tendrán conexión con las estaciones base. Se tienen las siguientes alternativas para la selección de los CPE:

Características	Airspan		Proxim		
	EasyST	ProST	Tsunami MP.11 5012 CPE	Tsunami MP.11 5054-R	Tsunami MP 8150 CPE
<b>Frecuencia (GHz)</b>	3,5; 5,8	3,5; 5,8	5.25-5.35 (15 canales) 5.725-5.850 (21 canales)	5.25-5.35; 5.47-5.725; 5.725-5.850	5.3 ~ 6.1GHz
<b>Estándar</b>	802.16; 802.11b/g	802.16	802.16-2004	802.16-2004	-
<b>Potencia de transmisión (dBm)</b>	23	23	18	21	24
<b>Sensibilidad del Receptor (dBm)</b>	-103	-103	-	-	-
<b>Ganancia de la Antena (dBi)</b>	6dBi 4*90 omnidireccional	15, 18	18	23	16
<b>Costo</b>	\$412.00	\$523.00	\$250.00	\$2,999.99	\$399.00

Tabla No 6.6 Comparación de equipos terminales

De lo mostrado en la Tabla No 6.6, se puede observar que los equipos Tsunami MP 8150 CPE poseen mejores características, y de acuerdo a sus especificaciones pueden abarcar una velocidad de datos 300 Mbps y un rendimiento de 100 Mbps administrables es decir que de acuerdo a los requerimientos del cliente y sus necesidades se puede dar o reducir el ancho de banda.

## **6.6 Administración**

La importancia de la administración se ve en que está imparte efectividad a los esfuerzos de todos en la empresa. Ayuda a obtener mejor personal, equipos, materiales. Se mantiene al frente de las condiciones cambiantes y proporciona previsión y creatividad. El mejoramiento es su consigna constante.

El éxito de la empresa depende, directa e inmediatamente, de su buena administración y sólo a través de ésta, de los elementos materiales, humanos, etc. con que ese organismo cuenta.

Para las grandes empresas de Telecomunicaciones, la administración técnica o científica es indiscutible y obviamente esencial, ya que por su magnitud y complejidad, simplemente no podrían actuar si no fuera a base de una administración sumamente técnica y en constante cambio.

Para las empresas pequeñas y medianas, también, quizá su única posibilidad de competir con otras, es el mejoramiento de su administración, obtener una mejor coordinación de sus elementos: estructura, equipos, etc.

## **6.7 Previsión de la Evaluación**

Se capacitara con anticipación los aspectos fundamentales en cuanto a la nueva infraestructura y modo de operación del portador de servicios utilizando

tecnología MPLS para que la empresa Sisteldata cumpla sus objetivos planteados y así la empresa alcance un mayor mercado en la provincia.

Para garantizar que este esfuerzo se consolide en nuevas prácticas superiores, es necesario que Sisteldata pretenda dar un servicio de monitoreo permanente a los enlaces de todos sus clientes, ya que muchos clientes dependen en forma apremiante de las aplicaciones críticas al negocio, como, por ejemplo, la transferencia de datos, base de datos y correo electrónico, las cuales son utilidades indispensables para el funcionamiento diario de la empresa. Cualquier interrupción en estas utilidades cuesta caro a la empresa y frustra los clientes.

### **6.9.1 Análisis Económico**

Se tiene como objetivo tener una referencia de los costos involucrados para que la empresa ponga en marcha el proyecto, esto incluye principalmente concesión, permisos, equipos, entre otros.

Para el diseño propuesto se realizó un cálculo de costos referencial para los equipos a efectuarse en la nueva infraestructura del portador. Se considera que para el backbone principal los equipos que se encuentran en los nodos deben estar formados por anillos de fibra óptica monomodo, estos costos serán también incluidos en el cálculo referencial, los equipos de acceso y de usuario final serán inalámbricos, solo se considerara los equipos de acceso ya que se desconoce el número de posibles usuarios.

En caso de que el proyecto se implemente, se puede realizar un concurso de licitación para conocer exactamente los costos de los equipos que se van a necesitar.

### **6.9.1.1 Costos de Concesión**

A continuación se detallan el pago que la empresa Sisteldata debe realizar a la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones, SENATEL, para entrar en funcionamiento como un portador.

#### **6.9.1.1.1 Servicio Portador**

*Título habilitante:* Concesión.

*Proceso de Adjudicación:* directa, en el evento de que el número de solicitudes de concesión para la prestación de servicios portadores supere aquellas que puedan ser otorgadas o requieran el uso de un recurso limitado de acuerdo al informe o solicitud de la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones, podrá convocar a procesos públicos competitivos.

*Derechos de Concesión:* Se establece como derechos de concesión para la prestación del servicio portador regional para la provincia de Tungurahua el valor de USD 11.000,00 por los 15 años que dura la concesión. Y el valor de USD 3.000,00 como garantías bancarias. (Referencia 605-30-CONATEL-2006).

*Medio de Transmisión:* Físico.

*Título Habilitante:* Registros de Enlaces.

*Duración:* Asociado a la duración del título habilitante para la prestación de servicio portador.

*Derechos de Concesión:* USD 200 dólares por el registro de la infraestructura principal de la red (backbone). Para el pago de la concesión de servicios portadores sería 11 200,00 dólares que se debe cancelar con anterioridad.

#### **6.9.1.2 Costos Pre operacionales**

Se considera los gastos relacionados con las concesiones y permisos para el funcionamiento del portador de servicios.

Trámite	Costo (USD)
Concesión para servicios portadores	11000
Garantía de Fiel Cumplimiento	3000
Derechos de concesión	200
Total de costos gastos pre operacionales	14200

Tabla 6.7 Costos pre operacionales

### 6.9.1.3 Inversión en Equipos y Accesorios

En esta sección se presenta los costos aproximados de los activos fijos pre operacionales con un aproximado del 2 % para imprevistos, además de los activos fijos de oficina para 17 empleados, cabe señalar que se ha considerado precios internacionales para los equipos, a continuación presentamos el resumen de estos costos.

#### 6.9.1.3.1 Activos fijos para la Instalación del Servicio

En la Tabla No 6.9 se indica el número de equipos a implementar y su costo total, los costos que se indican pueden variar, dependiendo de los diferentes fabricantes, los precios son internacionales, se debe considerar que al ingresar cualquier equipo al país su valor se incrementara debido a los aranceles de la aduana.

Asimismo se debe tomar en cuenta el costo del tendido de fibra óptica, que se va a utilizar para el backbone, que cubrirá a los nodos de Pinllo, Llimpe y Nitón, además de la conexión entre el nodo de Pinllo y la base de San Francisco, con lo que se necesita tender 62870m de fibra óptica. Del total de la fibra óptica se ha calculado el 15% para reserva, la cual se ubicara en cada poste cada 200m, con lo que si sucede alguna ampliación en las calles, un choque en los postes o algún desastre natural, estas reservas nos ayudan a solucionar rápidamente los problemas.

<b>Tendido de Fibra Óptica</b>	<b>Metros (m)</b>	<b>Precio Unitario (USD)</b>	<b>Precio Total(USD)</b>
<b>Pinllo-Llimpe</b>	22040	3,7	81548
<b>Pinllo-Nitón</b>	18410	3,7	68117
<b>Llimpe-Nitón</b>	13600	3,7	50320
<b>Pinllo- San Francisco</b>	8820	3,7	32634
<b>Total</b>	62870		232619

Tabla 6.8 Tendido de Fibra Óptica

<b>Infraestructura</b>	<b>Ítem</b>	<b>Unidades</b>	<b>Precio unitario (USD)</b>	<b>Total (USD)</b>
<b>Capa Núcleo</b>	Cisco 6500	3	13.653,62	40960,86
	Cisco 7204	3	4.391,15	13173,45
	Fibra óptica	61550	3,7	227735
	Reserva de Fibra óptica	9232,5	3,7	34160,25
	Transceiver	8	74	592
	ODF	47	23	1081
	Pigtails	96	4,7	451,2
	Herraje	1930	10	19301,8
	Tensores	3860	0,4	1544,14
Postes	64	300	19200	
<b>Capa Distribución</b>	Cisco 3750	3	3.377,99	10133,97
<b>Capa de Acceso</b>	Tsunami MP 8100	3	4.999,99	14999,97
	Tsunami QB 8100 Ink-wd	8	4.500	36000
	Mástil	8	20	160
<b>Nodos</b>	Adecuaciones Eléctricas	4	3000	12000
<b>Subtotal</b>				431493,64
<b>Mano de Obra (20%)</b>				86298,72
<b>Imprevistos (2%)</b>				1725,97
<b>Total</b>				519518,34

Tabla 6.9 Activos fijos para la instalación del servicio

### 6.9.1.3.2 Costos de Operación en el Primer Año

A continuación se detallan los costos de operación para el primer año (2011), los costos que se consideran son los administrativos, suponiendo que para fines de proyección serán iguales para todos los meses que a continuación se resumen:

Ítem	Valor al mes	Valor al 1 año	Valor al 2 año	Valor al 3 año	Valor al 4 año
Pago de servicios básicos y arriendo.					
Agua, Luz, Teléfono	800	9600	9792	9987,8	10188
Arriendo	2500	30000	30600	31212	31836
Pago de personal					
Gerente General	1000	12000	12240	12485	12734
Gerente Técnico	750	9000	9180	9363,6	9550,9
Secretaría Ejecutiva	500	6000	6120	6242,4	6367,2
Contador	400	4800	4896	4993,9	5093,8
Personal Técnico(14 empleados)	4900	58800	59976	61176	62399
<b>TOTAL</b>	<b>10850</b>	<b>130200</b>	<b>132804</b>	<b>135460</b>	<b>138169</b>

Tabla 6.10 Costos de operación en el Primer Año

### 6.9.1.3.3 Costo Total de la Inversión Inicial

Para la inversión inicial se ha considerado los costos de pre-operación, inversión en activos fijos para brindar el servicio y una reserva para cubrir los costos operativos del primer mes del primer año.

Se puede apreciar en la Tabla No 6.11, el precio total para la implementación de la infraestructura es de 544568,34 USD. Esta cantidad está sujeta a una evaluación previa, en la que se establece una relación entre el costo obtenido del proyecto y los beneficios, que éste genera, para poder tomar la decisión de implementarlo.

Inversión	Costo mensual (USD)
Costos pre operacionales	14200
Inversión en activos fijos	519518,34
Previsión de un mes	10850
Total	544568,34

Tabla 6.11 Inversión Total

#### 6.9.1.4 Financiamiento

Para la empresa hay dos fuentes principales de financiamiento: las externas y las internas. Fuentes externas: Se obtiene a base del uso mercado de capitales o de crédito bancario. En el mercado de capitales, se participa mediante la negociación de valores representados generalmente por acciones, que conceden una participación en la propiedad de la empresa, y obligaciones o papeles.

Los créditos bancarios, en cambio, provienen de la banca comercial o de la banca de desarrollo. Esto se diferencia por las condiciones, tipo de interés, plazo, período de gracia y costos. Los créditos de la banca de desarrollo, son más flexibles.

La inversión inicial para el presente proyecto, se considera la alternativa de un crédito bancario, que Sisteldata realizara por un plazo de 10 años a través de un Banco o Cooperativa, de acuerdo a la mejor oferta que se tenga y que no exceda una tasa de interés del 12%, para que tenga rentabilidad el proyecto.

Fuentes internas: Constituyen una autofinanciación. Se genera con la participación de los propios beneficiarios del proyecto, mediante el uso de reservas y de las utilidades no distribuidas.

#### 6.9.1.5 Planes Tarifarios

Se presenta a continuación los servicios y la orientación del mercado que se va a establecer. Para establecer el mercado de usuarios se considero que las empresas pequeñas tienen una matriz y una agencia, las empresas medianas una matriz y de

dos hasta cinco agencias, y las empresas grandes una matriz y desde seis agencias en adelante.

Servicio	Mercado de usuarios
Voz, Transmisión de datos, Video	Empresas pequeñas(1 Agencia)
Voz, Transmisión de datos, Video	Empresas medianas(2-5 Agencias)
Voz, Transmisión de datos, Video	Empresas grandes(6 en adelante Agencias)

Tabla 6.12 Servicio a ofrecerse según el mercado

Los cálculos de la tarifa mensual se estableció en base a las tarifas de las otras empresas de telecomunicaciones teniendo un costo menor la tarifa mensual, el pago de instalación será por una sola vez, a continuación el resumen:

Ancho de banda	Local(Ciudad)	Regional(Cantón)
Red Privada 128 Kbps	\$ 60	\$ 100
Red Privada 256 Kbps	\$ 100	\$ 200
Red Privada 512 Kbps	\$ 115	\$ 270
Red Privada 1.0 Mbps	\$ 130	\$ 300
Red Privada 1.5 Mbps	\$ 160	\$ 380
Red Privada 2.0 Mbps	\$ 200	\$ 480
Red Privada 3.0 Mbps	\$ 300	\$ 520
Red Privada 4.0 Mbps	\$ 380	\$ 600
Red Privada 6.0 Mbps	\$ 480	\$ 700

Tabla 6.13 Costos del Servicio

Por ejemplo si un cliente contrata el servicio con capacidad 256 Kbps Regional es decir entre cantones tendría servicio voz, datos y video por lo que tendría que pagar 350 dólares por la instalación por una sola vez y un valor mensual de 270 dólares.

#### 6.9.1.6 Proyección de Ingresos

A partir de los ingresos por los servicios a ofrecer y los de instalación se estima el ingreso total anual, se considera un crecimiento del 0.5 para los abonados, tal como se puede apreciar en la Tabla 6.14 donde se resumen los abonados de la empresa por los diferentes mercados considerados.

Estimación de usuarios					
Datos de abonados	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Abonados Empresas Pequeñas	34	51	77	112	168
Abonados Empresas Medianas	26	39	59	89	133
Abonados Empresas Grandes	16	24	36	54	81
<b>Total de abonados</b>	<b>76</b>	<b>114</b>	<b>172</b>	<b>255</b>	<b>382</b>
Estimación de ingresos					
Ingresos por instalación					
Abonados Empresas Pequeñas	11900	17850	26950	39200	58800
Abonados Empresas Medianas	18200	27300	41300	62300	93100
Abonados Empresas Grandes	28000	42000	63000	94500	141750
<b>Sub total</b>	<b>58100</b>	<b>87150</b>	<b>131250</b>	<b>196000</b>	<b>293650</b>
Ingresos por servicios anuales					
Abonados Empresas Pequeñas	6800	10200	15400	22400	33600
Abonados Empresas Medianas	24960	37440	56640	85440	127680
Abonados Empresas Grandes	56000	84000	126000	189000	283500
<b>Subtotal</b>	<b>87760</b>	<b>131640</b>	<b>198040</b>	<b>296840</b>	<b>444780</b>
<b>Ingresos totales</b>	<b>145860</b>	<b>218790</b>	<b>329290</b>	<b>492840</b>	<b>738430</b>

Tabla 6.14 Proyección de Ingresos

Para los cálculos de los ingresos se han considerado que los abonados de las empresas pequeñas tienen una matriz y por lo menos una agencia con una red privada regional de 256 Kbps, los abonados de las empresas medianas tienen una matriz y por lo menos dos agencias con una red privada regional de 2.0 Mbps y finalmente los abonados de las empresas grandes tienen una matriz y por lo menos cinco agencias con una red privada regional de 6 Mbps.

### 6.9.1.7 Ingresos – Egresos

Se presenta el flujo de caja de la empresa en un periodo de 5 años de funcionamiento para esto se ha considerado que la inversión de toda la infraestructura se realiza en el año cero, además de una inflación del 2 % anual que será estimada para el aumento en el pago del personal, servicios básicos y arriendos, no se ha considerado los impuestos, depreciaciones y utilidades a empleados, a continuación el resumen de los ingresos y egresos.

ITEM	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
<b>INGRESOS</b>						
Instalación del servicio		58100	87150	131250	196000	293650
Cobro por servicios		87760	131640	198040	296840	444780
Total		145860	218790	329290	492840	738430
<b>EGRESOS</b>						
Inversión pre operacional	544568,34					
Total egresos		130200	132804	135460,1	138169,3	140933
Flujo neto	-544568,34	15660	85986	193829,9	354670,7	597497

Tabla 6.15 Flujo neto de la Empresa

## 6.9.1.8 Indicadores de Rentabilidad

### 6.9.1.8.1 Valor Actual Neto (VAN)

Representa la diferencia entre el valor actualizado de los ingresos de un proyecto y el valor actualizado de los egresos, expresado matemáticamente por la siguiente fórmula:

$$VAN = Mo + \left[ \frac{C_1}{(1+i)^1} \right] + \left[ \frac{C_2}{(1+i)^2} \right] + \left[ \frac{C_3}{(1+i)^3} \right] + \dots + \left[ \frac{C_N}{(1+i)^N} \right]$$

Donde:

- VAN: Valor Neto Actual
- Mo: Inversión Inicial
- $C_N$ : Flujo de Capital al año N
- i: Tasa de retorno o de oportunidad.

Cuando el VAN en un proyecto de inversión es mayor que cero indica que tiene rentabilidad.

$$VAN = -544568,34 + 15660/(1+0,1)^1 + 85986/(1+0,1)^2 + 193829,9/(1+0,1)^3 + 354670,7/(1+0,1)^4 + 597497/(1+0,1)^5$$

$$VAN = 26032,52$$

Considerando la tasa mínima aceptable de rendimiento del 10% anual, porcentaje con el cual se cubrirá rubros como son impuestos, amortizaciones y depreciación de equipos, cuyos valores no se tomaron en cuenta.

### 6.9.1.8.2 Tasa Interna de Retorno (TIR)

Consiste en caracterizarla como aquella tasa de interés que hace que el VAN de un proyecto sea igual a cero, también se puede considerar que el TIR a la tasa máxima que se dispondría a pagar a quién financia el proyecto, considerando que también se recupere la inversión.

Para este indicador se lo calcula con la siguiente fórmula:

$$VAN = 0 = -A + \left[ \frac{C_1}{(1 + TIR)^1} \right] + \left[ \frac{C_2}{(1 + TIR)^2} \right] + \left[ \frac{C_3}{(1 + TIR)^3} \right] + \dots + \left[ \frac{C_N}{(1 + TIR)^N} \right]$$

- VAN: Valor Neto Actual
- A: Inversión Inicial
- $C_N$ : Flujo de Capital al año N
- TIR: Tasa Interna de Retorno

$$VAN = 0 = -544568,34 + 15660/(1+TIR)^1 + 85986/(1 + TIR)^2 + 193829,9/(1 + TIR)^3 + 354670,7/(1 + TIR)^4 + 597497/(1 + TIR)^5$$

$$TIR = 11,40\%$$

Cuando el TIR es mayor a la tasa de interés esperada el proyecto es viable. Como se puede observar por los cálculos efectuados el proyecto si es viable.

Como la tasa de interés del financiamiento es menor que la tasa del TIR el proyecto es factible.

### 6.9.1.8.3 Relación Beneficio Costo (B/C)

Este índice, cuya utilización es muy frecuente en estudios de grandes proyectos públicos de inversión, se apoya en el método de valor presente neto, aunque esto

no impide que en ocasiones produzca resultados inconsistentes con los que arroja el VPN.

Para este indicador se lo calcula con la siguiente fórmula:

$$B/C(i) = \frac{VPN \text{ ingresos}(i)}{VPN \text{ egresos}(i)}$$

Esta relación indica la cantidad de dólares que se está ganando o perdiendo por cada dólar invertido; es decir que si el valor es mayor que uno es factible el proyecto.

Años	Inversión Inicial	Flujo de Egresos	VPN(i=20%)	Flujo de Ingresos	VPN(i=20%)	B/C
Año 0	-544568,34					
Año 1		-130200	-108500	145860	121550	
Año 2		-132804	-92225	218790	151937,5	
Año 3		-135460,1	-78391,25	329290	190561,34	
Año 4		-138169,3	-66632,56	492840	237673,61	
Año 5		-140932,7	-56637,67	738430	296758,45	
			-402386,49		998480,90	2,48

Tabla 6.16 Relación Costo Beneficio

En la Tabla 6.16 muestra que por cada dólar invertido la Empresa Sisteldata ganara 2,48 USD, por lo que resulta un proyecto rentable para la empresa.

## **6.10 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **CONCLUSIONES**

- El backbone principal estará formado por un anillo de fibra óptica de 12 hilos aérea entre los tres nodos con lo cual el portador tendrá un mayor ancho de banda, velocidad y seguridad.
- El uso de Wimax como tecnología de última milla nos permite tener llegar a la mayoría de usuarios que se encuentran en sitios remotos y abaratar costos en los enlaces.
- El diseñar una red jerárquica permite a la empresa detectar fallas rápidamente y la capacidad de ampliar nuevos usuarios sin alterar el funcionamiento del backbone.

### **RECOMENDACIONES**

- Se recomienda Wimax como tecnología inalámbrica para la ultima milla, ya que la Provincia del Tungurahua posee un relieve bastante irregular, además, se encuentran varias elevaciones alrededor del cantón debido a la cordillera andina y Wimax es la tecnología adecuada para trabajar tanto en NLOS y LOS.
- Utilizar los equipos Proxim en las comunicaciones inalámbricas, debido a sus características y a que en la empresa Sisteldata se han realizado los enlaces con esta marca teniendo un ancho de banda superior y real respecto a las otras marcas.
- Adquirir libros, documentos acerca de la tecnología MPLS, ya que es una tecnología que se está implementando en las grandes empresas de Telecomunicaciones, y al momento no existe ninguna información acerca del tema en la Facultad.

## 1. BIBLIOGRAFÍA

### 1.1 Libros, Folletos:

- DÍAZ, Fausto, “Metodología de la Investigación”, Facultad de Ciencias Administrativas, Universidad Técnica de Ambato, Ambato-Ecuador, 2002.
- ABRIL PORRAS Víctor Hugo, “Técnicas de Investigación Científica”, Maestría en Psicología Educativa, Centro de Estudios de Posgrado, Universidad Técnica de Ambato, Ambato – Ecuador, 2003, 113 pp.
- MPLS  
DOMÍNGUEZ, Manuel, “Proyecto de Garantía de Servicio (GoS) sobre MPLS mediante técnicas activas”,2004
- Diseño jerárquico en tres capas  
GONZÁLEZ, Fabio, “Diplomado Superior en Plataformas Operativas para Internetworking”, MóduloVII, 2004.
- Capa Acceso  
Cisco Systems, Inc, Academia de Networking de Cisco Systems, Guía del primero año. CCNA 1 y 2 Tercera Edición
- Diseño de la capa Núcleo  
PROAÑO, Hugo, “Manual de Procedimientos: Descripción del Backbone”2007.
- Protocolo IS-IS  
TANENBAUM, Andrew, “Redes de Computadoras”, págs. 365-366, Prentice Hall, México 2003, 4ta edición
- Protocolo OSPF

TANENBAUM, Andrew, “Redes de Computadoras”, págs. 795-796,  
Prentice Hall, México 2003, 4ta edición

- Calidad de servicio (QoS)

PEPELNJAK Ivan, Guichard Jim, “MPLS and VPN Architectures”,  
Capítulo 1 página 20

- Redes privadas virtuales (VPNs)

PEPELNJAK Ivan, Guichard Jim, “MPLS and VPN Architectures”,  
Capítulo 1 página 22

- MARCHÁN, Julia, YÁNEZ Daniel, “Estudio y diseño para la migración de una red gigabit ethernet de datos de una empresa portadora de servicios a la tecnología MPLS (Multiprotocol label switching)”, Quito, Abril de 2008

- CARRERA Christian, JURADO, Jorge, “Estudio de factibilidad para la implementación de una empresa de telecomunicaciones orientada a la prestación de los servicios portadores en el país”, Quito, Junio 2007

- LOJÁN, Fernando, OCHOA, Bolívar, “estudio de aplicabilidad de tecnología Wifi, Wimax y Mesh en enlaces de larga distancia en medios rurales”, Septiembre 2009

- ALBUJA, Fernando, HERNÁNDEZ, Cristian, “diseño de una red inalámbrica aplicando tecnología Wimax para los cantones de Cayambe, Pedro Moncayo y Otavalo para la corporación nacional de telecomunicaciones CNT S.A. ”, Quito, Enero 2010.

## 1.2 Fuentes de Internet:

- MPLS

<http://www.networkworld.es/Articulo.aspx?ida=187143&seccion=articulo&AspxAutoDetectCookieSupport=1>

<http://tic-tac.teleco.uvigo.es/profiles/blogs/un-acercamiento-a-los>

<http://www ldc.usb.ve/~poc/RedesII/Grupos/G5/introduccion.html>

TRILLIUM, L., “Multiprotocol Label Switching (MPLS), The International Engineering Consortium”, <http://www.iec.org/tutorials/>.

MPLS, “Making the Most of Ethernet in the Metro. RIVERSTONE NETWORKS”. [www.mpls.com/articles.shtml](http://www.mpls.com/articles.shtml).

- Elementos de MPLS

CALDERÓN, Oscar, “Redes de Nueva Generación”, noviembre 2007,

<http://calypso.unicauca.edu.co/gntt/oscarc/INTRO-REDES/INTRO-CAP-VI-RDATOS.pdf>

- Protocolo de Distribución de Etiquetas (LDP)

HESSELBACH Xavier, “Problemas Abiertos en MPLS”,

[www.80.34.206.133/netica/com/mpls-v3.pdf](http://www.80.34.206.133/netica/com/mpls-v3.pdf)

- Ingeniería de tráfico

Universidad Nacional del Nordeste. Facultad de Ciencias Exactas. Trabajo Final de Aplicación. “MPLS Multiprotocol Label Switching.” [exa.unne.edu.ar/depar/areas/informatica/SistemasOperativos/libmpls.PDF](http://exa.unne.edu.ar/depar/areas/informatica/SistemasOperativos/libmpls.PDF)

MUÑOZ, Wilmar, “Mecanismos de Balanceo de Carga en MPLS con RSVP-TE y OSPF”, noviembre 2006, [www.unicauca.edu.co/](http://www.unicauca.edu.co/)

- Calidad de Servicio

BLÁZQUEZ, Juan, “Multiprotocol Label Switching: MPLS”,  
[www.danysoft.info/MPLS](http://www.danysoft.info/MPLS)  
[www.danysoft.info/free/MPLS.pdf](http://www.danysoft.info/free/MPLS.pdf)

- Redes privadas virtuales con MPLS

NADER, Roberto “Redes Privadas Virtuales”,[www.entarasys.com/la](http://www.entarasys.com/la), 2004

- OSPF Open Shortest Path First

[http://es.wikipedia.org/wiki/Open\\_Shortest\\_Path\\_First](http://es.wikipedia.org/wiki/Open_Shortest_Path_First)

Donoso Yezid, “Multicast IP sobre MPLS”,

[bcds.udg.es/papers/pi\\_ydonoso.pdf](http://bcds.udg.es/papers/pi_ydonoso.pdf), 2006

- Clases de servicio (CoS) y Redes Privadas Virtuales (VPNs)

<http://www.monografias.com/trabajos29/informacion-mpls/informacion-mpls.shtml>

<http://www.danysoft.com/?s=mpls>

VIRTUAL PRIVATE NETWORKS, “Internetworking Technology Handbook”,

[www.cisco.com/univered/cc/td/doc/ciscintwk\\_doc](http://www.cisco.com/univered/cc/td/doc/ciscintwk_doc), Octubre 2006

- Medio de transmisión

[http://es.wikipedia.org/wiki/Medio\\_de\\_transmisi%C3%B3n](http://es.wikipedia.org/wiki/Medio_de_transmisi%C3%B3n)

- Normas de Fibra Óptica

<http://www.monografias.com/trabajos69/normas-fibra-optica/normas-fibra-optica2.shtml>

[http://nemesis.tel.uva.es/images/tCO/contenidos/tema2/tema2\\_1\\_1.htm](http://nemesis.tel.uva.es/images/tCO/contenidos/tema2/tema2_1_1.htm)

<http://www.yio.com.ar/fo/conectores.html>

[http://es.wikipedia.org/wiki/Fibra\\_%C3%B3ptica](http://es.wikipedia.org/wiki/Fibra_%C3%B3ptica)

<http://www.textoscientificos.com/redes/fibraoptica/tiposfibrasipan.inictel.gob.pe/refiop0/uploads/OTDR2.doc>

[http://es.wikipedia.org/wiki/Instalaci%C3%B3n\\_a%C3%A9rea\\_de\\_fibra\\_%C3%B3ptica](http://es.wikipedia.org/wiki/Instalaci%C3%B3n_a%C3%A9rea_de_fibra_%C3%B3ptica)

- Topologías para Redes

<http://www.monografias.com/trabajos15/topologias-neural/topologias-neural.shtml>

- Tendido y Verificación de Redes de Fibra

<http://www.marga.com.ar/~marga/6677/tp2/tp2-redes-fibra.pdf>

- Wimax

<http://www.configurarequipos.com/doc1087.html>

<http://es.wikipedia.org/wiki/WiMAX>

[www.uv.es/montanan/ampliacion/trabajos/Wimax.ppt](http://www.uv.es/montanan/ampliacion/trabajos/Wimax.ppt)

<http://www.monografias.com/trabajos63/tecnologia-wimax/tecnologiawimax2.shtml>

<http://nomadenet.bligoo.com/content/view/210103/WiMAX.html>

- Estándar IEEE 802-16

[www.ieee802.org/16/pubs/80216e.html](http://www.ieee802.org/16/pubs/80216e.html)

<http://whitepapers.zdnet.com/abstract.aspx?docid=966663>

- Diseño Jerárquico

<http://terezitaquintana.blogspot.com/2009/02/disenio-jerarquico.html>

<http://webea.net/indice/disenio-jerarquico#ixzz1BntZTVCR>

# ANEXOS

# **ANEXO 1**

# **GLOSARIO**

**ANSI** Instituto Nacional Americano de Estándares (American National Standards Institute)

**ATM** Modo de transferencia asincrónica (Asynchronous Transfer Mode)

**BGP** Protocolo de gateway fronterizo (Border Gateway Protocol)

**CoS** Clases de Servicio (Class of Service)

**CONATEL** Consejo Nacional de Telecomunicaciones

**CR-LDP** Protocolo de distribución de etiquetas con enrutamiento basado en restricciones (Constraint Based Routing Label Distribution Protocol)

**CLNP** Protocolo sin conexión de red (ConnectionLess Network Protocol)

**FEC** Clase equivalente de envío (Forward Equivalence Class)

**IANA** Internet Assigned Numbers Authority (Asignación de Números de Internet)

**ICMP** Protocolo de mensaje de control en Internet (Internet Control Message Protocol)

**IEEE** Instituto de Ingenieros Electrónicos y Electrónicos (Institute of Electrical and Electronic Engineers)

**IETF** Fuerza de Tareas de Ingeniería de Internet (Internet Engineering Task Force)

- IP** Protocolo Internet (Internet Protocol)
- IGP** Protocolo de gateway interior (Internet Gateway Protocol)
- IMC** Industria, Científica, Médica
- IS-IS** Sistema intermedio a sistema intermedio (Intermediate System – Intermediate System)
- ISO** Organización Internacional de Estandarización (International Organization for Standardization)
- ISP** Proveedor de servicios de Internet (Internet Service Provide)
- ITU** Unión Internacional de Telecomunicaciones.
- LER** Ruteador de conmutación de etiquetas de borde (Label Edge Router).
- LDP** Protocolo de Distribución de Etiquetas (Label Distribution Protocol).
- LAN** Red de área local (Local Area Network).
- LED** Diodo emisor de luz (Light Emulating Diode).
- LIFO** Último en entrar, primero en salir (Last In First Out)
- LSR** Ruteador de conmutación de etiquetas (Label Switched Router).
- LSP** Ruta conmutada de etiquetas (Label Switched Path).
- MAN** Red de área metropolitana (Metropolitan Area Network).

**MPLS** Multiprotocolo de Conmutación de Etiquetas (Multiprotocol Label Switching).

**OSPF** El Primero la ruta más corta (Open Shortest Path First).

**OFDMA** Multiplexado por división de frecuencia ortogonal

**OSI** Modelo de Referencia de Sistemas Abiertos de Interconexión, (Open System Interconnection Reference Model).

**PDU** Unidades de Datos de Protocolo (Protocol Data Units)

**QoS** Calidad de Servicio (Quality of Service).

**RFC** Petición de comentarios (Request For Comment )

**RSVP** Protocolo de reservación de recursos (Resource Reservation Protocol).

**SENATEL** Secretaria Nacional de Telecomunicaciones.

**SLA** Acuerdo de nivel de servicio (Service Level Agreement).

**TTL** Tiempo de vida (Time to live).

**TE** Ingeniería de Tráfico (Traffic Engineering).

**TCP** Protocolo de control de transmisión (Transmission Control Protocol)

**VRF** Tabla de ruteo virtual (Virtual Routing and Forwarding).

**VLAN** Red de área local virtual (Virtual Local Area Network).

**VLSM** Máscaras de subred de tamaño variable (variable length subnet mask)

**VPN** Red privada virtual (Virtual Private Network).

**WAN** Red de área amplia (Wide Area Network).

# **ANEXO 2**

# **ENCUESTAS**



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN SISTEMAS  
ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL



La presente encuesta tiene la finalidad de conocer todo lo referente a las comunicaciones entrevistando al GERENTE GENERAL Y GERENTE TÉCNICO de la empresa “SISTELDATA”

**INSTRUCCIONES:**

↳ Leer detenidamente la Pregunta

**1) ¿Cuál es la situación actual del funcionamiento de las comunicaciones en la empresa?**

- 1. Excelente ( )
- 2. Buena ( )
- 3. Regular ( )
- 4. Mala ( )

**2) ¿Cómo considera usted a la velocidad actual de los enlaces de datos?**

- 1. Rápida ( )
- 2. Lenta ( )
- 3. Muy lenta ( )

**3) ¿Se tiene arrendada o comprada alguna frecuencia?**

- 1. Si se tiene arrendada ( )
- 2. No se tiene arrendada ( )

**4) ¿En los enlaces actuales que ancho de banda soportan los enlaces?**

- 1. De 300kbps a 600kbps ( )
- 2. De 600kbps a 1200kbps ( )
- 3. De 1200kbps a 2400kbps ( )
- 4. Mayor a 2400kbps ( )

**5) ¿Conoce algo sobre la tecnología MPLS?**

- 1. Si ( )
- 2. No ( )

**6) ¿Qué medio de transmisión considera usted que es el más apropiado para el portador en la provincia?**

- 1. Fibra óptica ( )
- 2. Radio frecuencia ( )
- 3. Cobre ( )

**7) ¿Ha sufrido los enlaces algún tipo de vulnerabilidades?**

- 1. Nunca ( )
- 2. Rara vez ( )
- 3. Frecuentemente ( )

**8) ¿Los enlaces que actualmente se encuentran funcionando tienen calidad de servicio?**

- 1. Si tienen calidad de servicio ( )
- 2. No tienen calidad de servicio ( )

Observaciones:.....

**GRACIAS POR SU COLABORACIÓN**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN SISTEMAS**  
**ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL**



La presente encuesta tiene la finalidad de conocer todo lo referente a la estructura técnica entrevistando a los EMPLEADOS de la empresa “SISTELDATA”

**INSTRUCCIONES:**

↳ Leer detenidamente la Pregunta

**1. ¿La estructura física para la transmisión de datos es para usted?**

- 1. Excelente ( )
- 2. Buena ( )
- 3. Regular ( )
- 4. Mala ( )

**2. ¿El diseño de una nueva infraestructura para la transmisión de datos voz y video, considera usted que es?**

- 1. Necesaria ( )
- 2. Innecesaria ( )

**3. ¿De los siguientes ítems cual considera usted que es el más importante en la red de datos de esta empresa?**

- 1. Velocidad ( )
- 2. Seguridad ( )
- 3. Ancho de banda ( )
- 4. Los tres ítems anteriores ( )

**4. ¿Cuáles han sido los problemas más frecuentes por los que se han caído los enlaces?**

- 1. Infraestructura ( )
- 2. Lugar ( )
- 3. Clima ( )

**5. ¿Con que frecuencia se han caído los enlaces que actualmente se encuentran en funcionamiento?**

- 1. Nunca ( )
- 2. Rara vez ( )
- 3. Frecuentemente ( )

Observaciones:.....

**GRACIAS POR SU COLABORACIÓN**

# **ANEXO 3**

## **REQUISITOS PARA OBTENER LA CONCESIÓN DE SERVICIOS PORTADORES DE TELECOMUNICACIONES**

**DIRECCIÓN GENERAL DE SERVICIOS AL PÚBLICO**  
**REQUISITOS PARA OBTENER LA CONCESIÓN DE SERVICIOS**  
**PORTADORES DE TELECOMUNICACIONES**

En cumplimiento del artículo 14 del Reglamento para otorgar concesiones de los servicios de telecomunicaciones (reformado mediante Resolución No. 483-20-CONATEL-2008), el peticionario de una concesión para prestar servicios de telecomunicaciones (Servicio de Telefonía Fija Local, Servicios Portadores nacionales o regionales, Servicio final de telecomunicaciones por satélite, y los que determine el CONATEL), deberá presentar, ante la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones, una solicitud acompañada de un Plan de Concesión escrito y fundamentado conteniendo, por lo menos, la siguiente información:

1. Información e Identificación del solicitante.-

- a. Una hoja con la siguiente información: nombre del solicitante; nombre del contacto, direcciones y teléfonos y correo electrónico.
- b. Cuando se trate de una persona natural: nombres, apellidos del solicitante.  
En caso de personas jurídicas: razón social o denominación objetiva y nombre del representante legal;
- c. Copia de la cédula de identidad, de ciudadanía o pasaporte de la persona natural;
- d. Copia del Registro Único de Contribuyentes (RUC);
- e. Copia certificada o protocolizada, del nombramiento del representante legal, que se halle vigente, debidamente inscrito en el Registro. Mercantil;
- f. Para las personas jurídicas, se deberá presentar el certificado de existencia legal de la compañía, capital social, objeto social, plazo de duración y cumplimiento de obligaciones extendido por la Superintendencia de Compañías;
- g. Copia del Estatuto Social de la compañía y sus reformas, si fuere el caso;
- h. La declaración juramentada de la persona natural o del representante legal de la persona jurídica, de no hallarse impedido de contratar con el Estado; e,

i. Informe de la Superintendencia de Telecomunicaciones respecto de la prestación de servicios de telecomunicaciones del solicitante y sus accionistas, incluida la información de imposición de sanciones en caso de haberlas

2. Descripción detallada del o de los servicios a prestar.
3. Estudio de Mercado y del Sector describiendo los usos actuales y potenciales del o los servicios; la segmentación demográfica y comportamiento del mercado potencial; la competencia directa e indirecta y las bases de esta competencia; ubicación y dimensión del mercado objetivo del servicio determinando las bases de segmentación; la demanda esperada; y, el análisis de precios existentes en el mercado.
4. Proyecto Técnico, sustentado en un estudio general de Ingeniería que al menos contenga:

a. Descripción técnica detallada de cada servicio propuesto, incluyendo cobertura geográfica de éste;

b. Proyecto técnico que describa los equipos, redes, la localización geográfica de los mismos, los requerimientos de conexión e interconexión, la identificación de los recursos del espectro radioeléctrico que sean necesarios, si fuere el caso, con precisión de bandas y anchos requeridos y los elementos necesarios para demostrar la viabilidad técnica, firmado por un ingeniero en electrónica o telecomunicaciones, con título legalmente reconocido por el organismo competente; y,

c. Plan tarifario propuesto.

5. Descripción de la Organización y Respaldo General presentando la capacidad profesional y experiencia del equipo directivo, la estructura organizacional dimensionada y el modelo de operación para la concesión.
6. Análisis y viabilidad financiera en un horizonte de 5 años, determinando el tamaño y distribución temporal de las inversiones los costos y gastos de

arranque y operación; proyección de los estados financieros, entre los principales: Estado de Resultados, Flujo de Caja y Balance General; y, la viabilidad financiera por métodos de común aceptación.

7. Adicionalmente, cuando el solicitante sea persona natural: copia de las declaraciones de impuesto a la renta correspondientes a los dos últimos ejercicios económicos. Cuando el solicitante sea una persona jurídica: copia de los estados financieros presentados a la Superintendencia de Compañías, correspondientes a los dos últimos ejercicios económicos y copia de los informes de auditores externos por los mismos períodos, de ser el caso.
8. Evaluación de Riesgo y Estrategia de Mitigación, que identifica y dimensiona los posibles riesgos antes y durante la operación; y, presenta posibles estrategias de mitigación.
9. Acuerdos de soporte a la Concesión definiendo los posibles acuerdos comerciales y financieros para soportar el negocio.

**Nota:** El artículo 2 de la resolución No. 483-20-CONATEL-2008 dispuso *“Encargar a la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones la elaboración de un instructivo que permita la evaluación estandarizada de la capacidad técnica, económica y legal de las Personas Naturales o Jurídicas solicitantes de una concesión para prestar servicios de telecomunicaciones, en base a la información requerida en el artículo 14 reformado.”*; razón por la cual, una vez que haya sido elaborado el instructivo en mención, las solicitudes presentadas para la obtención de concesión de servicios de telecomunicaciones (Servicio de Telefonía Fija Local, Servicios Portadores nacionales o regionales, Servicio final de telecomunicaciones por satélite, y los que determine el CONATEL), deberán ser actualizadas a dicho instructivo a fin del análisis y consideración correspondientes.

**Concesiones para la prestación de servicios de telecomunicaciones que requieran de uso de frecuencias del espectro radioeléctrico:**

El solicitante deberá obtener además el título habilitante para la prestación del servicio, en caso de que sea necesario, el título habilitante para el uso de frecuencias de manera simultánea, de acuerdo a con los requisitos establecidos para el efecto.

**DERECHOS PORTADOR REGIONAL:**

Concesión Mediante Resolución 605-30-CONATEL-2006

Para concesiones regionales que se realicen dentro del período de cinco años contados a partir de la vigencia de la presente resolución, se establecen los siguientes valores de derecho de concesión, por cada provincia:

**PROVINCIA Valor - Concesión regional**

TUNGURAHUA \$ 11.000,00

El valor del derecho de concesión para una región conformada por dos o más provincias colindantes, será el equivalente a la suma de los valores de derecho de concesión parciales de cada una de dichas provincias, con excepción de la aplicación del artículo 4 de la Resolución 605-30-CONATEL-2006.

**Garantía de Fiel Cumplimientos del Contrato:** El valor por concepto de dicha garantía para la prestación de Servicios Portadores Regionales, se aplicará de acuerdo a la siguiente tabla, por provincia:

**PROVINCIA Valor**

TUNGURAHUA \$ 3.000,00

El valor de la garantía de fiel cumplimiento para una región conformada por dos o más provincias colindantes, será el equivalente a la suma de los valores de garantía parciales de cada una de dichas provincias.

**Registro**

Mediante Resolución 403-16-CONATEL-2001, El Consejo Nacional de Telecomunicaciones resuelve establecer los siguientes derechos administrativos por el registro de: a) US 200 para registro de infraestructura física requerida para la prestación de los servicios de telecomunicaciones.

**DURACIÓN**

El título habilitante para la prestación de los servicios portadores tendrá una duración de 15 años renovable por igual período a solicitud escrita del concesionario presentada con cinco (5) años de anticipación a la fecha de vencimiento y con sujeción al reglamento pertinente.

**DATOS RELEVANTES REGLAMENTO**

La concesión de servicios portadores permite: Servicios portadores son los servicios de telecomunicaciones que proporcionan la capacidad necesaria para la transmisión de signos, señales, datos, imágenes y sonidos entre puntos de terminación definidos de red.

Área de cobertura: Nacional e Internacional. Implica que la prestación de servicios y la instalación de infraestructura se pueden hacer en todo el territorio nacional registrando la infraestructura en la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones.

Tipo de redes: Cualquier tipo de redes, físicas o inalámbricas conmutadas o no conmutadas.

Tecnología: Se puede instalar cualquier tipo de tecnología o protocolo, frame relay, spread spectrum, etc.

Valor de concesión único: El pago es único sin el pago de adicionales por montos inversión o tasas variables adicionales a excepción del 1% de los ingresos facturados y percibida para el fondo para el desarrollo de las telecomunicaciones.

Acceso a usuarios de Internet por medio de estos servicios: Si

## **REGISTRO PARA USO DE FRECUENCIAS – PERSONAS NATURALES O JURÍDICAS**

Los interesados en instalar y operar sistemas de espectro ensanchado de gran alcance, sean estos PRIVADOS o de EXPLOTACIÓN, en cualquier parte del territorio nacional, deberán presentar los siguientes requisitos:

### **Información Legal**

1. Solicitud dirigida al Señor Secretario Nacional de Telecomunicaciones, indicando el tipo de Servicio al cual aplica; debe también constar el nombre y la dirección del solicitante (para personas jurídicas, de la compañía y el nombre de su representante legal).
2. Copia de la cédula de ciudadanía (para personas jurídicas, del representante legal).
3. Otros documentos que la SENATEL solicite.

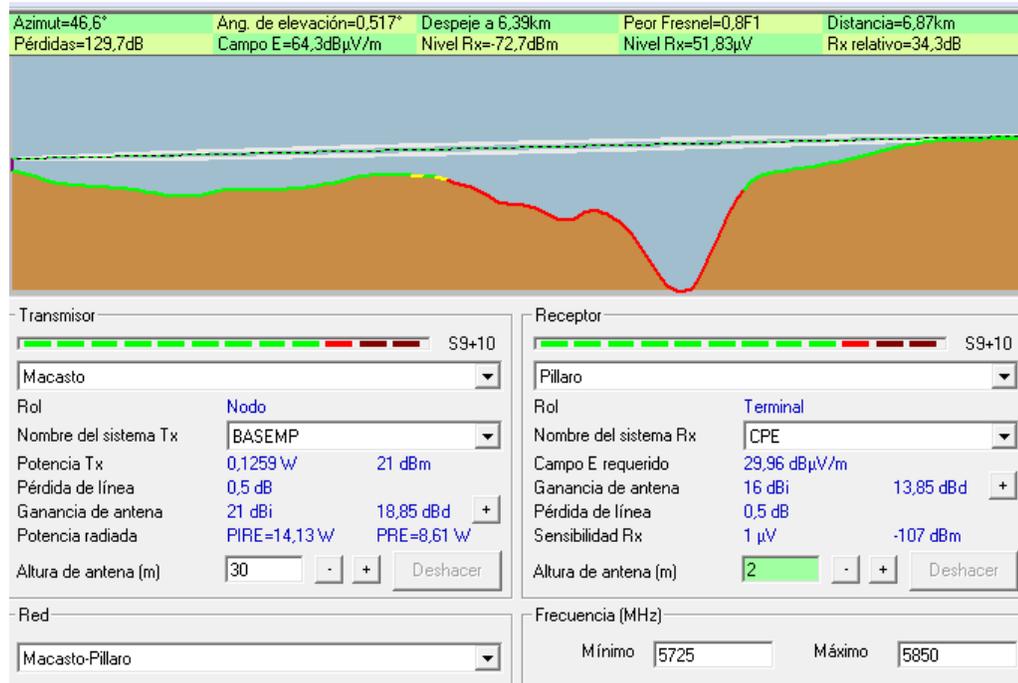
### **Información Técnica**

4. Estudio técnico del sistema elaborado en los formularios disponibles en la página Web del CONATEL, suscrito por un ingeniero en electrónica y telecomunicaciones, con licencia profesional vigente en una de las filiales del Colegio de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos del Ecuador (CIEEE) y registrado para tal efecto en la SENATEL.
5. Copia de la licencia profesional vigente del ingeniero que ha realizado el estudio de ingeniería correspondiente.

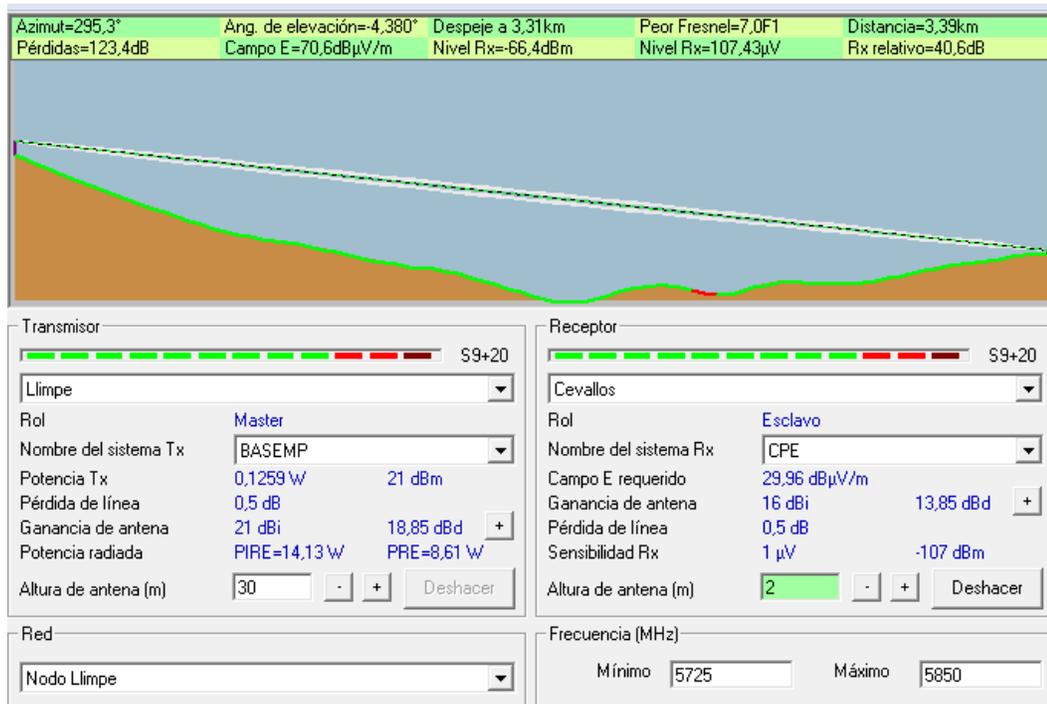
# **ANEXO 4**

## **DISTANCIA APROXIMADA DE LOS ENLACES**

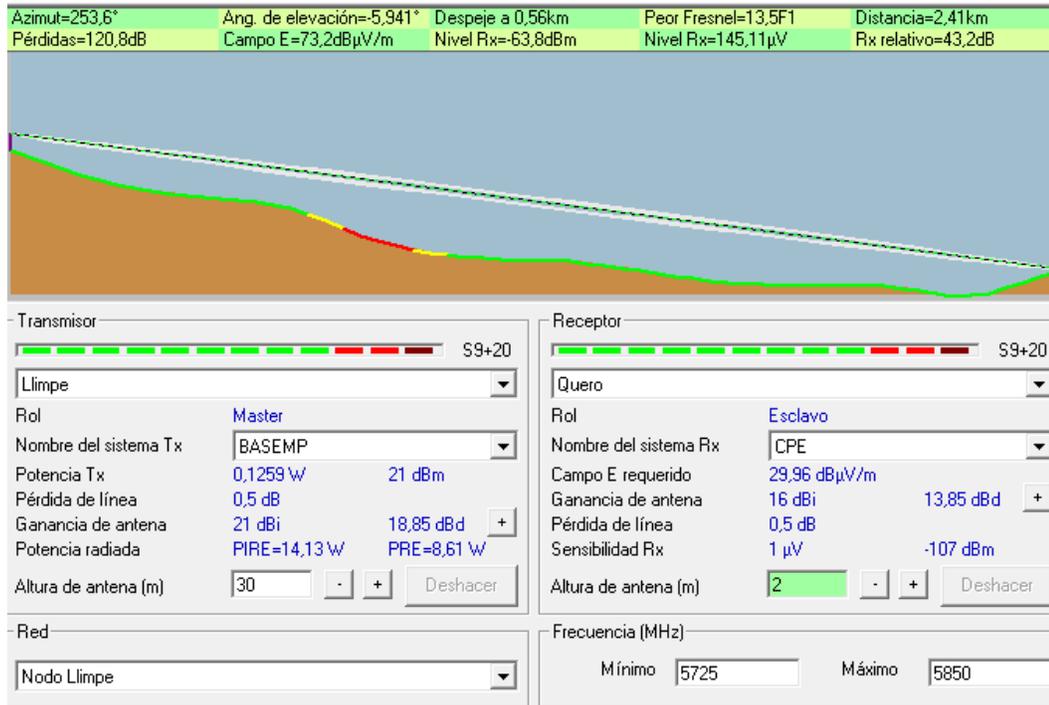
## ENLACES ENTRE BASE Y CPE ENLACE MACASTO-PÍLLARO



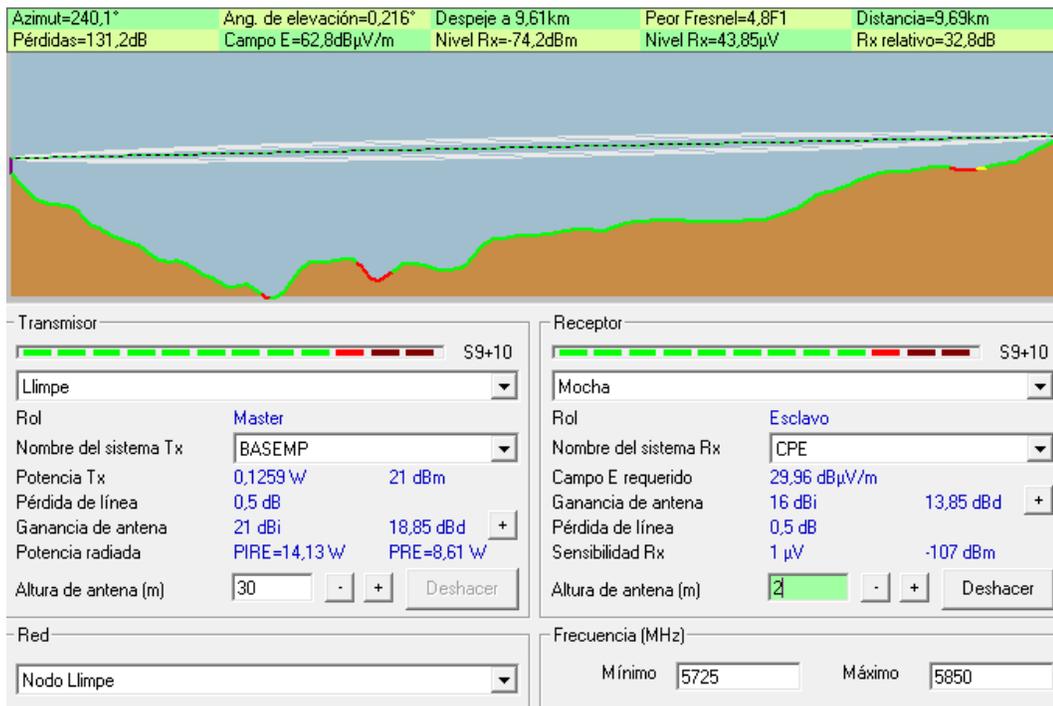
## ENLACE LLIMPE-CEVALLOS



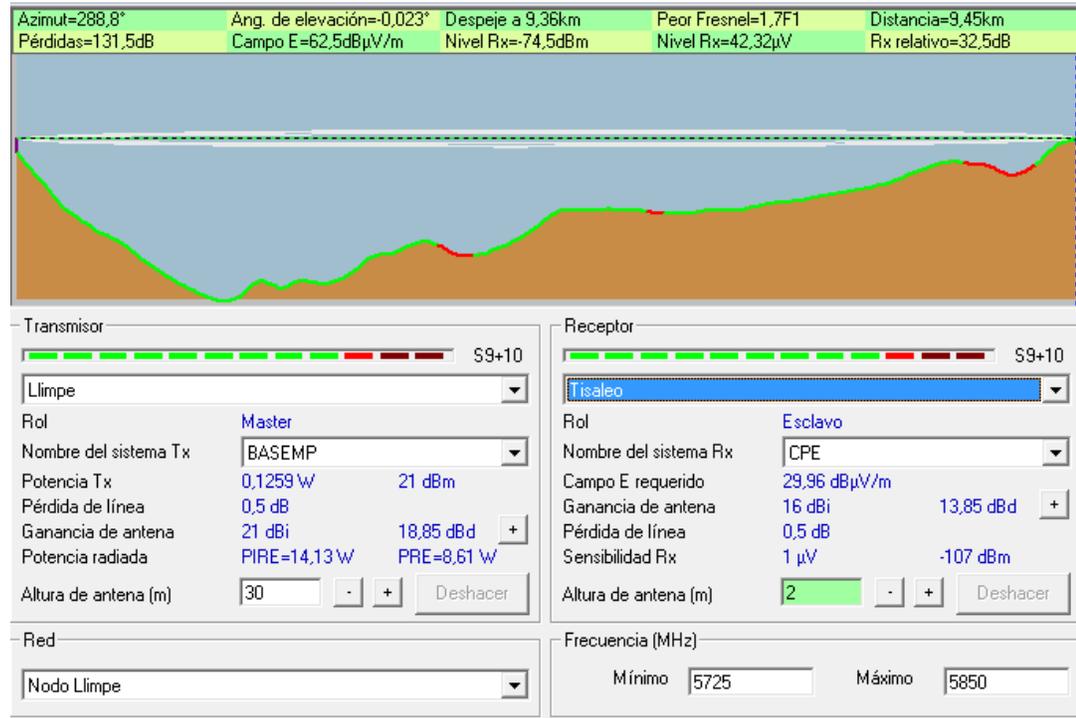
## ENLACE LLIMPE-QUERO



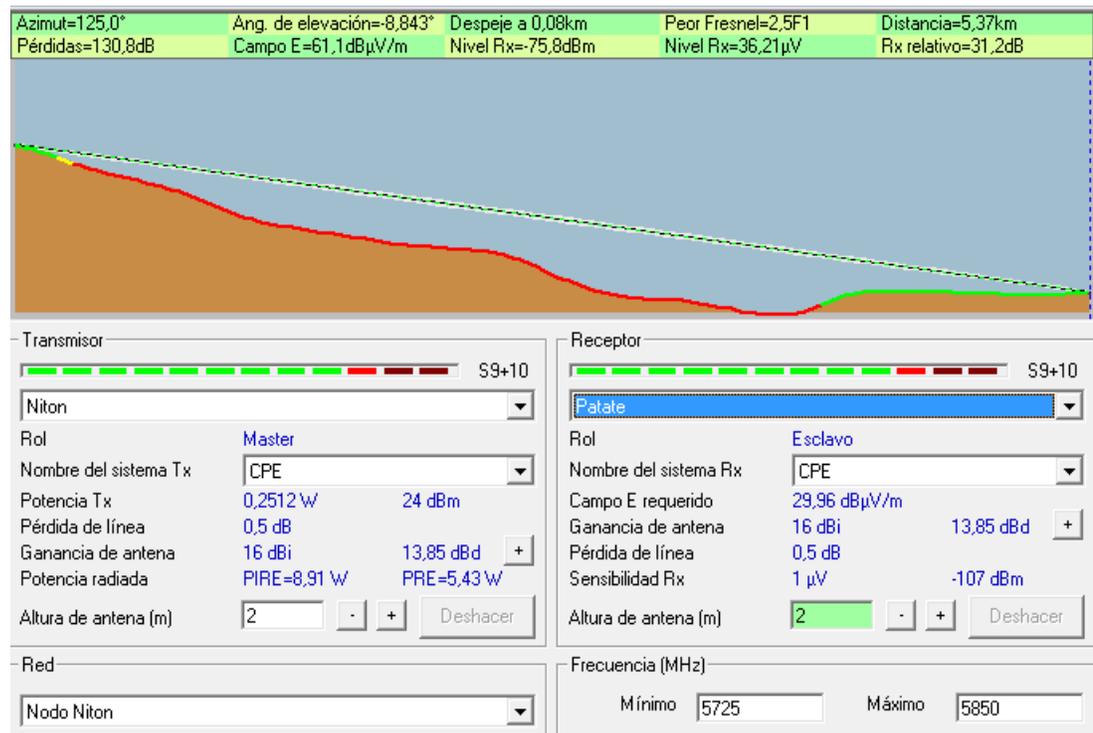
## ENLACE LLIMPE-MOCHA



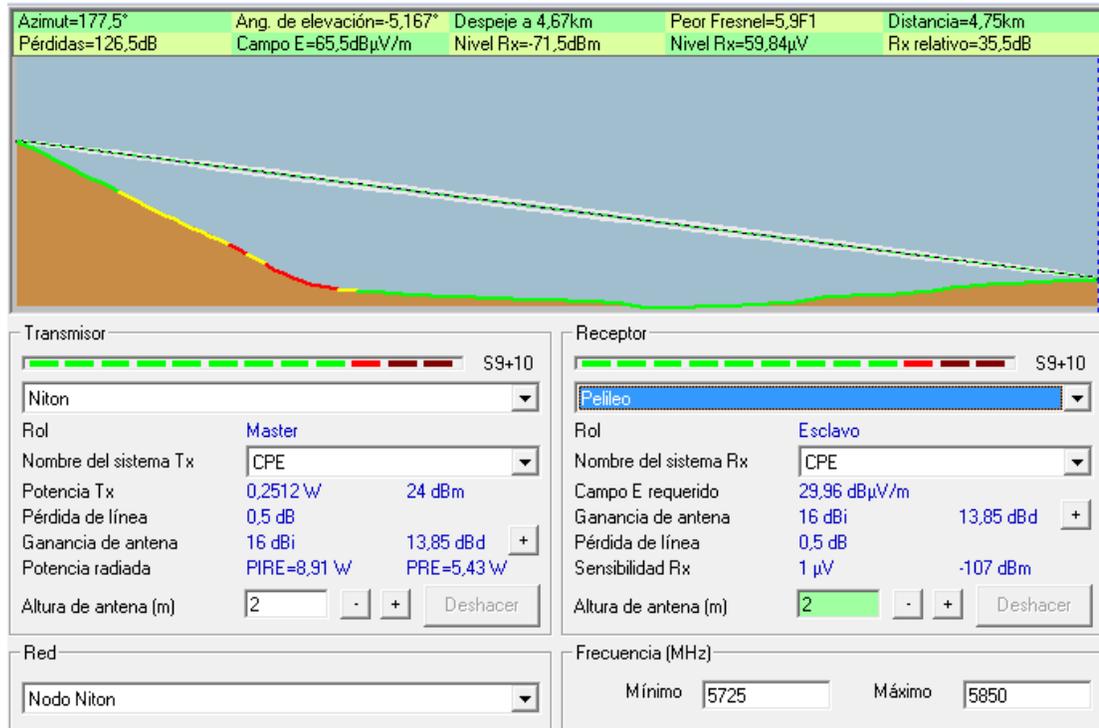
## ENLACE LLIMPE-TISALEO



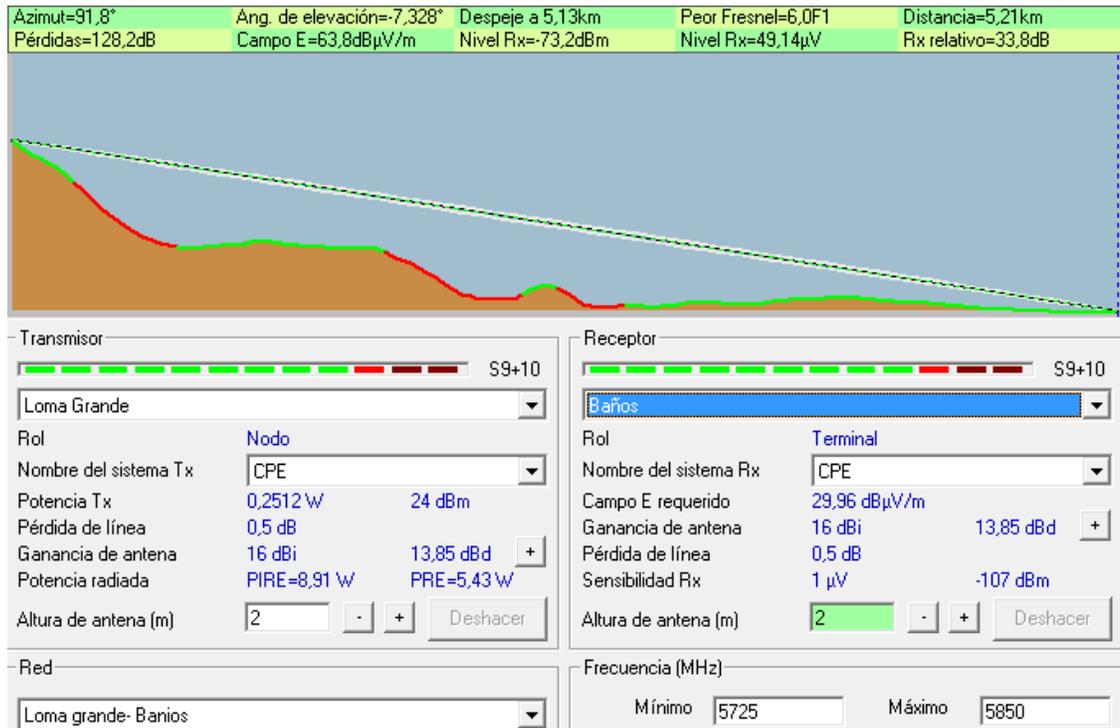
## ENLACE NITÓN- PATATE



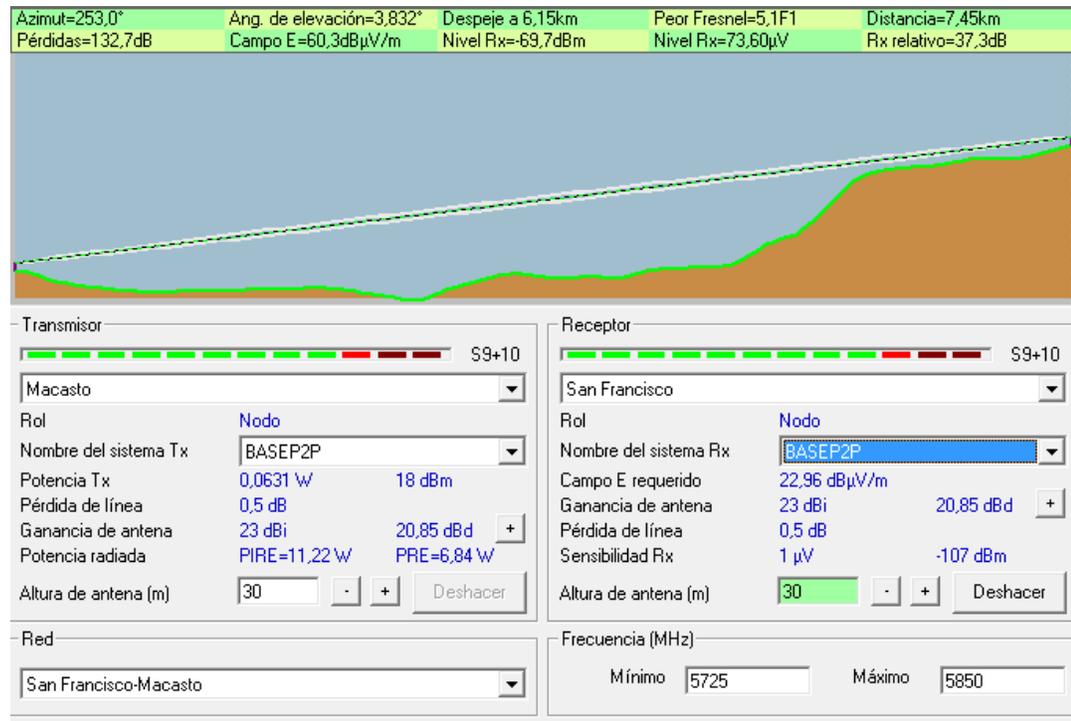
## ENLACE NITÓN- PELILEO



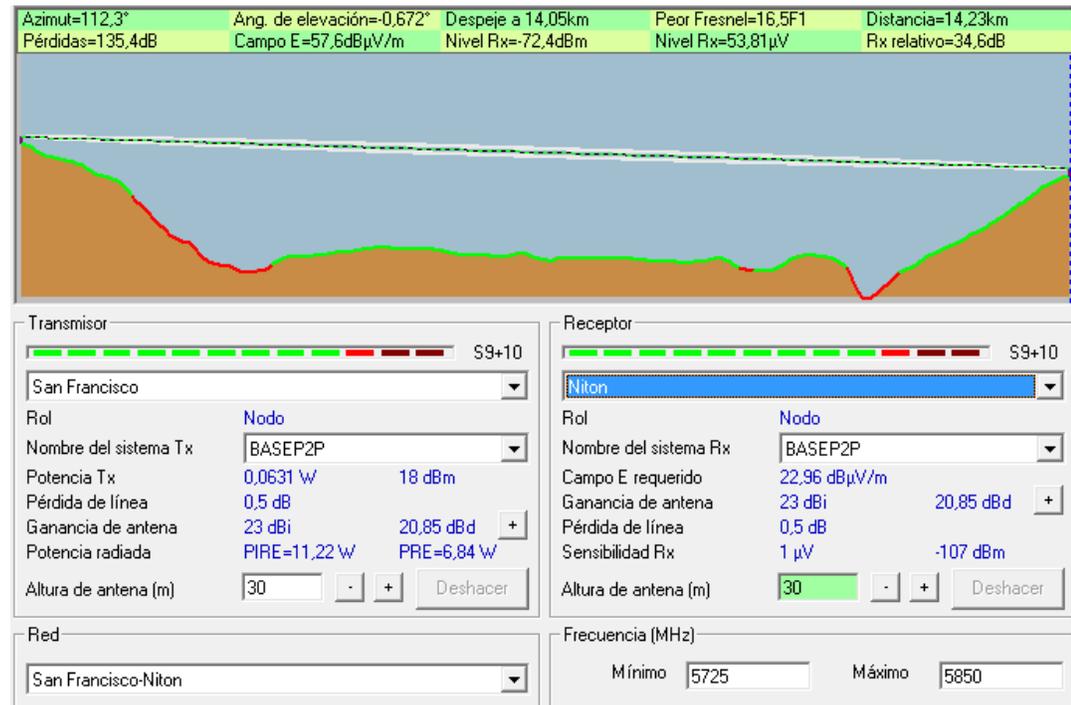
## ENLACE LOMA GRANDE-BAÑOS



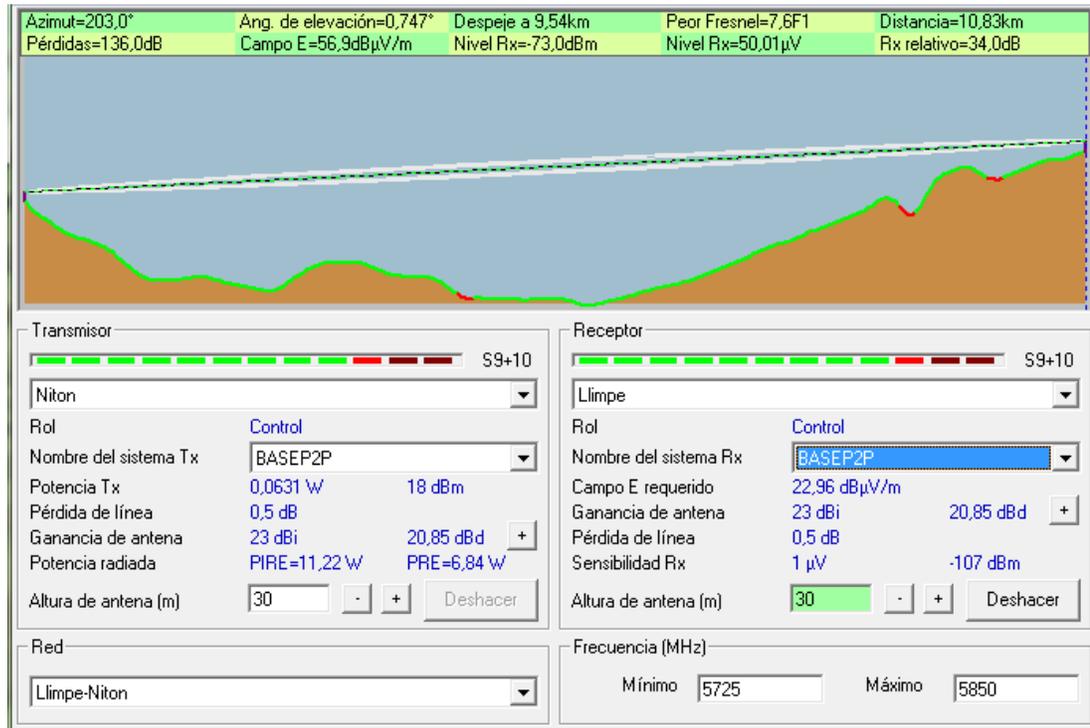
## ENLACES ENTRE BASE Y BASE ENLACE MACASTO-SAN FRANCISCO



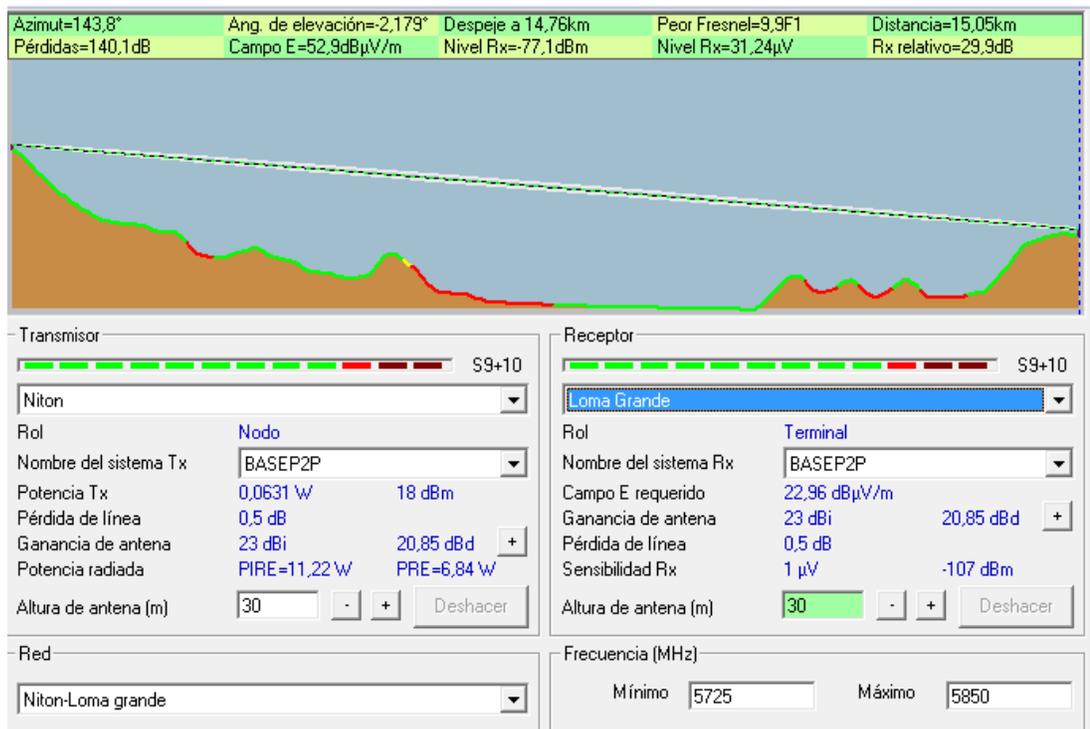
## ENLACE SAN FRANCISCO-NITÓN



## ENLACE NITÓN-LLIMPE



## ENLACE NITÓN-LOMA GRANDE



# **ANEXO 5**

## **EQUIPOS**

## CISCO CATALYST ME 6524

**Table 1.** Key Features of the Cisco ME 6524

Technology	Feature
Layer 2 switching	IEEE 802.1Q IEEE 802.1D/802.1w/802.1s Port Aggregation Protocol (PAgP) / IEEE 802.3ad IEEE 802.1Q Tunneling Layer 2 Tunneling Protocol (L2TP) Flexlink IEEE 802.3x Cisco Discovery Protocol VLAN Trunking Protocol (VTP) Unidirectional Link Detection (UDLD)
IPv4 routing	Static Routing Open Shortest Path First (OSPF) OSPF Graceful Restart (RFC 3623) Enhanced Interior Group Routing Protocol (EIGRP) Intermediate System-to-Intermediate System (IS-IS) Protocol Border Gateway Protocol Version 4 (BGPv4) Hot Standby Router Protocol (HSRP) Virtual Router Redundancy Protocol (VRRP) Gateway Load Balancing Protocol (GLBP) Bidirectional Forwarding Detection (BFD) for OSPF, IS-IS, and BGP
Security	Port Security on access, 802.1Q trunk, and 802.1Q tunneling ports IEEE 802.1x Private VLAN Per-VLAN MAC Limiting Control Plane Policing Hardware-based Rate Limiters Unicast Flood Blocking Storm Control Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP) Snooping DHCP Option 82 Dynamic ARP Inspection VLAN-based and port-based ACLs IP Source Guard Private Host
Multicast	IGMP v1, v2, v3 IGMP Snooping PIM, PIM-SM, PIM-SSM PIM Snooping Bidirectional PIM
Quality of Service	Ingress Policing (Per Port, Per VLAN, Per Port + Per VLAN) Shaped Round Robin (SRR) and Deficit Weighted Round Robin (DWRR) Scheduling DSCP Transparency Class of service (CoS) Mutation

MPLS	Ethernet over MPLS (VC Type 4 and VC Type 5) MPLS VPN Label Distribution Protocol (LDP) Traffic Engineering for OSPF (OSPF-TE) and IS-IS (ISIS-TE) Class-based Tunnel Selection MPLS TE Fast Reroute (FRR) Fast Reroute Prefix Independence
IPv6	Native IPv6 Routing Information Protocol next generation (RIPng), MP-BGP4, OSPFv3 IPv6 over IPv4 Tunnels Internet Control Message Protocol version 6 (ICMPv6) Configured, Automatic, Generic Routing Encapsulation (GRE), 6to4, ISATAP Tunnels IPv6 QoS PIM-SM and PIM-SSM

## CISCO CATALYST 3750 WS-C3750G-12S-SD

### WS-C3750G-12S-SD

- 12 SFP-based Gigabit Ethernet ports
- 32-Gbps, high-speed stacking bus
- Innovative stacking technology
- 1 RU stackable multilayer switch
- DC Power Supply
- Enterprise-class intelligent services delivered to the network edge
- IP Base software feature set (IPB)

## TSUNAMI MP 8100

INTERFACES			
WIRED ETHERNET	Two auto MDI-X RJ45 10/100/1000Mbps Ethernet		
	- Port #1 with PoE in & Data		
	- Port #2 with PoE out (802.3af pin out) & Data		
WIRELESS PROTOCOL	WORP (Wireless Outdoor Router Protocol)		
RADIO & TX SPECS			
MIMO	3x3 MIMO, 2x2 MIMO (MP-8150)		
MODULATION	OFDM with BPSK, QPSK, QAM16, QAM64		
FREQUENCY	2.3 - 2.5 GHz		
	4.9 - 6.0 GHz (Subject to Country Regulations)		
CHANNEL SIZE	40 MHz, 20 MHz, 10 MHz, 5MHz		
DATA RATE	MCS 0 to 15 for High Throughput mode (6.5 - 300 Mbps)		
	BPSK, QPSK, 16-QAM and 64-QAM for legacy mode (6Mbps - 54Mbps)		
TX POWER	Up to 21dBm (two Tx chain)		
TX POWER CONTROL	0 - 21dB, in 1dB steps		
RX SENSITIVITY (BER=10 <sup>-6</sup> )	<b>Channel Size</b>	<b>40 MHZ</b>	<b>20 MHZ</b>
	MCS 0 / MCS 8	-87dBm	-93dBm
	MCS 7	-71dBm	-75dBm
	MCS 15	-69dBm	-71dBm

<b>ANTENNA</b>		
	Model MP-8150-SUR includes an Integrated 2x2 MIMO 21dBi Dual Polarized Antenna Model MP-8100-BSU and MP-8100-SUA includes three N-type Antennas Connectors with built-in Surge Protection	
<b>MANAGEMENT</b>		
LOCAL	RS-232 serial (RJ11 to DB-9 dongle provided)	
REMOTE	Telnet and SSH, WebGUI and SSL, TFTP, SNMPv3	
SNMP	SNMP v1-v2c-v3, RFC-1213, RFC-1215, RFC-2790, RFC-2571, RFC-3412, RFC-3414, Private MIB	
<b>NETWORK</b>		
GATEWAY FEATURES	DHCP Server & relay, NAT with Std ALGs, Bridging, Routing, Syslog, SNTP	
QoS	Asymmetric Bandwidth Control	Uplink and Downlink CIR Control "committed information rate" per service flow Uplink and Downlink MIR Control "maximum information rate" per service flow
	Packet Classification Capabilities	802.1D/802.1Q/802.1p priority, IPTOS, VLAN ID, IP source/destination address source/destination port, Ethernet source/destination address, IP protocol, and Ethertype
	Scheduling	Best Effort, Real Time Polling Services
VLAN	802.1Q: Management VLAN, Transparent, Access and Trunk mode	
<b>ENVIRONMENTAL SPECS</b>		
TEMPERATURE	OPERATING -40° to 60°C (-40° to 140° Fahrenheit) STORAGE -55° to 80°C (-67° to 176° Fahrenheit)	
HUMIDITY	Max 100% relative humidity (non-condensing)	

## TSUNAMI QB 8100 LNK-WD

<b>INTERFACES</b>																																																			
WIRED ETHERNET	Two auto MDI-X RJ45 10/100/1000Mbps Ethernet - Port #1 with PoE in & Data - Port #2 with PoE out (802.3af pin out) & Data																																																		
WIRELESS PROTOCOL	WORP (Wireless Outdoor Router Protocol)																																																		
<b>RADIO &amp; TX SPECS</b>																																																			
MIMO	3x3 MIMO																																																		
MODULATIONS	OFDM with BPSK, QPSK, QAM16, QAM64																																																		
FREQUENCY	2.3 - 2.5 GHz 4.9 - 6.0 GHz (Subject to Country Regulations)																																																		
CHANNEL SIZE	40 MHz, 20 MHz, 10 MHz, 5 MHz																																																		
DATA RATE	Up to 300Mbps																																																		
TX POWER	Up to 18dBm (at antenna port)																																																		
TX POWER CONTROL	0 - 18dB, in 1dB steps																																																		
RX SENSITIVITY (BER=10 <sup>-6</sup> )	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Channel Size</th> <th colspan="2">40 MHZ</th> <th colspan="2">20 MHZ</th> </tr> <tr> <th>Frequency</th> <th>2.4 GHZ</th> <th>5 GHZ</th> <th>2.4 GHZ</th> <th>5 GHZ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>BPSK ½</td> <td>-87</td> <td>-87</td> <td>-93</td> <td>-93</td> </tr> <tr> <td>BPSK ¾</td> <td>-85</td> <td>-86</td> <td>-90</td> <td>-90</td> </tr> <tr> <td>QPSK ½</td> <td>-85</td> <td>-85</td> <td>-88</td> <td>-88</td> </tr> <tr> <td>QPSK ¾</td> <td>-81</td> <td>-82</td> <td>-85</td> <td>-85</td> </tr> <tr> <td>16-QAM ½</td> <td>-78</td> <td>-80</td> <td>-80</td> <td>-80</td> </tr> <tr> <td>16-QAM ¾</td> <td>-75</td> <td>-75</td> <td>-78</td> <td>-78</td> </tr> <tr> <td>64-QAM 2/3</td> <td>-73</td> <td>-74</td> <td>-75</td> <td>-75</td> </tr> <tr> <td>64-QAM ¾</td> <td>-71</td> <td>-71</td> <td>-75</td> <td>-75</td> </tr> </tbody> </table>	Channel Size	40 MHZ		20 MHZ		Frequency	2.4 GHZ	5 GHZ	2.4 GHZ	5 GHZ	BPSK ½	-87	-87	-93	-93	BPSK ¾	-85	-86	-90	-90	QPSK ½	-85	-85	-88	-88	QPSK ¾	-81	-82	-85	-85	16-QAM ½	-78	-80	-80	-80	16-QAM ¾	-75	-75	-78	-78	64-QAM 2/3	-73	-74	-75	-75	64-QAM ¾	-71	-71	-75	-75
	Channel Size	40 MHZ		20 MHZ																																															
	Frequency	2.4 GHZ	5 GHZ	2.4 GHZ	5 GHZ																																														
	BPSK ½	-87	-87	-93	-93																																														
	BPSK ¾	-85	-86	-90	-90																																														
	QPSK ½	-85	-85	-88	-88																																														
	QPSK ¾	-81	-82	-85	-85																																														
	16-QAM ½	-78	-80	-80	-80																																														
	16-QAM ¾	-75	-75	-78	-78																																														
64-QAM 2/3	-73	-74	-75	-75																																															
64-QAM ¾	-71	-71	-75	-75																																															
LATENCY	< 3 msec																																																		
RADIO INTERFACE	3x3 MIMO, DFS and Superframing																																																		

ANTENNA	
	Model QB-8150-LNK and QB-8150-EPR includes an Integrated 2x2 MIMO 23dBi Dual Polarized Antenna Model QB-8100-EPA includes three N-Type Antenna Connectors with built in Surge Protection
MANAGEMENT	
LOCAL	RS-232 serial (RJ11 to DB-9 dongle provided)
REMOTE	Telnet and SSH, Web GUI and SSL, TFTP, SNMPv3
SNMP	SNMP v1-v2c-v3, RFC-1213, RFC-1215, RFC-2790, RFC-2571, RFC-3412, RFC- 3414, Private MIB
NETWORK	
GATEWAY FEATURES	DHCP Server & relay, NAT with Std ALGs, Bridging, Routing, Syslog, SNTP
QoS	Asymmetric Bandwidth Control, Packet Classification Capabilities, Scheduling
VLAN	802.1Q: Management VLAN, Transparent, Access and Trunk mode

## TSUNAMI MP 8150 CPE

RADIO & TX SPECS	
MIMO	2x2
MODULATION	OFDM with BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM
OPERATING FREQUENCY	5.3 - 6.1 GHz (Subject to Country Regulations and product model)
CHANNEL SIZE	20MHz & 40MHz
DATA RATE	Up to 300Mbps
TX POWER	Up to 24dBm
TX POWER CONTROL	0.5 dB steps
LATENCY	
LATENCY	5ms (typical)
WIRELESS ENCRYPTION	
SECURITY	128-bit AES
ANTENNA	
	Integrated 16dBi dual polarized (Horizontal + Vertical) panel antenna
INTERFACES	
WIRED ETHERNET	One Auto MDI-X RJ45 100Mbps Ethernet port
WIRELESS PROTOCOL	WORP (Wireless Outdoor Router Protocol)
MANAGEMENT	
LOCAL	RS-232 serial port with RJ11 front face
REMOTE	Telnet and SSH, Web GUI and SSL, TFTP, SNMPv3
SNMP	SNMP v1-v2c-v3, RFC-1213, RFC-1215, RFC-2790, RFC-2571, RFC-3412,RFC-3414, Private MIB
NETWORK	
LARGE FRAME	Up to 2048 bytes
THROUGHPUT	100Mbps(Max)
GATEWAY FEATURES	DHCP Client/Server/Relay/NAT with Std ALGs, Bridging, Routing & Syslog
QoS	Asymmetric Bandwidth Control, Packet Classification Capabilities, Scheduling
VLAN	802.1Q: Management VLAN, Transparent, Access and Trunk mode