



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E
INDUSTRIAL
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y COMUNICACIONES

TEMA:

“Red Óptica Interurbana para el mejoramiento de los Servicios de Telecomunicaciones entre las ciudades Ambato y Pelileo de la provincia de Tungurahua”

Proyecto de Trabajo de Graduación. Modalidad: TEMI. Trabajo Estructurado de Manera Independiente, presentado previo la obtención del título de Ingeniero en Electrónica y Comunicaciones.

Autor: Lorena Elizabeth Balseca Paredes

Tutor: Ing. Carlos Gordon

Ambato – Ecuador

Junio 2011

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del trabajo de investigación sobre el tema: **“RED ÓPTICA INTERURBANA PARA EL MEJORAMIENTO DE LOS SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES ENTRE LAS CIUDADES AMBATO Y PELILEO DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**, de la señorita Lorena Elizabeth Balseca Paredes, 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 suficientes para que continúe con los trámites y consiguiente aprobación de conformidad 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 junio, 2011

EL TUTOR

Ing. Carlos Gordon

CC: 1803405495

AUTORÍA

El presente trabajo de investigación titulado: **“RED ÓPTICA INTERURBANA PARA EL MEJORAMIENTO DE LOS SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES ENTRE LAS CIUDADES AMBATO Y PELILEO DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**. 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 junio, 2011

Lorena Elizabeth Balseca Paredes

CC: 1804202396

APROBACIÓN DE LA COMISIÓN CALIFICADORA

La Comisión Calificadora del presente trabajo conformada por los señores docentes Ing. David Guevara e Ing. Julio Acosta, revisó y aprobó el Informe Final del trabajo de graduación titulado **“RED ÓPTICA INTERURBANA PARA EL MEJORAMIENTO DE LOS SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES ENTRE LAS CIUDADES AMBATO Y PELILEO DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**, presentado por la señorita Lorena Elizabeth Balseca Paredes 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. Julio Acosta
DOCENTE CALIFICADOR

DEDICATORIA

Muchas son las personas que se encuentran a nuestro alrededor pero pocas las que nos apoyan, nos motivan y nos incentivan a seguir adelante. A todas aquellas personas que me supieron extender su mano en este camino del vivir les dedico éste trabajo y en especial a mis padres que significan un ejemplo de superación y la perfecta entrega de amor.

Lorena Balseca

AGRADECIMIENTO

*El nacer es el principio del vivir y el
aprender a vivir es el objetivo del ser.*

Hay vida y hay conocimiento.

*Hay quienes se han ido y quienes
están presentes.*

*Hay quienes nos guían y hay quienes
nos comparten su conocimiento.*

*Son a todos ellos a quienes agradezco
y les guardo una infinita gratitud.*

Lorena Balseca

ÍNDICE GENERAL

PORTADA	i
APROBACIÓN DEL TUTOR	ii
AUTORÍA	iii
APROBACIÓN DE LA COMISIÓN CALIFICADORA	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE GENERAL	vii
RESUMEN EJECUTIVO.....	xviii
INTRODUCCIÓN	xx

CAPITULO I	1
EL PROBLEMA	1
1.1 TEMA.....	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.2.1 Contextualización.....	1
1.2.2 Análisis Crítico	3
1.2.3 Prognosis.....	3
1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.3.1 Preguntas Directrices.....	4
1.3.2 Delimitación del Problema	4
1.4 JUSTIFICACIÓN	4
1.5 OBJETIVOS	5
CAPITULO II.....	6
MARCO TEÓRICO	6
2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	6
2.2 FUNDAMENTACIÓN.....	7
2.2.1 Fundamentación Legal.....	7
2.2.2 Fundamentación Teórica	11
2.2.2.1 Categoría Fundamental	11
a) Redes	11
a.1) Arquitectura de Red	11
a.3) Topología de una Red	15
a.4) Redes Ópticas.....	16

a.4.1) Diseño de Redes Ópticas	18
a.4.2) Fibra Óptica	19
a.4.2.1) Componentes de la Fibra Óptica	20
a.4.2.2) Sistema de transmisión de Fibra Óptica	21
a.4.2.3) Principios Físicos de la Fibra Óptica.....	23
a.4.2.4) Características de la Fibra Óptica.....	26
a.2.2.5) Clasificación de la Fibra Óptica	27
a.2.2.7) Espectro Electromagnético	33
a.2.2.8) Ventanas de Transmisión de la Fibra Óptica.....	34
a.2.2.9) Atenuación.....	37
b) Servicios de Telecomunicaciones	42
b.1) Proveedor de Servicios de Internet (ISP).....	42
b.2) Última milla	43
2.3 HIPÓTESIS.....	44
2.4 VARIABLES	44
CAPITULO III	45
METODOLOGÍA.....	45
3.1 ENFOQUE	45
3.2 MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN	45
3.3 NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	46
3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA.....	47
3.5 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES.....	48
3.6 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN.....	49
3.7 PROCESAMIENTO Y ANALISIS DE LA INFORMACIÓN.....	49

CAPITULO IV	50
ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS	50
4.1 Diagnóstico de la situación actual de Pelileo	50
4.2 Interpretación de datos	50
4.2.1 Encuesta 1	50
4.2.2 Encuesta 2	56
CAPITULO V	63
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	63
5.1 CONCLUSIONES.....	63
5.2 RECOMENDACIONES	64
CAPITULO VI.....	65
PROPUESTA	65
6.1 DATOS INFORMATIVOS	65
6.2 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA	66
6.3 JUSTIFICACIÓN	66
6.4 OBJETIVOS	67
6.5 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD.....	67
6.6 FUNDAMENTACIÓN.....	68
a.1) Topologías utilizadas en las Redes Ópticas.....	68
a.2) Tipos de cables de Fibra Óptica	70
a.3) Consideraciones para la instalación de una Red de Fibra Óptica	75

a.4) Tipos de tendido.....	76
a.5) Empalmes y Conexión de la Fibra Óptica	82
a.6) Tipos de conectores	85
a.7) Conjuntos de anclaje.....	86
a.8) Equipos para una Red Óptica	88
a.9) Técnicas de verificación de Fibra Óptica.....	91
a.10) Norma de Calidad para la aceptación de la Conexión.....	92
6.7 METODOLOGÍA	95
6.8 MODELO OPERATIVO.....	97
6.8.1 Localización Geográfica.....	97
6.8.2 Análisis de la Red Actual de la Ciudad de Pelileo	97
6.8.3 Consideraciones previas al diseño	100
6.9 Selección de equipos.....	109
6.10 DISEÑO DE LA RED	116
6.11 PROPUESTA ECONÓMICA.....	118
6.12 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	122

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.1 Medios de red	12
FIGURA 1.2 Conexiones de red	13
FIGURA 1.3 Dispositivos intermediarios.....	15
FIGURA 1.4 Diseño de red óptica.....	19
FIGURA 1.5 Fibra óptica	19
FIGURA 1.6 Componentes de la fibra óptica	20
FIGURA 1.7 Sistema de transmisión de fibra óptica	22
FIGURA 1.8 Ángulos de reflexión y de incidencia	23
FIGURA 1.9 Refracción de la luz.....	24
FIGURA 1.10 Difracción de la luz	25
FIGURA 1.11 Apertura Numérica	25
FIGURA 1.12 Fibra multimodo con índice escalonado.....	28
FIGURA 1.13 Fibra multimodo con índice gradual	29
FIGURA 1.14 Fibra Óptica Monomodo	29
FIGURA 1.15 Clasificación de la Fibra Óptica	31
FIGURA 1.16 Espectro Electromagnético	34
FIGURA 1.17 Primeras ventanas de Transmisión de la fibra óptica	36
FIGURA 1.18 Atenuación en función de la longitud de onda.	36
FIGURA 1.19 Macrocurvaturas.....	38
FIGURA 1.20 Microcurvaturas	39
FIGURA 1.21 Última milla.....	44
FIGURA 6.1 Topología tipo Bus	69

FIGURA 6.2 Topología tipo Anillo.....	69
FIGURA 6.3 Cable de tubo holgado	71
FIGURA 6.4 Cable de estructura ajustada.....	72
FIGURA 6.5 Cable de fibra óptica con armadura.	73
FIGURA 6.6 Cable auto soportado ó figura 8	74
FIGURA 6.7 Cable submarino	74
FIGURA 6.8 Cable compuesto tierra-óptico (OPGW).....	74
FIGURA 6.9 Cable ADSS (todo dieléctrico autosoportado)	75
FIGURA 6.10 Tendido submarino	78
FIGURA 6.11 Tendido Aéreo	80
FIGURA 6.12 Tendido Terrestre	81
FIGURA 6.13 Método de Fusión	83
FIGURA 6.14 Método Mecánico	84
FIGURA 6.15 Método de Unión Adhesiva.....	85
FIGURA 6.16 Tipos de conectores	86
FIGURA 6.17 Herrajes de suspensión y retención	87
FIGURA 6.18 Herraje Tipo A	87
FIGURA 6.19 Herraje Tipo B	87
FIGURA 6.20 Tensores.....	88
FIGURA 6.21 Mangas de empalme.....	89
FIGURA 6.22 Distribuidor de fibra óptica (ODF)	90
FIGURA 6.23 Patch Cord fibra óptica	90
FIGURA 6.24 Descripción de la reflectometría con el OTDR	92
FIGURA 6.25 Ambato - Pelileo	97

FIGURA 6.26 Red Ambato – Pelileo con RF	98
FIGURA 6.27 Clientes provistos con RF	100
FIGURA 6.28 Esquema de la Red Óptica Interurbana Ambato – Pelileo.....	101
FIGURA 6.29 Ruta Ambato – Pelileo	106
FIGURA 6.30 Esquema del diseño de la red óptica Ambato – Pelileo.....	116
FIGURA 6.31 Esquema del Backup de la Red Óptica Interurbana Ambato – Pelileo	117

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1.1	Protocolos	14
TABLA 1.2	Características generales entre la fibra óptica monomodo y multimodo	32
TABLA 1.3	Características técnicas entre la fibra óptica monomodo y multimodo	33
TABLA 6.1	Clientes con radio enlace de Pelileo	99
TABLA 6.2	Requerimientos de la Red Óptica Interurbana Ambato – Pelileo.	102
TABLA 6.3	Requerimientos generales de una red óptica	103
TABLA 6.4	Requerimiento de equipos Nodo Ambato	104
TABLA 6.5	Requerimiento de equipos Nodo Pelileo	104
TABLA 6.6	Requerimiento para el tendido de fibra óptica	104
TABLA 6.7	Ubicación de los nodos en las ciudades de Ambato y Pelileo	105
TABLA 6.8	Pérdidas para enlaces de fibra óptica	107
TABLA 6.9	Atenuación de la fibra monomodo	107
TABLA 6.10	Herrajes ADSS	112
TABLA 6.11	Herrajes Figura 8	112
TABLA 6.12	Características del Switch.....	114
TABLA 6.13	Comparación entre marcas	115
TABLA 6.14	Precios unitarios.....	118
TABLA 6.15	Precio fibra óptica.....	118
TABLA 6.16	Precio Herrajes ADSS.....	119

TABLA 6.17 Precio Herrajes Figura 8	119
TABLA 6.18 Precio de Equipos.....	119
TABLA 6.19 Precio Nudo Ambato	120
TABLA 6.20 Precio Nudo Pelileo	120
TABLA 6.21 Precios ruta del tendido	121
TABLA 6.22 Cotización 1.....	122
TABLA 6.23 Cotización 2.....	122

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO I Encuesta 1

ANEXO II Encuesta 2

ANEXO III Ubicación geográfica de la Ciudad de Pelileo

ANEXO IV Características de la fibra G.652

ANEXO V Ruta de la red óptica Ambato – Pelileo (Plano en AUTOCAD)

ANEXO VI Especificaciones de los equipos y materiales

RESUMEN EJECUTIVO

Este proyecto se ha enfocado en el diseño de una “Red Óptica Interurbana para el mejoramiento de los Servicios de Telecomunicaciones entre las ciudades Ambato y Pelileo de la provincia de Tungurahua”, el interés de la investigación se ha centrado en gran medida en los servicios de comunicaciones que reciben los clientes de la ciudad de Pelileo, los problemas que existen con los enlaces satelitales, microondas y que pueden ser resueltos utilizando otras tecnologías como la fibra óptica.

La fibra óptica no sólo ha permitido profundizar en las interconexiones de escala, sino también el desarrollo tecnológico dentro de las comunicaciones por la capacidad del ancho de banda, la velocidad de conexión a la red y además que permite contar con un servicio más estable, evitando interrupciones e interferencia durante la conexión a los servicios de telecomunicaciones.

En el CAPITULO I, se describe el Tema, el Planteamiento del Problema, de igual forma la Justificación y Objetivos tanto General como Específicos.

En el CAPITULO II, se detalla el Marco Teórico en el que se incluye los fundamentos legales y toda la investigación teórica, de tal forma que pueda establecerse una propuesta coherente y detallada concerniente al tema planteado.

En el CAPITULO III, se puntualiza la metodología, es decir el ¿Cómo y con que se va a investigar?, para luego establecer el enfoque, la modalidad básica y el nivel o tipo de investigación, con lo cual se forma la población y muestra a la cual va a ser destinado el proyecto.

En el CAPITULO IV, se indica el Análisis e Interpretación de Resultados y se formulan también las herramientas para la recolección y procesamiento de la información.

En el CAPITULO V, se estipulan las conclusiones y recomendaciones, resultado de la investigación teórica detallada en el Capítulo II.

En el CAPITULO VI, se realiza la propuesta en la que se dan las pautas necesarias para la realización del tema planteado.

INTRODUCCIÓN

Hoy en día las telecomunicaciones es uno de los sectores que cada día va evolucionando y ofrece una tecnología sólida y segura para manejar la información, donde el seguimiento de las tecnologías de punta, son aspectos relevantes a considerar. La observación de las redes actuales y la tendencia del mercado ha ido cambiando y se nota la necesidad de aumentar la confiabilidad de los servicios de comunicaciones como consecuencia de la incorporación masiva de la población a los diferentes medios de comunicación proponiendo un diseño con la última tecnología de las telecomunicaciones de manera que al utilizarlas garanticen que se cumplan las necesidades de los clientes, de los servicios actuales y futuros.

La investigación realizada con respecto al servicio de telecomunicaciones que reciben los clientes de la ciudad de Pelileo de la Provincia de Tungurahua para la transmisión de datos con enlaces de radio muestra que han sufrido saturaciones, interferencias y atenuaciones, causando pérdida de datos debido al incremento de usuarios, además no presta la confiabilidad suficiente y son problemas que incomodan el trabajo diario de los usuarios.

CAPITULO I

EL PROBLEMA

1.1 TEMA

“Red Óptica Interurbana para el mejoramiento de los Servicios de Telecomunicaciones entre las ciudades Ambato y Pelileo de la provincia de Tungurahua”

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1 Contextualización

Con la aparición de nuevas tecnologías de la Información y la Comunicación los países desarrollados han introducido los avances tecnológicos, permitiendo alternativas de comunicación para acceder a servicios que transportan cada vez más información como las redes ópticas, por lo que han ido desarrollando diferentes servicios y productos que exigen mayor velocidad de comunicación, movilidad y seguridad. La tecnología óptica ha adoptado con el paso del tiempo, una manera más

cómoda, rápida y segura de utilizar Internet en el mundo, mejorando las comunicaciones en general.

La fibra óptica se utiliza ampliamente en las telecomunicaciones de los países desarrollados, ya que permiten enviar gran cantidad de datos a grandes distancias, con velocidades similares a los radio enlaces y a las conexiones con cable.

Actualmente, Ecuador se interconecta a la fibra óptica del cable Panamericano ubicado frente a la costa continental y parte de Arica (Chile), cuenta con empresas que trabajan con fibra óptica a nivel nacional como: CNT., CONECEL S.A., ETAPA TELECOM S.A., MEGADATOS S.A., PUNTONET S.A., TELCONET S.A., entre otras. Los Proveedores de Servicios de Internet nacionales, interconectan a las ciudades con redes ópticas, ya que cuentan con una óptima infraestructura de tecnología de punta que cubren casi todo el territorio nacional permitiendo de esta forma el más avanzado desarrollo de servicios de telecomunicaciones, comunicando a Ecuador con el resto del mundo y al mundo con los usuarios de Ecuador a través de redes ópticas, radio enlaces y sistemas de última generación.

Todavía hay zonas en el Ecuador que no cuentan con una red óptica y es importante que el país disponga de rutas oportunas y eficientes para la conexión con el resto de ciudades y el mundo. El cantón Pelileo de la provincia de Tungurahua actualmente cuenta con el radio enlace Ambato-Pelileo para la transmisión de datos, pero debido al desarrollo comercial ha ido incrementando la demanda de Internet y la red con la que cuenta se ha ido saturando, disminuyendo la velocidad de transmisión de datos y provocando problemas como pérdidas de señal o problemas para conectarse a la red. Además Pelileo representa una zona potencial para expandir la conexión de fibra óptica con la finalidad de que todos tengan acceso a la información.

1.2.2 Análisis Crítico

Debido al desarrollo comercial y al incremento de usuarios de Internet en la ciudad de Pelileo de la provincia de Tungurahua, el radio enlace Ambato-Pelileo no satisface los requerimientos de los usuarios, puesto que se ha ido saturando teniendo fallas al conectarse a la red provocando una deficiente comunicación, pérdida de datos, pérdida de señal y pérdida de tiempo.

Éste fenómeno ocasiona problemas a los productores para competir en el mercado actual, ya que en la actualidad el trabajo se lo realiza a través del Internet y las fallas que tenga el sistema de transmisión y recepción de datos ocasiona pérdidas al no ser eficiente la comunicación.

1.2.3 Prognosis

De no solucionarse el problema de comunicación en el enlace Ambato-Pelileo, la red de telecomunicaciones seguirá teniendo falencias ocasionando problemas, pérdidas y saturaciones en la red debido al incremento de usuarios.

La red actual podría no prestar la confiabilidad suficiente debido a la interferencia de conexión y al limitado ancho de banda de los equipos de radio frecuencia, se afectaría la velocidad de transmisión y recepción de datos.

1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿El diseño de una Red Óptica Interurbana permitirá mejorar los Servicios de Telecomunicaciones entre las ciudades Ambato y Pelileo de la provincia de Tungurahua?

1.3.1 Preguntas Directrices

1.3.1.1 ¿Qué requerimientos técnicos hay que tomar en cuenta para el diseño de una Red Óptica Interurbana entre Ambato y Pelileo?

1.3.1.2 ¿Cuáles son los problemas de los Servicios de Telecomunicaciones en la red actual Ambato-Pelileo?

1.3.1.3 ¿Cómo mejorarán los Servicios de Telecomunicaciones en la ciudad de Pelileo de la provincia de Tungurahua al diseñar una Red Óptica Interurbana entre Ambato y Pelileo?

1.3.2 Delimitación del Problema

Objeto de estudio: Telecomunicaciones

El diseño de la Red Óptica Interurbana se lo realizará desde la ciudad de Ambato hasta la ciudad de Pelileo de la provincia de Tungurahua.

El desarrollo del presente proyecto se lo va a realizar en un tiempo estimado de seis meses a partir de la aprobación del Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería en Sistemas Electrónica e Industrial.

1.4 JUSTIFICACIÓN

Con los avances de las grandes potencias mundiales en todos los aspectos y en especial en la tecnología, el Ecuador se ve con la necesidad de ir a la par con estos adelantos. Es así que éste trabajo es importante para una Empresa Proveedora de Servicios de Internet porque busca la integración de las tecnologías disponibles para dar solución a las demandas de personas y compañías del país, y así seguir cubriendo las zonas que aún no cuentan con una red óptica.

Es importante también para la ciudad de Pelileo, porque se consolida como una zona empresarial y comercial, cuya red actual Ambato – Pelileo no satisface todos los requerimientos de los usuarios de dicho cantón. Por tanto la introducción de una red óptica mejorará las comunicaciones para la transmisión y recepción de datos y así acceder a la información mundial e internacional de una manera más rápida, segura y confiable.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 Objetivo General

Diseñar una Red Óptica Interurbana para mejorar los Servicios de Telecomunicaciones entre las ciudades Ambato y Pelileo de la provincia de Tungurahua.

1.5.2 Objetivos Específicos

1.5.2.1 Analizar los requerimientos técnicos de una red óptica interurbana.

1.5.2.2 Identificar los problemas en los servicios de telecomunicaciones en la red actual Ambato-Pelileo.

1.5.2.3 Realizar el diseño de una Red Óptica Interurbana para mejorar los Servicios de Telecomunicaciones entre las ciudades Ambato y Pelileo de la provincia de Tungurahua.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

La Red Óptica es una nueva tecnología, actualmente muy utilizada por las grandes empresas para la recepción y transmisión de datos a través del internet en el Ecuador, por lo que luego de la revisión bibliográfica realizada en la Biblioteca de la Facultad de Ingeniería en Sistemas Electrónica e Industrial se puede aseverar que no existe información relevante que tenga similitud con este trabajo o que tengan que ver con una Red Óptica Interurbana para mejorar los Servicios de Telecomunicaciones entre las ciudades Ambato y Pelileo de la provincia de Tungurahua.

2.2 FUNDAMENTACIÓN

2.2.1 Fundamentación Legal

Organismos de Regulación de Telecomunicaciones

El sector de telecomunicaciones ha experimentado un desarrollo significativo en esta década, con importantes aumentos de la calidad y capacidad de los servicios existentes, y grandes cambios en la planeación del desarrollo sectorial, y en los aspectos legislativos y regulatorios.

La Ley de Telecomunicaciones, vigente desde 1992, modificada en 1995, 1997, 2000, y 2002, independizó por vez primera en el Ecuador, el Control y la Regulación de la Operación de los Servicios de Telecomunicaciones.

La Superintendencia de Telecomunicaciones se creó para el Control y la Regulación y se la subdividió en cuatro entidades: el Consejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL), el Consejo Nacional de Radiodifusión y Televisión (CONARTEL), la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones (SNT) y la Superintendencia de Telecomunicaciones.

El Superintendente de Telecomunicaciones es la Máxima Autoridad del Organismo; su gestión se orienta a planificar, organizar, dirigir, controlar y coordinar las actividades de este Organismo Técnico de Control; así como a determinar las políticas institucionales y coordinar su acción con las diferentes instituciones del sector de las telecomunicaciones, radiodifusión y televisión, de conformidad con las funciones, atribuciones y responsabilidades determinadas en la Constitución Política de la República, leyes y reglamentos.

Misión

Administrar de manera técnica, para que todos los operadores del sector de las telecomunicaciones operen en condiciones de máxima eficiencia.

Dictar las normas que corresponden para impedir las prácticas que impidan la leal competencia, y determinar las obligaciones que los operadores deban cumplir en el marco que determinan la Ley y reglamentos respectivos.

Defender los derechos de los ciudadanos en todo momento para que satisfagan su necesidad de comunicarse.

Visión

Ser el organismo de regulación y administración de las telecomunicaciones que integre a todos los ciudadanos que habitan en el país a través de una política que promueva el acceso de por lo menos un servicio de telecomunicación.

Estimular a que todos los actores del sector de las telecomunicaciones desarrollen sus actividades en un escenario de leal competencia y que entreguen sus servicios en condiciones de óptima calidad.

En todo lo posible, adaptar el mercado de las telecomunicaciones a las nuevas tendencias de la tecnología, que asegure que el ciudadano ecuatoriano sea beneficiario de estos adelantos

Consejo Nacional de Telecomunicaciones, promueve el desarrollo del sector de las telecomunicaciones y la prestación eficiente de los servicios del sector a todos los usuarios, para cumplir esta función en el Ecuador el organismo encargado de administrar los servicios de telecomunicaciones en todo el país es el Consejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL).

Administrar de manera técnica el espectro radioeléctrico que es un recurso natural, para que todos los operadores del sector de las telecomunicaciones operen en condiciones de máxima eficiencia.

Dictar las normas que corresponden para impedir las prácticas que impidan la leal competencia, y determinar las obligaciones que los operadores deban cumplir en el marco que determinan la Ley y reglamentos respectivos.

Defender los derechos de los ciudadanos en todo momento para que satisfagan su necesidad de comunicarse.

SENATEL

Promover el desarrollo armónico del sector de las telecomunicaciones, radio, televisión y las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC), mediante la administración y regulación eficiente del espectro radioeléctrico y los servicios, así como ejecutará las políticas y decisiones dictadas por el CONATEL, con el fin de contribuir con el desarrollo de la sociedad.(Plan estratégico 2010-2014)

CONARTEL

Es el organismo encargado de regular la radiodifusión de audio y televisión, da la asignación de frecuencias previo un informe técnico por parte de la Superintendencia de Telecomunicaciones, el cual analiza la disponibilidad de los canales, de acuerdo al Plan Nacional de Distribución de Frecuencias.

Objetivos estratégicos:

OE1.- Mejorar la Gestión del Talento Humano.

OE2.- Fortalecer la Gestión Institucional.

OE3.- Promover la elaboración del nuevo marco regulatorio para la prestación, desarrollo, administración y control de los servicios de telecomunicaciones, radio, televisión y TIC.

OE4.- Contar con un sistema que fomente la permanente formación y capacitación del personal técnico especializado en las tecnologías de nueva generación y regulación para la administración de los servicios de telecomunicaciones y radiodifusión y televisión.

OE5.- Optimizar la administración del uso del espectro radioeléctrico y los recursos necesarios para la prestación de los servicios de telecomunicaciones, radio, televisión y la implementación de las TIC.

OE6.- Promover a través de la regulación y administración de los servicios de telecomunicaciones, radio, televisión y las TIC el desarrollo de los mismos.

OE7.- Facilitar a través de la regulación y administración de los servicios de telecomunicaciones, radio, televisión y las TIC la implementación de planes y programas sociales que estén enmarcados dentro del Plan Nacional de Desarrollo de las Telecomunicaciones y políticas de Estado.

Resolución SNT-2006-008 del 19 de enero del 2006

2.2.2 Fundamentación Teórica

2.2.2.1 Categoría Fundamental

a) Redes¹

Las redes de computadoras nacen como evolución de los sistemas de acceso y transmisión de información. Además cumplen fundamentalmente el objetivo de facilitar el acceso a información remota, comunicación entre personas y entretenimiento interactivo.

a.1) Arquitectura de Red

Las redes deben admitir una amplia variedad de aplicaciones y servicios, como así también funcionar con diferentes tipos de infraestructuras físicas. El término arquitectura de red, en este contexto, se refiere a las tecnologías que admiten la infraestructura y a los servicios y protocolos programados que pueden trasladar los mensajes en toda esa infraestructura. Debido a que Internet evoluciona, al igual que las redes en general, descubrimos que existen cuatro características básicas que la arquitectura subyacente necesita para cumplir con las expectativas de los usuarios: tolerancia a fallas, escalabilidad, calidad del servicio y seguridad.

Para que funcione una red, los dispositivos deben estar interconectados. Las conexiones de red pueden ser con cables o inalámbricas como se puede observar en la *FIGURA 1.1*

¹ CISCO Networking Academy. (2009). *CCNA Exploration 4.0 Aspectos básicos de networking*. Recuperado el 14 de mayo del 2010, de <http://cisco.netacad.net/cnams/home/StudentClass.jsp?pageName=Student&classID=3806827&>

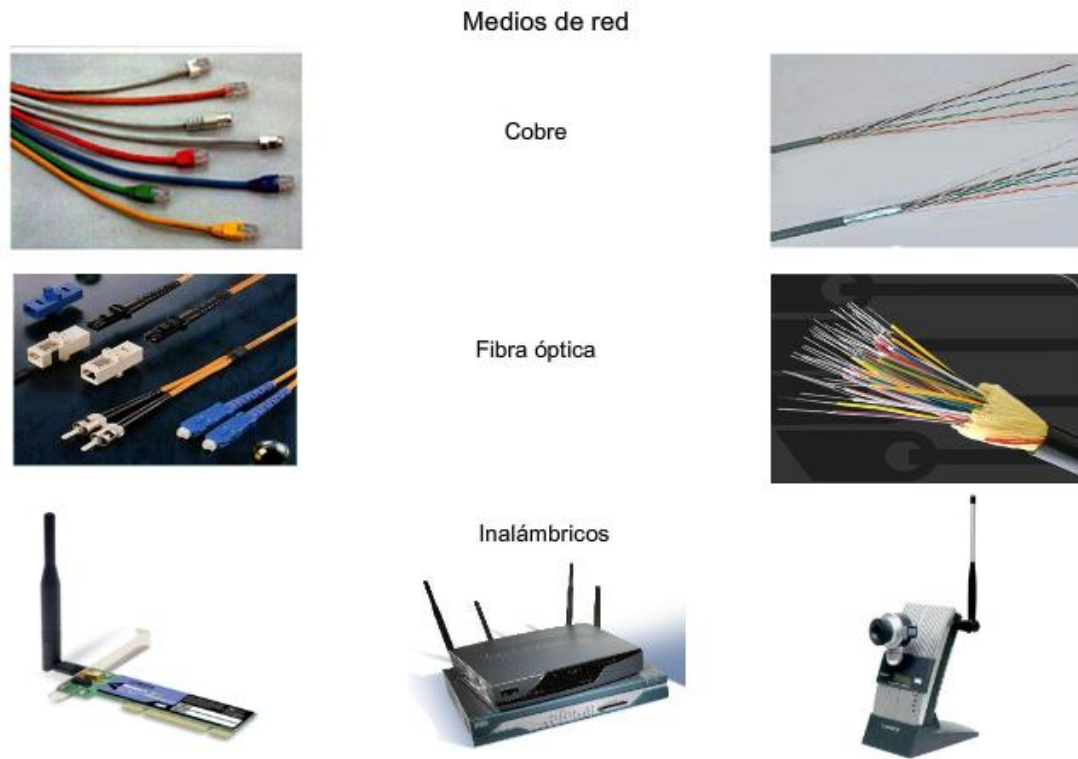


FIGURA 1.1 Medios de red

- En las conexiones con cables, el medio puede ser cobre, que transmite señales eléctricas, o fibra óptica, que transmite señales de luz.

Los medios de cobre incluyen cables, como el par trenzado del cable de teléfono, el cable coaxial o generalmente conocido como cable de par trenzado no blindado (UTP) de Categoría 5. Las fibras ópticas, hebras finas de vidrio o plástico que transmiten señales de luz, son otra forma de medios de networking que se puede apreciar en la *FIGURA 1.2*.

- En las conexiones inalámbricas, el medio es la atmósfera de la tierra o espacio y las señales son microondas.

Los medios inalámbricos incluyen conexiones inalámbricas domésticas entre un router inalámbrico y una computadora con una tarjeta de red inalámbrica, conexión inalámbrica terrestre entre dos estaciones de tierra o comunicación entre dispositivos en tierra y satélites que se puede apreciar en la *FIGURA 1.2*.

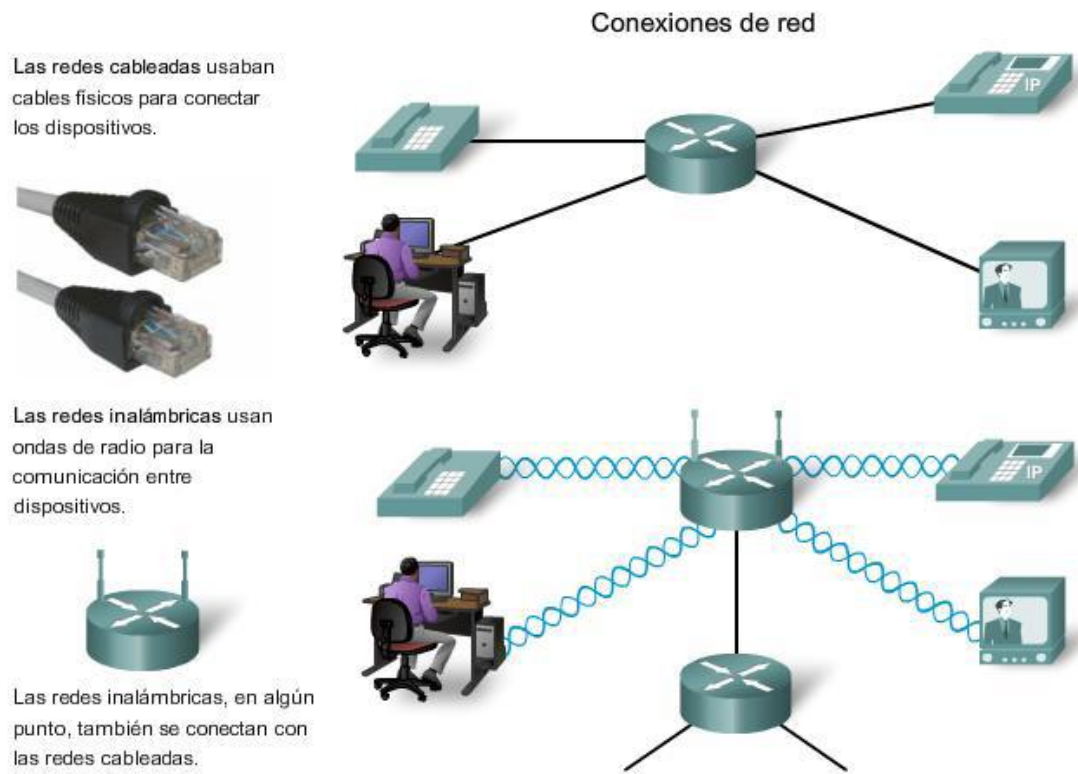


FIGURA 1.2 Conexiones de red

Los dispositivos interconectados a través de medios para proporcionar servicios deben estar gobernados por *reglas o protocolos*. En la *TABLA 1.1*, se enumeran algunos servicios y un protocolo vinculado en forma más directa con ese servicio. Los protocolos son las reglas que utilizan los dispositivos de red para comunicarse entre sí.

Servicio	Protocolo ("Regla")
World Wide Web (WWW)	HTTP (Hypertext Transport Protocol)
E-mail	SMTP (Simple Mail Transport Protocol) POP (Post Office Protocol)
Mensaje instantáneo (Jabber, AIM)	XMPP (Extensible Messaging and Presence Protocol) OSCAR (Sistema abierto para la comunicación en tiempo real)
Telefonía IP	SIP (Session Initiation Protocol)

TABLA 1.1 Protocolos

a.2) Dispositivos intermediarios y su rol en la red

Las redes dependen de dispositivos intermediarios como se puede observar en la *FIGURA 1.3*, para proporcionar conectividad y para trabajar detrás de escena y garantizar que los datos fluyan a través de la red. Estos dispositivos conectan los hosts individuales a la red y pueden conectar varias redes individuales para formar una internetwork.

Los siguientes son ejemplos de dispositivos de red intermediarios:

- Dispositivos de acceso a la red (hubs, switches y puntos de acceso inalámbricos),
- Dispositivos de internetworking (routers),
- Servidores de comunicación y módems, y
- Dispositivos de seguridad (firewalls).

Los procesos que se ejecutan en los dispositivos de red intermediarios realizan las siguientes funciones:

- regenerar y retransmitir señales de datos,
- mantener información sobre qué rutas existen a través de la red y de la internetwork,
- notificar a otros dispositivos los errores y las fallas de comunicación,

- direccionar datos por rutas alternativas cuando existen fallas en un enlace,
- clasificar y direccionar mensajes según las prioridades de QoS (calidad de servicio),
- permitir o denegar el flujo de datos en base a configuraciones de seguridad.

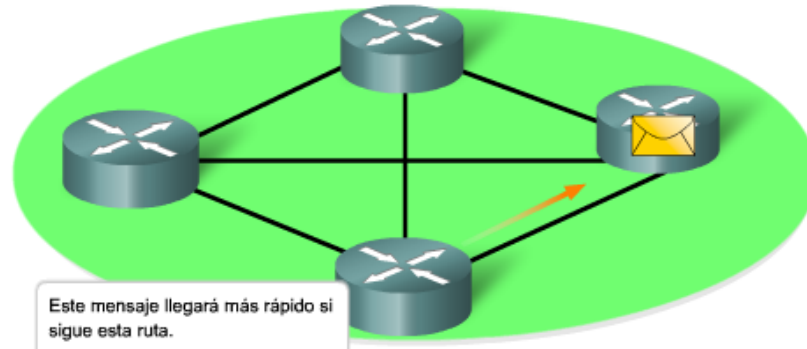


FIGURA 1.3 Dispositivos intermedarios

a.3) Topología de una red²

La topología de una red es la configuración o relación de los dispositivos de red y las interconexiones entre ellos. Las topologías de red pueden verse en el nivel físico y el nivel lógico.

La **topología física** es una configuración de nodos y las conexiones físicas entre ellos. La representación de cómo se usan los medios para interconectar los dispositivos es la topología física.

Una **topología lógica** es la forma en que una red transfiere tramas de un nodo al siguiente. Esta configuración consiste en conexiones virtuales entre los nodos de una red independiente de su distribución física. Los protocolos de capa de enlace de datos definen estas rutas de señales lógicas.

²VandenBos, G. Knapp, S. & Doe, J. (2001). *Topología de red*. Recuperado el 14 de mayo 2010, de <http://biblio/topologias-de-red.php.html>

a.4) Redes ópticas³

El uso de la fibra óptica permite la conexión de puntos distantes, se puede utilizar para la interconexión de centros de cableado (backbone), la interconexión de edificios y también para uso en ambientes industriales.

Las redes de fibra óptica tienen una diversidad de fines, tales como conexasión entre edificios y dependencias, enlaces urbanos y enlaces de larga distancia. Se pueden clasificar según parámetros como: su funcionamiento, capacidad de transmisión, así como al alcance que definen.

- **Conexión entre edificios y dependencias**

Tiene como finalidad unir edificios entre los cuales se genera una gran cantidad de tráfico de red, como puede ser el caso de un proveedor de comunicaciones con sus distintas dependencias u oficinas.

Como se requiere una gran capacidad en el enlace se utiliza fibra óptica, pero dado que en general las distancias recorridas son cortas, tolerando niveles de atenuación relativamente elevados, no se justifica una gran inversión en equipos y fibra, de modo que se emplea una red con fibra multimodal.

Características:

Distancias cortas, tolera atenuación.

Pocos empalmes.

Fibra multimodo.

Además, el tendido es sencillo, y no se necesita equipamiento adicional, como amplificadores, repetidores o empalmes. En general, en este tipo de enlaces se logra un bajo costo en relación a los otros.

³ENCARTA. (2010). *Redes de telecomunicaciones*. Recuperado el 14 de mayo del 2011, de <http://www.encarta.msn.es>

- **Enlaces urbanos**

Son utilizados para la infraestructura de comunicación interna de las ciudades. En este caso, las distancias son mayores y se requiere un menor nivel de atenuación, para poder garantizar un alto nivel de servicio.

Dado que el costo de tendido para este tipo de redes es mayor, y que se necesita una mayor capacidad, al momento de realizar la instalación de la fibra, se coloca un número importante de hilos.

Es posible realizar estos enlaces con fibra monomodal o multimodal de mayor calidad, transmitiendo en la primera o segunda ventana, según los requerimientos particulares del enlace a implementar.

Características:

Mayores distancias, requiere menor atenuación.

Se colocan muchos hilos.

Fibra monomodo, o multimodo de mayor calidad.

Como consecuencia, en este caso los costos son mayores.

- **Enlaces de larga distancia o interurbanos**

Son necesarios para interconectar ciudades, países y hasta continentes. Se requiere tener muy alta velocidad y muy poca atenuación.

En telecomunicaciones, se usa la fibra monomodo para la conexión de centrales de larga distancia (entre troncales), oficinas centrales y portadoras de bucle de abonado, unidades remotas, centralitas en pedestales en subdivisiones u oficinas puestas en basamentos de grandes edificaciones.

En este caso se utilizan fibras monomodo de alta calidad que trabajan en la tercera ventana, en general se emplea la técnica de DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing) para un máximo aprovechamiento de la capacidad de la fibra. El costo del tendido de estas redes es muy elevado y los equipos a utilizar son de alta complejidad, por este motivo a la hora de realizar el tendido se coloca una gran cantidad de hilos.

Características:

Se requiere muy baja atenuación.

Se pueden emplear DWDM para aprovechar al máximo la capacidad de la fibra.

Se coloca gran cantidad de hilos.

Costos muy elevados.

Además, es importante la resistencia mecánica del cable, según el medio en el que se encuentre, ya sea terrestre, aéreo o marítimo; ya que una rotura en el enlace podría significar altas pérdidas para los proveedores.

a.4.1) Diseño de redes ópticas ⁴

Diseño de redes con fibra óptica, analiza las necesidades del usuario, proyecta y finalmente provee de la fibra óptica conveniente, *FIGURA 1.4*, tanto por el sitio que recorrerá, por su capacidad, como también por su longitud.

Deben formularse las siguientes preguntas:

- Cuáles son las necesidades actuales del usuario (voz, datos, video, otros)
- Cuáles son las necesidades futuras del usuario (expansión en voz, datos, video, otros)
- Cuáles son los puntos donde se colocaran los servicios
- Hay requerimientos especiales en la estética de decoración?

⁴ *Wikipedia. (2010). Redes ópticas. Recuperado el 14 de mayo 2010, de <http://tp2-redes-fibra.pdf>*

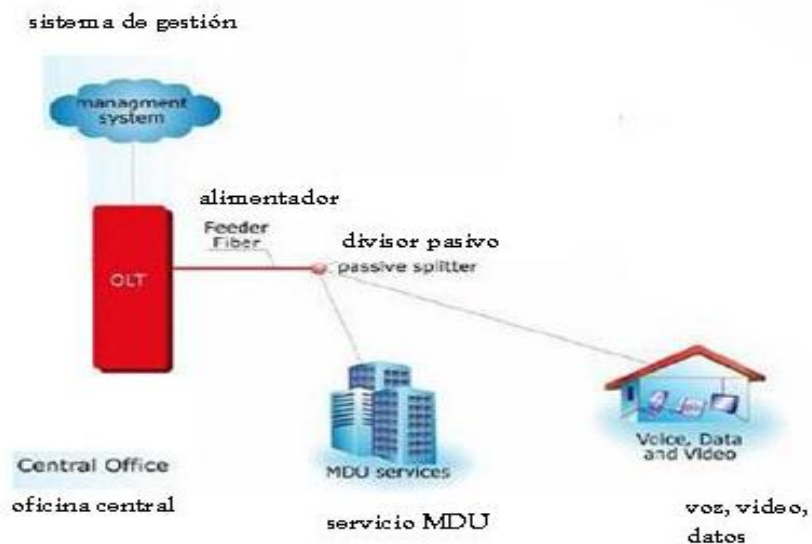


FIGURA 1.4 Diseño de red óptica

a.4.2) Fibra Óptica⁵

Las fibras ópticas *FIGURA 1.5*, son conductos, rígidos o flexibles, de plástico o de vidrio (sílice), que son capaces de conducir la luz que se emite en uno de sus extremos, mediante sucesivas reflexiones que lo mantienen dentro de la fibra óptica para luego salir por el otro extremo. Es decir, es una guía de onda, y en éste caso la onda es de luz.



FIGURA 1.5 Fibra óptica

⁵ Wikipedia. (2010). Fibra óptica. Recuperado el 14 de mayo 2010, de http://www.dei.uc.edu.py/tai98/Fibras_Opticas.html

Los cables de fibra óptica se usan para transmitir señales digitales de datos en forma de pulsos modulados de luz.

a.4.2.1) Componentes de la fibra óptica

La fibra está formada por componentes que son: el núcleo o core, la cubierta o cladding, el revestimiento o buffer y la envoltura o jacket.

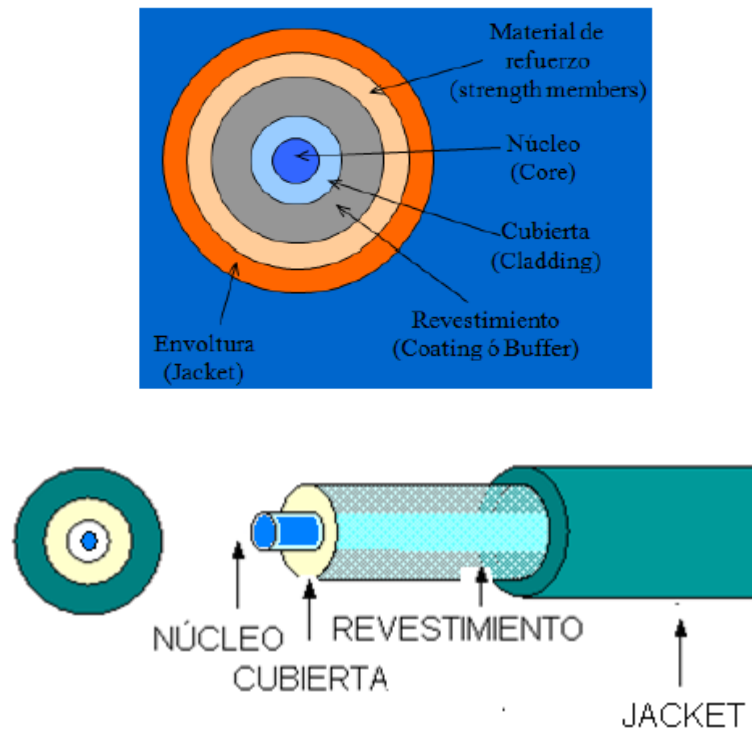


FIGURA 1.6 Componentes de la fibra óptica

- **Core (Núcleo)**

Centro del hilo de fibra, FIGURA 1.6, por donde se transmite la luz. Puede estar constituido de sílice, cuarzo fundido o plástico de alto índice de refracción.

- **Cladding (Cubierta)**

El cladding recubre al core, FIGURA 1.6. Capa óptica exterior de la fibra, encierra la luz en el núcleo, encaminándola incluso en las curvas. Generalmente, está constituida de los mismos materiales del núcleo pero con índice de refracción menor al mismo.

- **Buffer (Revestimiento)**

Es la cubierta de plástico que le da a la fibra una rigidez adicional, *FIGURA 1.6*.

- **Jacket (Envoltura)**

Por lo general está fabricado en plástico, protege al vidrio de la humedad o daño físico, *FIGURA 1.6*.

a.4.2.2) Sistema de transmisión de fibra óptica⁶

En un sistema de transmisión por fibra óptica se tiene los siguientes elementos, los cuales se ilustran en la *FIGURA 1.7*.

- **Transmisor**

Convierte una señal eléctrica analógica o digital en una correspondiente señal óptica. La fuente de la señal óptica puede ser un diodo emisor de luz, o un diodo láser de estado sólido. El Láser tiene una mayor potencia de salida que el LED, y presenta mejores posibilidades de acoplamiento a la fibra, sin embargo, es más caro que el LED. Las longitudes de onda más populares de la operación para los transmisores ópticos son 850, 1310 o 1550 nanómetros.

Entre los transmisores ópticos existen los diodos LED y los diodos LASER.

- **Receptor óptico**

El receptor óptico es muy importante, ya que sirve para extraer la información contenida en una portadora óptica que incide en el fotodetector. Está compuesto de un detector de luz que genera un pulso eléctrico al encontrarse con un pulso de luz, es decir es un convertidor opto-eléctrico. En los sistemas de transmisión digital, el

⁶ Scribe SA. (1998). *Red de fibra óptica*. Recuperado el 14 de mayo del 2010, de <http://www.textoscientificos.com/redes/fibraoptica/emisores-receptores>

receptor debe producir una secuencia de pulsos (unos y ceros) que contienen la información del mensaje transmitido. Recibe y decodifica las señales de luz es decir convierte la señal óptica en una réplica de la señal eléctrica original.

El detector de la señal óptica puede ser un fotodetector que convierte la potencia óptica incidente en corriente eléctrica, esta corriente es muy débil por lo que debe amplificarse; fotodiodos de tipo PIN (Positive-Intrinsic Negative) o de tipo avalancha diodos APD (Avalanche Photo Diode).

- ***El cable***

Consiste en una o más fibras de vidrio, que actúan como guías de onda para la señal óptica. El cable de fibra óptica en su construcción es similar al cable eléctrico, pero incluye una protección especial para la fibra óptica interna. Es de uso general un separador óptico en sistemas que requieren transmisión en distancias de muchos kilómetros, o donde se deben ensamblar dos o más cables de fibra óptica.



FIGURA 1.7 Sistema de transmisión de fibra óptica

Transmisión de la luz en una fibra óptica

La luz en un cable de fibra óptica viaja dentro del núcleo (corredor) rebotando constantemente entre las paredes del revestimiento (las paredes de espejos alineados), basado en el principio de reflexión total interna.

Como el revestimiento no absorbe nada de luz del núcleo, la onda de luz puede recorrer grandes distancias. Sin embargo, una parte de la señal de luz se degrada dentro de la fibra, sobre todo debido a las impurezas en el vidrio.

La magnitud con que la señal se degrada depende de la pureza del vidrio y de la longitud de onda de la luz transmitida.

a.4.2.3) Principios Físicos de la Fibra Óptica ⁷

- **Reflexión**

Cuando una onda de cualquier tipo alcanza la frontera de dos medios distintos, una parte de su energía se transmite al segundo medio, dando lugar en el segundo medio a otra onda de características semejantes a las de la onda incidente y que recibe el nombre de onda transmitida. Otra parte de la energía se emplea en generar otra onda que se propaga hacia atrás en el primer medio y que se llama onda reflejada. La fibra óptica utiliza este principio para mantener la mayor cantidad de energía de transmisión encapsulada dentro del núcleo de la fibra. Bajo este concepto, se tienen dos ángulos importantes que son: ángulo de incidencia “*i*”, formado por el rayo incidente y la normal; ángulo de reflexión “*r*”, es el formado por el rayo reflejado y la normal. En la *FIGURA 1.8*, se muestran los ángulos de incidencia y de reflexión.

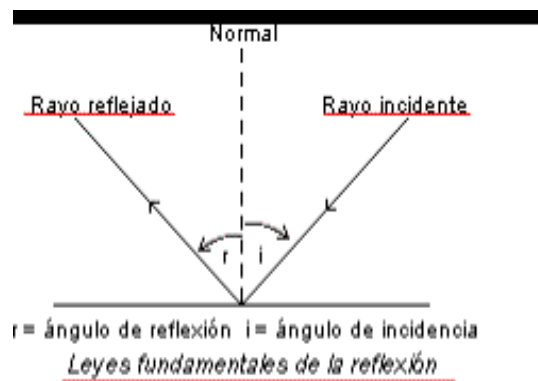


FIGURA 1.8 Ángulos de reflexión y de incidencia

⁷ Scribe SA. (1998).Fibra óptica. Recuperado el 14 de mayo del 2010, de <http://www.textoscientificos.com/redes/fibraoptica>

- **Refracción**

Cuando la luz pasa de un medio a otro cuyo índice de refracción es diferente, la luz no sigue la misma dirección de la onda incidente, *FIGURA 1.9*.

Si el índice refracción del segundo medio es mayor, los rayos refractados se acercan a la normal. Si el índice de refracción del segundo medio es menor, como por ejemplo del núcleo al manto de la fibra, los rayos refractados se alejan de la normal y la trayectoria de los rayos tiende a ser rectilínea.

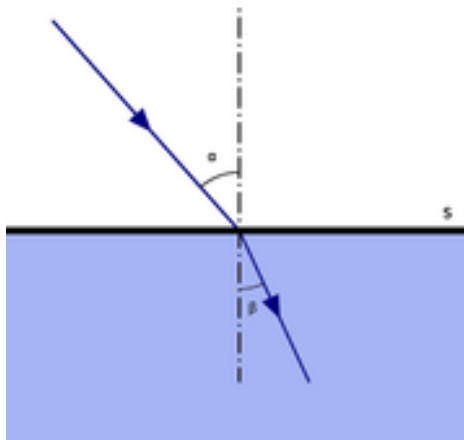


FIGURA 1.9 Refracción de la luz

- **Difracción**

Difracción, es el fenómeno del movimiento ondulatorio en el que una onda de cualquier tipo, se extiende después de pasar junto al borde de un objeto sólido o atravesar una rendija estrecha, *FIGURA 1.10*, en lugar de seguir avanzando en línea recta. La difracción sólo se observa si el obstáculo que encuentran las ondas es del mismo orden que la longitud de onda del movimiento ya que cuando es mayor, las ondas siguen la propagación rectilínea.

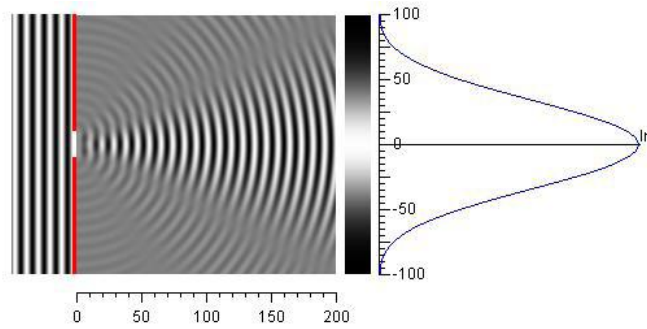


FIGURA 1.10 Difracción de la luz

- **Apertura Numérica (NA)**

La FIGURA 1.11, representa el máximo ángulo de incidencia para la fibra óptica, la apertura numérica no es más que el máximo ángulo de aceptación de rayos por parte de la fibra.

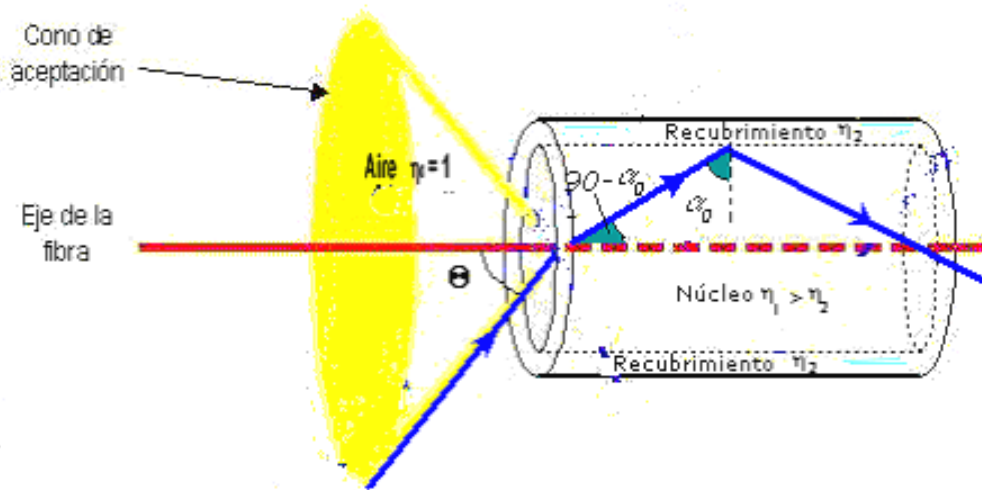


FIGURA 1.11 Apertura Numérica

Una NA alta recoge más luz, pero reduce el ancho de banda. Una NA más baja aumenta el ancho de banda.

a.4.2.4) Características de la fibra óptica⁸

- Menores pérdidas de potencia, gracias a esta propiedad se logran mayores distancias de repetición (eventualmente puede no ser necesario incorporar repetidores), reduciendo así los costos del sistema, de su mantenimiento y aumentando la fiabilidad del mismo.
- Inmunidad al ruido, gracias a que la fibra óptica es totalmente dieléctrica, es inmune a las interferencias de radiofrecuencia. Asimismo no genera interferencias ni genera diafonía en otros equipos de comunicación y por lo tanto no son necesarios apantallamientos especiales.
- Aislamiento eléctrico, al ser dieléctrica la fibra asegura el aislamiento eléctrico entre emisor y receptor, evitando así las puestas a tierra.
- Gran ancho de banda, esto permite la transmisión de mucha información simultáneamente, reduciendo la necesidad de cambiar el cable al aumentar el tráfico. Mediante el uso de técnicas de multiplexación especiales, la potencialidad de la fibra óptica se ve notablemente incrementada.

Ventajas De La Fibra Óptica

Capacidad de transmisión: La idea de que la velocidad de transmisión depende principalmente del medio utilizado, se conservó hasta la llegada de las fibras ópticas, ya que ellas pueden transmitir a velocidades mucho más altas de lo que los emisores y

⁸ DSpace. (2004). *Fibra óptica*. Recuperado el 25 de junio del 2010, de <http://dspace.epn.edu.ec/handle/123456789/9074>

transmisores actuales lo permiten, por lo tanto, son estos dos elementos los que limitan la velocidad de transmisión.

- Mayor capacidad debido al ancho de banda mayor disponible en frecuencias ópticas.
- Resistencia a extremos ambientales. Son menos afectadas por líquidos corrosivos, gases y variaciones de temperatura.

a.2.2.5) Clasificación de la Fibra Óptica⁹

La fibra óptica por el número de modos en que transmite, principalmente se clasifica en dos: 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.

- **Fibra Óptica Multimodo**

Esta fibra fue la primera en fabricarse y comercializarse. Tienen núcleos más grandes (cerca de 62.5 micrones de diámetro) y transmiten con luz infrarroja (longitud de onda = 850 a 1,300 nm) desde diodos emisores de luz (LEDs).

Es llamada así por el hecho de que transporta múltiples modos de forma simultánea, ya que este tipo de fibra se caracteriza por tener un diámetro del núcleo mucho mayor que las fibras monomodo. El número de modos que se propagan por una fibra óptica depende de su apertura numérica o cono de aceptación de rayos de luz a la entrada.

⁹ DSpace. (2004). *Clases de Fibra*. Recuperado el 14 de mayo 2010, de http://www.dei.uc.edu.py/tai98/Fibras_Opticas.html

Un mayor diámetro del núcleo facilita el acoplamiento de la fibra, pero su principal inconveniente es que tiene un ancho de banda reducido como consecuencia de la dispersión modal. Los diámetros de núcleo y cubierta típicos de estas fibras son 50/125 μm y 62,5/125 μm .

Las fibras multimodo pueden ser de dos tipos *FIGURA 1.15*.

Fibra multimodo con índice escalonado

Constituida de un núcleo más ancho y de un recubrimiento óptico en vidrio de diferentes índices de refracción, *FIGURA 1.12*.

En este tipo de fibra óptica viajan varios rayos ópticos simultáneamente. Estos se reflejan con diferentes ángulos sobre las paredes del núcleo, por lo que recorren diferentes distancias y se desfasan en su viaje dentro de la fibra, razón por la cual la distancia de transmisión es corta.

Hay que destacar que hay un límite al ángulo de inserción del rayo luminoso dentro de la fibra óptica, si este límite se pasa el rayo de luz ya no se reflejará, sino que se refractará y no continuará el curso deseado.

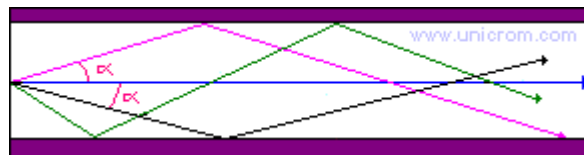


FIGURA 1.12 Fibra multimodo con índice escalonado

Fibra multimodo con índice gradual

Contiene un núcleo ancho, pero por motivo de construcción del mismo (varias capas concéntricas de material óptico con diferentes índices de refracción), el índice de refracción, como su nombre lo indica, varía gradualmente hasta alcanzar su máximo en el centro del núcleo. Lo que quiere decir que se reduce la dispersión nodal.

En este tipo de fibra óptica el núcleo está hecho de varias capas concéntricas de material óptico con diferentes índices de refracción, *FIGURA 1.13*.

En estas fibras el número de rayos ópticos diferentes que viajan es menor que en el caso de la fibra multimodo índice escalonado y por lo tanto, su distancia de propagación es mayor. Tiene una banda de transmisión de 100 MHz a 1 GHz.

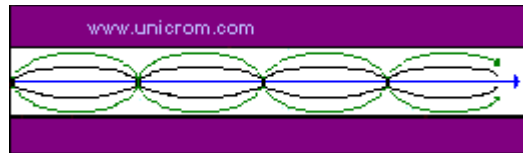


FIGURA 1.13 Fibra multimodo con índice gradual

- **Fibra Óptica Monomodo**

La fibra óptica monomodo más básica se caracteriza por ser la fibra más delgada y fina que sólo permite viajar un sólo rayo de luz central. Tienen núcleos pequeños (cerca de 9 micrones de diámetro) y transmiten con luz láser infrarroja (longitud de onda = 1,300 a 1,550 nanómetros), *FIGURA 1.14*.

No sufre el problema de atenuación de las fibras multimodo, por lo que logra transmisiones a distancias mayores. Su inconveniente es que es difícil de construir, manipular y es más costosa, *FIGURA 1.14*.

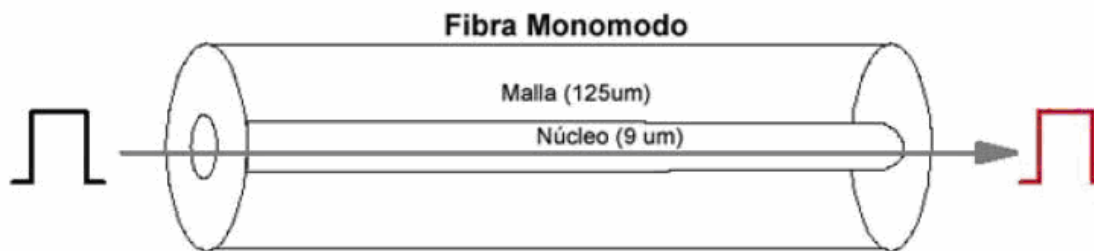


FIGURA 1.14 Fibra Óptica Monomodo

Los tipos de fibras ópticas monomodo son: Standard (ITU-T G.652), Dispersión desplazada (DS) (ITU-T G.653), Mínima atenuación (G.654), Dispersión desplazada no nula (NZDS) (ITU-T G.655).

Fibra óptica monomodo Standard (ITU-T G.652)

G.652.A: Contiene los atributos y valores recomendados necesarios para soportar aplicaciones ópticas relacionadas con SDH, para sistemas de hasta STM-16, así como 10 Gbps hasta 40 km (Ethernet) y STM-256.

G.652.B: Este tipo de fibras ópticas son recomendados para soportar aplicaciones de mayor velocidad binaria hasta STM-64, sistemas con amplificadores ópticos, sistemas dentro de oficinas.

G.652.C: Semejante a la subcategoría G.652.A, pero permite transmisiones en partes de una gama de longitudes de onda ampliada desde 1360 nm a 1530 nm.

G.652.D: Semejante G.652.B, pero permite transmisiones en partes de una gama de longitudes de onda ampliada desde 1360 nm a 1530 nm.

Fibra óptica monomodo de dispersión desplazada (ITU-T G.653)

G.653.A: Categoría básica para un cable de fibra óptica monomodo con dispersión desplazada. Mantiene la especificación original "de tipo recuadro" para el coeficiente de dispersión. Esta categoría se adapta a los sistemas con una separación no uniforme entre canales en la región de longitud de onda de 1550 nm. Numerosas aplicaciones de cables submarinos.

G.653.B: Semejante a G.653.A, pero un requisito de PMD (PMD: *Polarization Mode Dispersion*), produce ensanchamientos aleatorios de los pulsos ópticos transmitidos a través de una fibra óptica y su efecto es considerable para velocidades de transmisión digital iguales ó superiores a 10 Gbps) más estricto permite el funcionamiento de los sistemas STM-64 con longitudes superiores a 400 km y el funcionamiento de aplicaciones STM-256.

Fibra óptica monomodo de mínima atenuación (ITU-T G.654)

G.654.A: Constituyen la categoría básica para fibras y cables ópticos monomodo de corte desplazado. Es la categoría adecuada para sistemas STM-64 con SDH y amplificadores ópticos, sistemas multicanales.

G.654.B: Constituyen una categoría apropiada para sistemas STM-64 con SDH y amplificadores ópticos de aplicaciones de largo alcance en la región de longitud de onda de 1550 nm. Esta categoría se puede utilizar para sistemas de transmisión WDM de mayor longitud y mayor capacidad, por ejemplo, sistemas submarinos sin repetidor con amplificador óptico de bombeo a distancia.

G.654.C: Son similares a G.654.A, pero el requisito de PMD reducido soporta aplicaciones de largo alcance y mayor velocidad binaria.

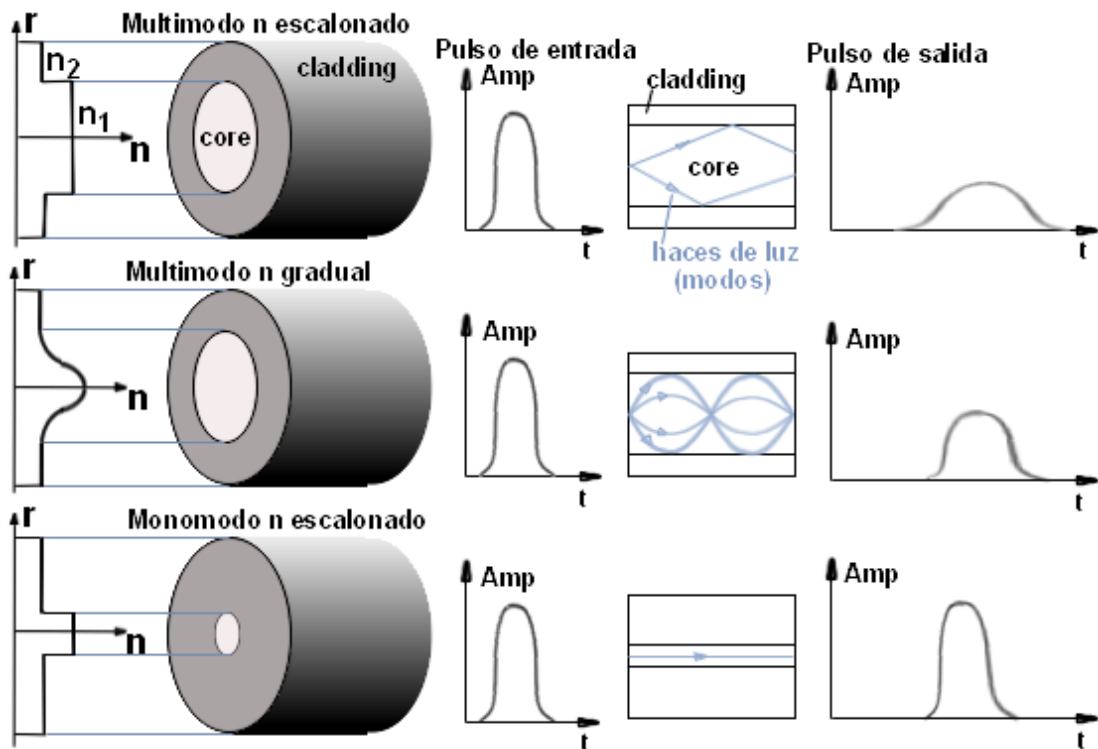


FIGURA 1.15 Clasificación de la Fibra Óptica

Diferencias entre la fibra óptica monomodo y multimodo

Estas son algunas de las características que diferencian a las fibras monomodo de las multimodo:

CARACTERÍSTICAS	MONOMODO	MULTIMODO
Fuente de Luz	LASER	LED ó LASER
Acoplamiento de la Fuente	Difícil debido a las dimensiones	Más fácil que en el caso anterior
Potencia comunicada a la fibra	Muy poca	Mayor potencia transmitida
Ancho de banda	Limitado por la dispersión cromática, pero muy elevado.	Limitado por la dispersión intermodal y mucho menor que en anterior.
Dimensiones	Radio entre 5 y 10 micras	Radio de varias decenas de micras
Tipos según su estructura	De salto de índice	De salto de índice y de índice gradual
Montaje	En grupos de varios cientos de fibras	Solas o en grupos.
Utilización en comunicaciones	Es la más empleada	Para distancias cortas

TABLA 1.2 Características generales entre la fibra óptica monomodo y multimodo

CARACTERÍSTICAS	FIBRAS MULTIMODO		FIBRAS MONOMODO
	ÍNDICE ESCALONADO	ÍNDICE GRADUAL	
Diámetro del núcleo	100 μm < \varnothing < 600 μm	50 μm < \varnothing < 100 μm	8 μm < \varnothing < 10 μm
Diámetro de cubierta	140 μm < \varnothing < 1000 μm	25 μm < \varnothing < 150 μm	150 μm
Índice del núcleo	constante	-	creciente/decreciente
Banda de paso	20 a 10 MHz/Km	200 a 1200 MHz/Km	> 10 GHz/Km
0,85 μm	8 a 20 dB/Km		
1,30 μm		2,5 a 4 a 20 dB/Km	0,3 a 0,5 dB/Km
1,50 μm		0,6 a 1,5 dB/Km	0,15 a 0,3 dB/Km

TABLA 1.3 Características técnicas entre la fibra óptica monomodo y multimodo

a.2.2.7) Espectro Electromagnético¹⁰

El espectro electromagnético es el rango existente de todas las radiaciones, desde las bajas frecuencias conocidas como radio frecuencias, hasta las frecuencias altas conocidas como los rayos gamma. Generalmente, la radiación electromagnética se clasifica por la longitud de onda.

¹⁰Fredrickson, B. (2008). *Características Técnicas de la fibra*. Recuperado el 25 de junio 2010, de http://www.ute.com.uy/empresa/lineas/distribucion/normalizacion/docs/grupo%2033_00.pdf

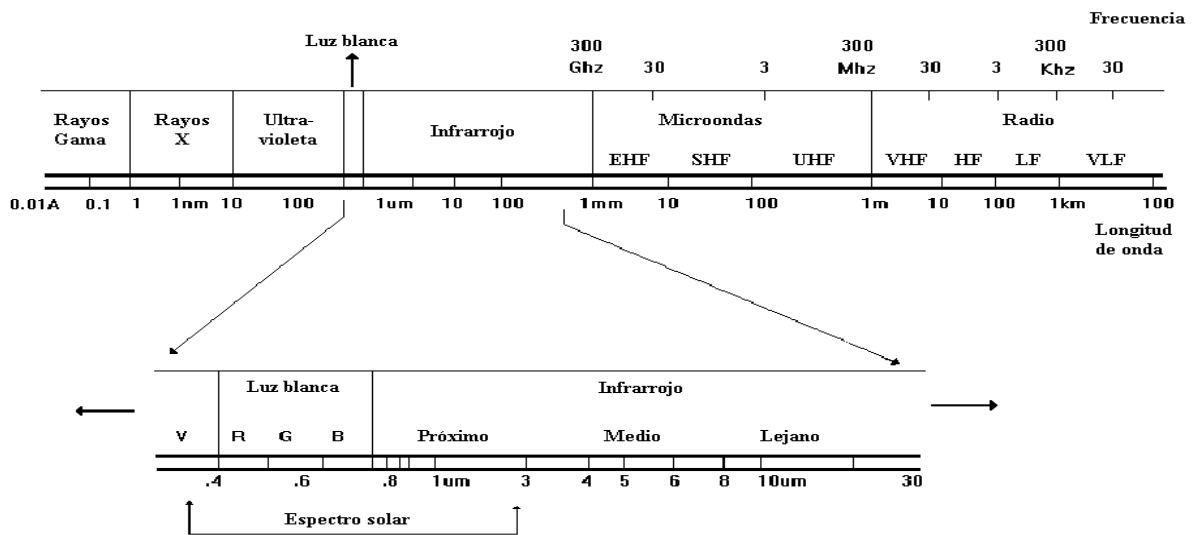


FIGURA 1.16 Espectro Electromagnético

La radiación electromagnética que es detectada por el ojo humano y percibido como luz visible, tiene una longitud de onda aproximadamente de 400 a 700 nanómetros (nm).

Otras longitudes de onda, sobre todo a las del infrarrojo, son las que se usan para transmitir datos a través de las fibras ópticas; debido a que dichas longitudes de onda pasan más fácilmente dichas fibras. Las tres ventanas principales que se usan para la transmisión de datos son la de 850 nm, 1310 nm y la de 1550 nm.

Las longitudes de onda contenidas en la Figura nos muestran la variación de la atenuación por kilómetro, de cada una de ellas, por lo que se debe considerar que en ciertas regiones existe una atenuación mínima.

a.2.2.8) Ventanas de Transmisión de la Fibra Óptica

La atenuación en la fibra óptica pasa por mínimas medidas en determinadas longitudes de onda llamadas ventanas, las cuales se ilustra en la FIGURA 1.17, y son las siguientes:

Primera ventana: longitud de onda = 850 nm.

Segunda ventana: longitud de onda = 1310 nm.

Tercera ventana: longitud de onda = 1550 nm.

Cuarta ventana: longitud de onda = 1625 nm.

Quinta ventana: longitud de onda = 1470 nm.

- Los sistemas que trabajaban en la primera ventana de 850 nm poseen, en gran parte, una velocidad es de 45 Mbps y los regeneradores intermedios distan entre si aproximadamente 6 Km.
- Los sistemas que trabajaban en la segunda ventana de 1310 nm, presentan una longitud de onda con baja atenuación.
- Los sistemas que trabajan en la tercera ventana de 1550 nm, con velocidades de 565 Mbps e incluso hasta 1200 Mbps, tienen regeneradores de señal en aproximadamente a 50 Km.

Los sistemas WDM actuales trabajan en banda C y L (1530-1610 nm) (*FIGURA 1.17* y *FIGURA 1.18*), pero ya se están desarrollando fibras que trabajen en cuarta ventana (1625 nm). La tendencia, forzada por la necesidad de aumentar al máximo la capacidad de transmisión, es la de utilizar cada vez mayor parte del espectro óptico. En este sentido ya se están fabricando fibras ópticas que minimizan las pérdidas debidas a la absorción de las moléculas de agua en el entorno de 1470 nm de manera que también sea posible utilizar esta banda (quinta ventana). Los sistemas que trabajan en la cuarta y quinta ventana; son mucho más directivos y eficientes, por lo que alcanzan velocidades de las decenas de Gbps.

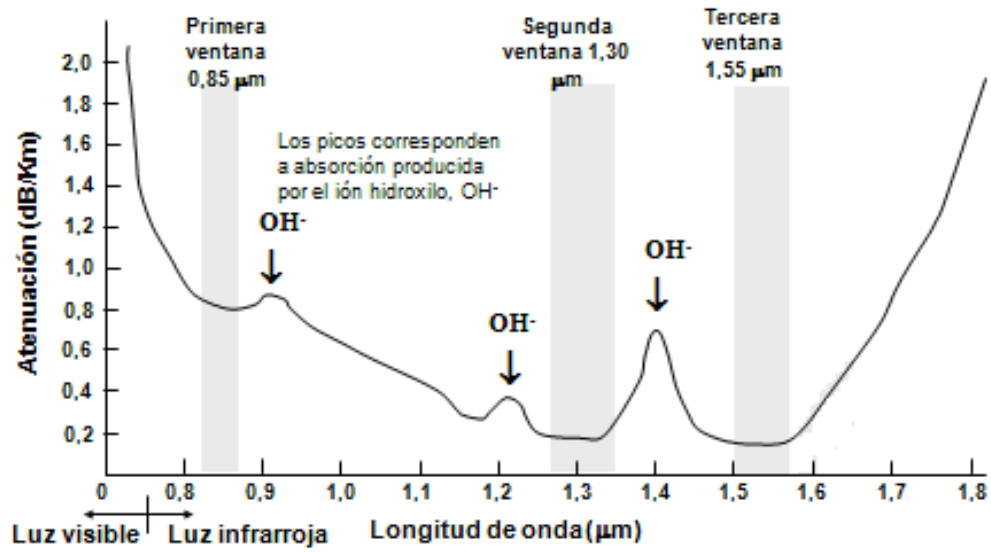


FIGURA 1.17 Primeras ventanas de Transmisión de la fibra óptica

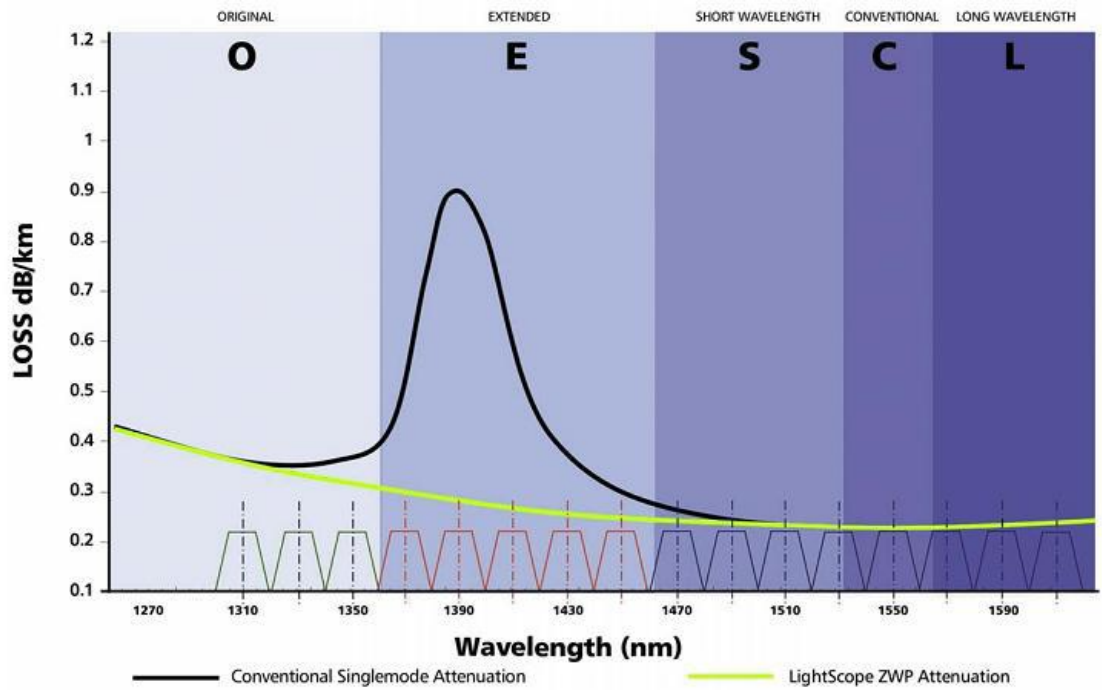


FIGURA 1.18 Atenuación en función de la longitud de onda.

a.2.2.9) Atenuación¹¹

Existen dos fenómenos que contribuyen a degradar la información, lo que hace que en la recepción las características de la señal no son idénticas a las transmitidas en el origen estos fenómenos son: las pérdidas por atenuación en el interior de la fibra óptica y la dispersión en el material.

- **Pérdidas por atenuación en el interior de la fibra óptica**

- a) **Absorción debida a rayos ultravioletas e infrarrojos**

Estas pérdidas se deben a la interacción existente entre los fotones que viajan por la fibra óptica y las moléculas que componen el núcleo. La energía fotónica se cede a las moléculas de sílice que van encontrando los fotones en su camino produciendo vibraciones en las mismas.

La absorción debida a la componente de radiación ultravioleta de la luz transmitida decrece exponencialmente con la longitud de onda, y es casi despreciable a partir de los 1000 nm.

La atenuación debida a los rayos infrarrojos⁶ se origina por las vibraciones entre átomos de silicio y oxígeno, creciendo exponencialmente con la longitud de onda, pero no es apreciable hasta los 1400 nm.

- b) **Absorción debido a impurezas**

Las impurezas más usuales en la fibra óptica se encuentran en la sílice, son de tipo metálicas (hierro, cromo, cobalto y níquel) y también iones de hidroxilo (OH). Las impurezas metálicas originan una pérdida de 1 dB/Km si su concentración es de una parte por millón, pero al ser relativamente fácil su control en el proceso de fabricación, se puede reducir al mínimo.

¹¹ Wikipedia. (2010). *Fibra óptica*. Recuperado el 25 de junio 2010, de http://es.wikipedia.org/wiki/Jerarqu%C3%ADa_digital_s%C3%ADncrona

Las impurezas de tipo hidroxilo presentes por descomposición de partículas de vapor de agua durante el proceso de fabricación de la fibra, no son fácilmente controlables, a 900 nm, 1200 nm, y 1400 nm se produce una resonancia de la estructura atómica de los iones con la sílice, transfiriendo la energía de los fotones a los iones OH. Con las condiciones de fabricación actuales se considera que las impurezas iónicas no deben exceder de 30 partes por cada cien mil millones. La amplitud del pico de absorción OH no excede nunca de 1 dB/Km; en la actualidad se han conseguido valores de 0,04 dB/Km.

c) Pérdidas por Macrocurvaturas

Los cables a menudo se “doblan” o sufren algún tipo de curvatura durante su tendido. Estas curvaturas son producidas, por ejemplo, cuando se realizan maniobras en los tendidos aéreos, (*FIGURA 1.19*). Un cable más flexible requerirá menos tensión para realizar su instalación y mientras menos tensión se realice a la fibra, menos daños sufrirá la misma y menor será la atenuación presentada. Los cables de fibra óptica en la actualidad se han diseñado para una mayor flexibilidad con el fin de facilitar la instalación.

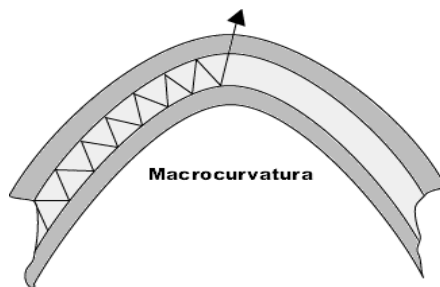


FIGURA 1.19 Macrocurvaturas

No se debe exceder el radio mínimo de curvatura. Un cable demasiado doblado puede deformarse y dañar la fibra por dentro, además de causar una alta atenuación.

d) Pérdidas por microcurvaturas

Las llamadas pérdidas por microcurvaturas, (*FIGURA 1.20*), son las irregularidades entre el núcleo y el revestimiento, las fluctuaciones de diámetro y, fundamentalmente, las deformidades del eje de la fibra.

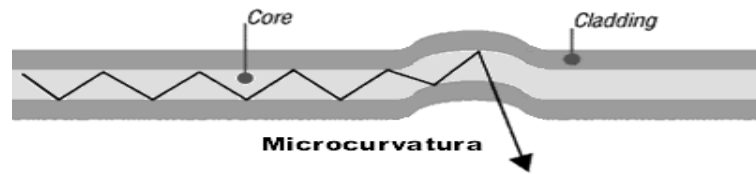


FIGURA 1.20 Microcurvaturas

Estas pérdidas pueden reducirse adoptando las siguientes medidas:

- Aumentar la diferencia de los índices de refracción entre el núcleo y la cubierta.
- Aumentar la sección de la fibra.
- Someter a la fibra en un plástico blando y recubrirla posteriormente con un elemento no blando, que absorberá los esfuerzos con una baja elongación.

Tomando estas medidas se conseguirá reducir en un 30% las pérdidas por este concepto.

Atenuación por tendido, ambiente y envejecimiento

Durante la instalación de la fibra óptica se la somete a los agentes climáticos y a ciertas manipulaciones provocadas por el tendido, que contribuyen también en mayor o menor grado a incrementar las pérdidas y acortar la vida de la fibra.

Para resolver estos problemas se puede optar por estas alternativas.

Aplicar sobre un recubrimiento primario una sustancia rígida en forma de un segundo recubrimiento.

Colocar la Fibra Óptica, con su primer revestimiento dentro de un segundo revestimiento holgado, rellenando el espacio intermedio con un medio viscoso.

Ambas alternativas presentan sus respectivas ventajas:

- La primera, muestra una buena estabilidad en un amplio rango de temperaturas.

- La segunda, presenta un incremento de pérdidas despreciable durante el cableado.
- El envejecimiento de la fibra óptica se produce en determinadas condiciones de tensión permanente o cuando se presentan fisuras superficiales.

- **Dispersión temporal en el material**

Cuando se transmite un pulso luminoso a lo largo de una fibra óptica, éste sufre un ensanchamiento en el tiempo. Este fenómeno recibe el nombre de dispersión temporal y es la causa de las principales limitaciones que tiene un sistema de comunicaciones basado en fibra óptica.

La dispersión temporal se divide en: Dispersión Modal, Dispersión Cromática y Dispersión por modo de polarización.

- a) Dispersión Modal**

La dispersión modal provoca esparcimiento del pulso, es causado por la diferencia en los tiempos de propagación de los rayos de luz que toman diferentes trayectorias por una fibra. La dispersión modal puede ocurrir sólo en las fibras de multimodo. Se puede reducir considerablemente usando fibras de índice gradual y casi se elimina totalmente usando fibras monomodo.

La dispersión modal puede causar que un pulso de energía de luz se disperse conforme se propaga por una fibra.

- b) Dispersión Cromática**

La dispersión intramodal o cromática se presenta en todos los tipos de fibras ópticas y tiene como origen el hecho de que las fuentes de luz disponibles no emiten una sola frecuencia, sino un cierto espectro de una determinada anchura de banda. En las fibras multimodo, el fenómeno queda enmascarado por la dispersión intermodal, de mucha mayor amplitud, por lo que sólo se suele considerar este tipo de dispersión para las fibras monomodo.

La dispersión cromática principalmente se divide en dos tipos: dispersión espectral o del material y dispersión de guía de onda.

*** Dispersión Espectral o de Material**

Se conoce por este nombre al efecto que produce la dependencia del índice de refracción de la fibra con la frecuencia. Efectivamente, el índice de refracción de la fibra es función de la frecuencia a la que se mida. Como la velocidad de propagación es función del índice de refracción, cada componente espectral dentro de un mismo modo se desplazará a velocidad diferente.

*** Dispersión de Guía de Onda**

Suponiendo que el índice de refracción de la fibra no varía con la frecuencia, aparecería un efecto de dispersión debido a que la constante de propagación es función de la frecuencia (aunque el índice de refracción no cambie), lo que se traduce en un camino recorrido diferente para cada componente espectral del modo que se propaga. Este parámetro de dispersión por efecto de Guía de Onda, es función de la frecuencia normalizada, dependiendo, por tanto, del radio del núcleo, de los índices de refracción del núcleo y la cubierta, y de la longitud de onda.

c) Dispersión por Modo de Polarización

Un mecanismo que contribuye al ensanchamiento del pulso que se propaga por una Guía de Onda Óptica está relacionado con la birrefringencia (doble refracción es una propiedad de ciertos cuerpos de desdoblar un rayo de luz incidente en dos rayos linealmente polarizados de manera perpendicular entre sí como si el material tuviera dos índices de refracción distintos) de la fibra.

Aunque el fenómeno viene caracterizado por magnitudes de pequeño valor frente a la dispersión cromática, presenta gran importancia cuando se trabaja con fibras monomodo que tienen el cero de dispersión cromática en las proximidades de la ventana de trabajo.

b) Servicios de Telecomunicaciones

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.

Los elementos que integran un sistema de telecomunicación son un transmisor, una línea o medio de transmisión y posiblemente, impuesto por el medio, un canal y finalmente un receptor. El transmisor es el dispositivo que transforma o codifica los mensajes en un fenómeno físico, la señal. El medio de transmisión, por su naturaleza física, es posible que modifique o degrade la señal en su trayecto desde el transmisor al receptor debido a ruido, interferencias o la propia distorsión del canal. Por ello el receptor ha de tener un mecanismo de decodificación capaz de recuperar el mensaje dentro de ciertos límites de degradación de la señal.

La telecomunicación puede ser punto a punto, punto a multipunto o teledifusión, que es una forma particular de punto a multipunto que funciona solamente desde el transmisor a los receptores, siendo su versión más popular la radiodifusión.

Posibles imperfecciones en un canal de comunicación son: ruido impulsivo, ruido de Johnson-Nyquist (también conocido como ruido térmico), tiempo de propagación, función de transferencia de canal no lineal, caídas súbitas de la señal (microcortes), limitaciones en el ancho de banda y reflexiones de señal (eco). Muchos de los modernos sistemas de telecomunicación obtienen ventaja de algunas de estas imperfecciones para, finalmente, mejorar la calidad de transmisión del canal.

b.1) Proveedor de Servicios de Internet (ISP)¹²

Un proveedor de servicios de Internet o ISP, por la sigla en inglés de Internet Service Provider es una empresa que brinda conexión a Internet a sus clientes. Un ISP

¹² B. W. Omar. (2008). *ISP*. Recuperado el 27 de junio 2010, de http://es.Proveedor_de_servicios_de_Internet.html

conecta a sus usuarios a internet a través de diferentes tecnologías como DSL, Cabledem, GSM, Dial-up, Wifi, fibra óptica entre otros.

Estas empresas proveen servicios como:

- Transmisión de datos
- Internet
- Clear channel (Canal Limpio)
- Servicio de correo electrónico
- Servicio de servicio de televisión por cable
- Servicios adicionales

b.2) Última milla

La ultima milla es la conexión entre el usuario final y la estación local/central/hub esta puede ser alámbrica o inalámbrica como se puede observar en la *FIGURA 1.21*, se conecta individualmente a los usuarios con la red de conmutación, es una red que puede se más sencilla en cuanto a que necesita menor capacidad de ancho de banda por nodo.

En esta parte de la red son frecuentes las etapas de concentración empleando multiplexores o concentradores, con el objeto de ahorrar medios de transmisión, lo que requiere de una perfecta sincronización dentro de la red mediante el empleo de protocolos de señalización adecuados.

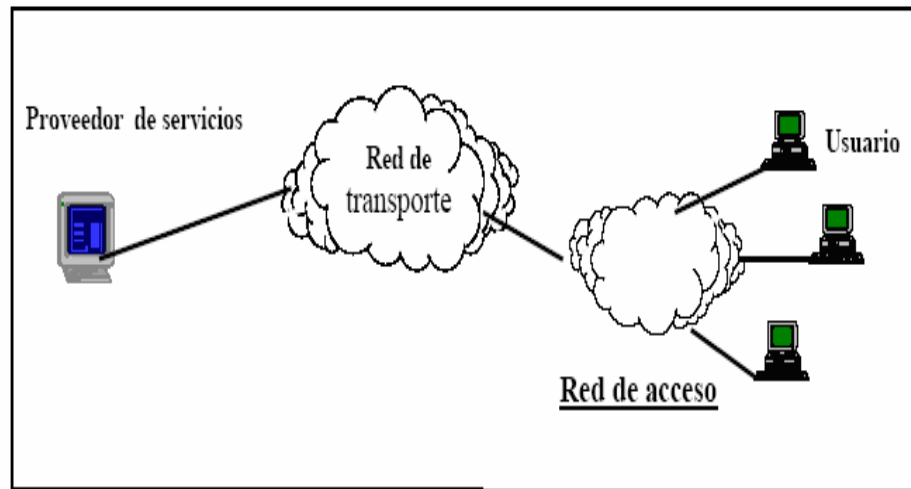


FIGURA 1.21 Ultima milla

2.3 HIPÓTESIS

¿El diseño de una Red Óptica Interurbana permitirá mejorar los Servicios de Telecomunicaciones entre las ciudades Ambato y Pelileo de la provincia de Tungurahua?

2.4 VARIABLES

2.4.1 Variable Independiente

Diseño de la red Óptica Interurbana

2.4.2 Variable Dependiente

Mejorar los servicios de Telecomunicaciones

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1 ENFOQUE

La investigación estará enfocada dentro del paradigma cuali-cuantitativo, porque busca la comprensión de los hechos desde un marco de referencia de los actores permitiendo conocer la zona en estudio y la realidad de las empresas proveedoras de servicio de internet. Estableciendo respuestas objetivas y confiables que orienten hacia la solución del problema, luego de lo cual se propondrá una solución al mismo.

3.2. MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN

3.2.1. Investigación de campo

Esta forma de investigación ayudará a establecer contacto directo con la zona de investigación permitiendo el análisis del problema que ocurre en la ciudad de Pelileo y de acuerdo a éste estudio realizar el diseño de la red óptica interurbana entre Ambato y Pelileo. Ésta investigación ayudará a cumplir los objetivos del proyecto.

3.2.2. Investigación bibliográfica

Esta investigación permite profundizar el tema mediante teorías, conceptualizaciones y criterios de varios autores, y, tomar diversos enfoques para el diseño de una red óptica interurbana y de acuerdo a documentos técnicos y actuales desarrollar el proyecto en mención. Además es necesario apoyarse en fuentes primarias y secundarias para explicar de manera teórica, científica el proceso de la investigación planteada.

3.3 NIVEL DE INVESTIGACIÓN

3.3.1. Nivel explorativo

Es una acción preliminar que nos permitirá tener una idea general del objeto a investigar, es un estudio poco estructurado. El nivel explorativo nos permitirá identificar el problema, conocerlo en el proceso de contextualización dependiendo de las variables y así determinar la factibilidad del proyecto.

3.3.2. Nivel descriptivo

Se orienta a determinar ¿Cómo es? ¿Cómo se manifiesta el problema?, se busca especificar las cualidades importantes para medir y evaluar aspectos, dimensiones que apoyada con criterios de clasificación, servirá para ordenar, agrupar y sistematizar los datos del nivel anterior;

3.3.3. Nivel correlacional

Permitirá establecer análisis, comparaciones entre dos o más variables y la utilización de la hipótesis facilitará proyectarnos a la solución del problema; permitiéndonos llegar al nivel explicativo con un estudio cuidadosamente estructurado en la propuesta de la solución del problema.

3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.4.1. Población

La población involucrada en el proyecto son 30 empresas que constituyen las más importantes de la ciudad de Pelileo de la provincia de Tungurahua.

3.4.2. Muestra

Se determina la muestra a través de la siguiente fórmula:

$$n = \frac{N}{E^2(N - 1) + 1}$$

Donde:

n= Tamaño de la muestra de las empresas de la ciudad de Pelileo

N= Población de las empresas de la ciudad de Pelileo =30 empresas

E^2 = Error=0.02

$$n = \frac{30}{0.02^2(30 - 1) + 1} = 30$$

Las 30 empresas que forman parte de la población pasan a constituir la muestra, por ser un número reducido.

3.5 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

3.5.1 Variable independiente: Diseño de la red Óptica Interurbana.

ABSTRACTO			CONCRETO	
CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIÓN	INDICADORES	ITEMS	TÉCNICAS - INSTRUMENTOS
Conexión de centrales de larga distancia con altas velocidades y muy poca atenuación.	Red óptica	Características Estructura Tecnologías Ventajas y desventajas	¿Cuáles son las ventajas y desventajas de una red óptica? ¿Qué tipo de tecnología es apropiada para la red óptica interurbana?	Observación Registro de datos
	Fibra óptica	Propiedades Características Clasificación Ventajas y desventajas	¿Qué clase de fibra óptica se debe utilizar para un enlace óptico interurbano?	Encuesta
	Conexión de centrales	Técnicas Componentes	¿Qué tipo de tendido de fibra óptica se debe realizar para interconectar la ciudad de Pelileo?	

3.5.2 Variable dependiente: Mejorar los servicios de Telecomunicaciones.

ABSTRACTO			CONCRETO	
CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIÓN	INDICADORES	ITEMS	TÉCNICAS - INSTRUMENTOS
Empresas que ofrecen servicios para la transmisión de datos.	Empresas de Telecomunicaciones	Proveedores Servicios que prestan Cobertura	¿Qué empresas de Telecomunicaciones proveen servicios de internet a la ciudad de Pelileo?	Observación Registro de datos
	Transmisión de datos	Funcionamiento Tecnologías Potencia	¿Qué parámetros se deben tomar en cuenta para la transmisión de datos?	Encuesta

3.6 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

3.6.1 Plan para recolectar información

La investigación se sustentará en base a datos obtenidos mediante encuestas aplicadas a las principales empresas de la ciudad de Pelileo de la provincia de Tungurahua, como bancos, locales comerciales, cooperativas, etc., además de encuestar a técnicos de las diferentes empresas Proveedoras de Servicios de Internet (ISP).

Anexo 1: Encuesta dirigida a los técnicos de las diferentes empresas Proveedoras de Servicios de Internet (ISP).

Anexo 2: Encuesta dirigida a las principales empresas de la ciudad de Pelileo de la Provincia de Tungurahua.

3.7 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

3.7.1 Plan que se empleará para procesar la información recogida

Una vez aplicados los instrumentos de investigación se procederá al análisis de los datos obtenidos en las encuestas utilizando métodos estadísticos que permitan obtener resultados claros y concisos, siendo una referencia para encontrar una solución al problema.

3.7.2 Plan de análisis e interpretación de datos

Los resultados obtenidos en las tabulaciones de las encuestas se analizarán dando criterios basados en el marco teórico y en los objetivos planteados en el proyecto buscando comprobar la hipótesis.

CAPITULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Diagnóstico de la situación actual de Pelileo

Actualmente la ciudad de Pelileo cuenta con varias empresas, cuyo servicio de internet las proveen los ISP (Proveedor d Servicio de Internet) como CNT, Telconet, Speedy, Porta, Movistar, Megadatos, etc. Los ISP brindan servicios de internet a sus clientes de ésta ciudad utilizando radio frecuencia y debido al incremento de usuarios han ocurrido problemas en los enlaces de radio provocando ciertos problemas en la rapidez, conexión a internet, pérdidas de paquetes, etc.

Se ha hecho encuestas para determinar cuáles son las principales necesidades e inconvenientes en los servicios de internet de la ciudad de Pelileo y además estos datos ayudarán para el diseño del tendido de fibra óptica.

4.2 Interpretación de datos

4.2.1 Encuesta 1

De acuerdo a la encuesta dirigida a los técnicos de las principales empresas que utilizan el servicio de internet de la ciudad de Pelileo de la Provincia de Tungurahua (ANEXO I), se obtuvo una importante información para el diseño de una red óptica interurbana entre Ambato y Pelileo.

Pregunta 1:

¿La empresa en la que trabaja cuenta con Servicio de Internet?

VARIABLE	NÚMERO	PORCENTAJE
Si	25	83,33 %
No	5	16,67 %
TOTAL	30	100,00 %

Fuente: Encuesta

Elaborado por: Lorena Balseca

TABLA 4.1

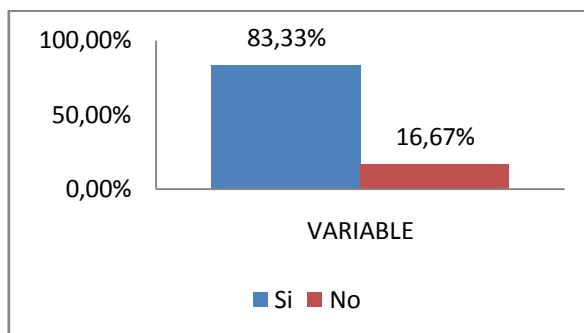


FIGURA 4.1

Análisis e Interpretación:

El 83.33% de las personas encuestadas respondieron a la *Pregunta 1* positivamente, asegurando que la empresa en la que laboran si cuentan con servicio de internet y el 16.67% respondió que no cuentan con servicio de internet en la empresa. Esto demuestra que la mayoría de las empresas de Pelileo trabajan con Internet.

Pregunta 2:

¿Qué opina sobre el Servicio de Internet que tiene la empresa?

VARIABLE	NÚMERO	PORCENTAJE
Muy buena	1	3,33%
Buena	4	13,33%
Regular	15	50,00%
Mala	10	33,33%
TOTAL	30	100,00 %

Fuente: Encuesta

Elaborado por: Lorena Balseca

TABLA 4.2

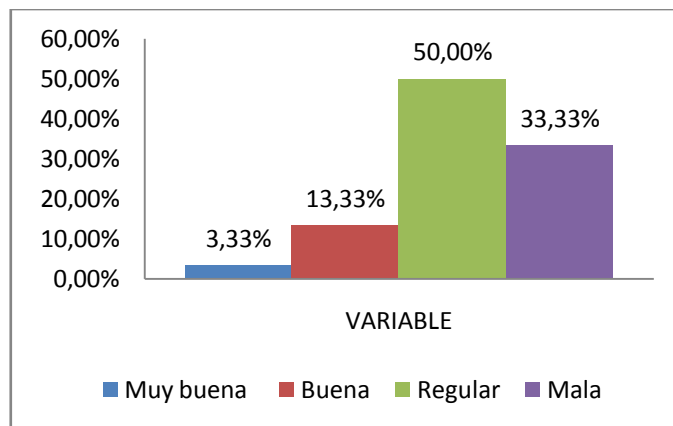


FIGURA 4.2

Análisis e Interpretación:

El 50.0 % de los encuestados respondió a la *Pregunta 2* que el servicio de internet con el que cuenta la empresa es regular, el 33.33% que es malo el 13.33% que es bueno y el 3.33% que es muy bueno el servicio de Internet. De esta manera se puede manifestar la necesidad de brindar un servicio de internet confiable y seguro.

Pregunta 3:

¿Qué tipo de problemas tienen el servicio de internet?

VARIABLE	NÚMERO	PORCENTAJE
Velocidad, Eficiencia, Saturación	27	90,00%
Ninguna	3	10,00%
TOTAL	30	100,00%

Fuente: Encuesta

Elaborado por: Lorena Balseca

TABLA 4.3

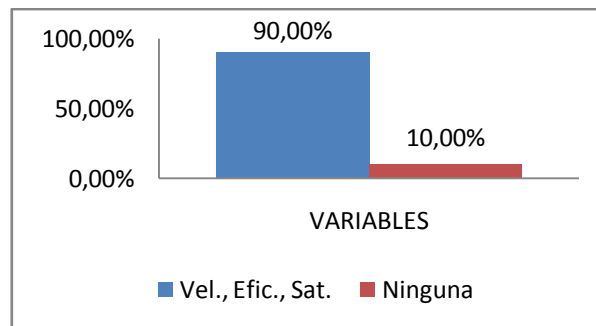


FIGURA 4.3

Análisis e Interpretación:

El 90.00% de técnicos encuestados respondió a la *Pregunta 3* que tienen inconformidad ante el servicio de internet con el que trabajan en cuanto a la velocidad, la eficiencia, y la saturación. Determinando así que el servicio actual de Internet en Pelileo no es seguro.

Pregunta 4:

¿Qué tipo de soluciones se han dado a los problemas que ha presentado la red?

VARIABLE	NÚMERO	PORCENTAJE
Revisión de equipos	15	50,00%
Revisión y cambio de equipos	10	33,33%
Ninguno	5	16,67%
TOTAL	30	100,00 %

Fuente: Encuesta
Elaborado por: Lorena Balseca

TABLA 4.4

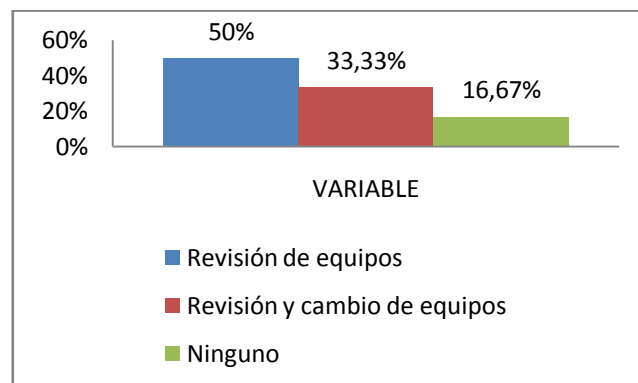


FIGURA 4.4

Análisis e Interpretación:

El 50.0% de encuestados respondió a la *Pregunta 4* que las soluciones que se han dado a los problemas que ha presentado la red ha sido la revisión de los equipos, el 33.33% respondió revisión y cambio de equipos y el 16.67% que no han tenido ninguna solución. A pesar de que los proveedores de Internet brindan alternativas de solución la conexión a Internet no es confiable.

Pregunta 5:

¿Qué empresa de Telecomunicaciones le proveen servicios de internet?

VARIABLE	NÚMERO	PORCENTAJE
CNT	11	36,67%
TELCONET	4	13,33%
PORTA	8	26,67%
ASAPTEL	7	23,33%
TOTAL	30	100,00 %

Fuente: Encuesta

Elaborado por: Lorena Balseca

TABLA 4.5

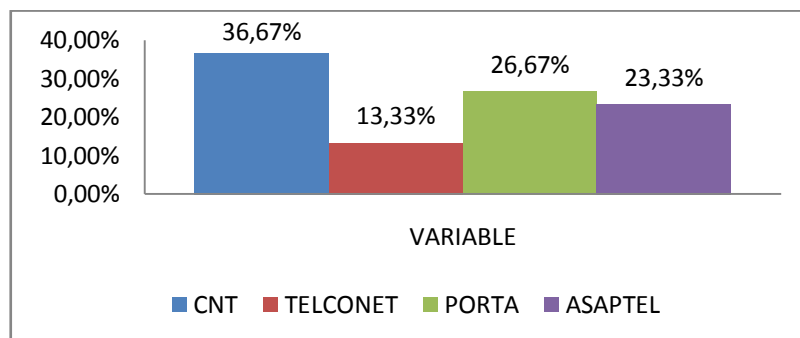


FIGURA 4.5

Análisis e Interpretación:

El 36.67% de técnicos respondió a la *Pregunta 5* que la empresa que les provee Internet es CNT, el 13.33% respondió TELCONET, el 26.67% respondió PORTA y el 23.33% ASAPTEL. Estas empresas son las principales proveedoras de internet en la ciudad de Pelileo.

4.2.2 Encuesta 2

De acuerdo a la encuesta dirigida a los técnicos de las diferentes empresas Proveedoras de Servicios de Internet (ISP) de la Provincia de Tungurahua y del país (ANEXO II), se obtuvo una importante información para el diseño de una red óptica interurbana entre Ambato y Pelileo.

Pregunta 1:

¿Brindan servicios de telecomunicaciones a la ciudad de Pelileo de la provincia de Tungurahua?

VARIABLE	NÚMERO	PORCENTAJE
Si	8	80,0%
No	2	20,0%
TOTAL	10	100,00 %

Fuente: Encuesta

Elaborado por: Lorena Balseca

TABLA 4.6

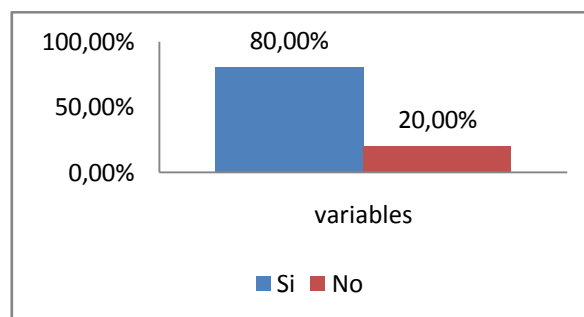


FIGURA 4.6

Análisis e Interpretación:

El 80% de técnicos encuestados respondieron a la *Pregunta 1* afirmativamente, constatando que las Empresas Proveedoras de Servicio de Internet si brindan este servicio a la ciudad de Pelileo de la provincia de Tungurahua, mientras que el 20% respondió que no.

Pregunta 2:

¿Qué enlace utilizan actualmente para tener cobertura en la ciudad de Pelileo?

VARIABLE	NÚMERO	PORCENTAJE
Radio enlace	7	70,00%
Red óptica	0	0,00%
Adsl	3	30,00%
TOTAL	10	100,00 %

Fuente: Encuesta
Elaborado por: Lorena Balseca

TABLA 4.7

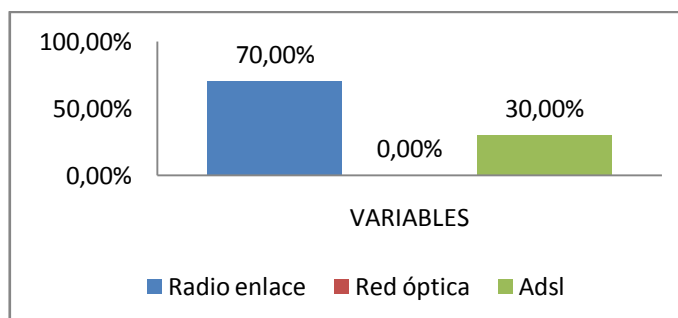


FIGURA 4.7

Análisis e Interpretación:

El 70.0% de encuestados respondió a la *Pregunta 2* que el tipo de enlace que utilizan para dar cobertura a la ciudad de Pelileo es a través de radio enlace y el 30.0% lo hace a través de Adsl. Esto demuestra que aún no se ha implementado una red óptica en ésta ciudad y la posibilidad de llegar a dar cobertura de Internet a Pelileo a través de una red óptica interurbana.

Pregunta 3:

¿Qué tipo de clientes solicitan sus servicios de telecomunicaciones?

VARIABLE	NÚMERO	PORCENTAJE
Bancos y Cooperativas	2,500	25,00%
Institutos educacionales, Cyber-cafés y Locales comerciales	4,375	43,75%
Residencias domiciliarias	3,125	31,25%
TOTAL	10,00	100,00 %

Fuente: Encuesta
Elaborado por: Lorena Balseca

TABLA 4.8

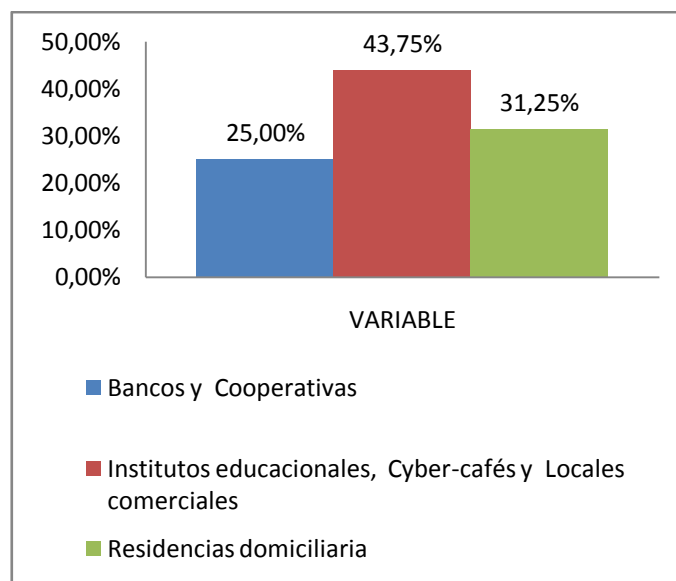


FIGURA 4.8

Análisis e Interpretación:

A la *Pregunta 3* respondieron que el 43.75% de las empresas trabaja con Institutos educacionales, Cyber-cafés y Locales comerciales, el 31.25% con Residencias domiciliarias y el 25.00% con Bancos y Cooperativas.

Pregunta 4:

¿Cuántos clientes tiene la red de la ciudad de Pelileo?

VARIABLE	NÚMERO	PORCENTAJE
1a 10	3	30,00%
10 a 30	6	60,00%
30 y más	1	10,00%
TOTAL	10	100,00 %

Fuente: Encuesta
Elaborado por: Lorena Balseca

TABLA 4.9

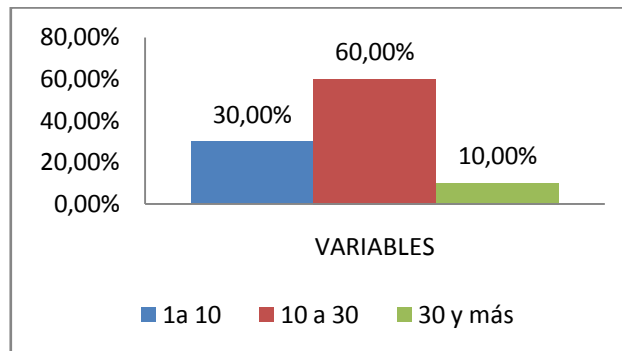


FIGURA 4.9

Análisis e Interpretación:

El 30.0% de técnicos asevera a la *Pregunta 4* que la red consta de 1 a 10 clientes, el 60.0% que sus clientes son de 10 a 30 y el 10.0% de 30 y más. Se puede notificar un número considerable de clientes en ésta ciudad por lo que la red óptica favorecería a los servicios de internet por su capacidad y características.

Pregunta 5:

¿Qué tipo de problemas tiene en la red que cubre la ciudad de Pelileo?

VARIABLE	NÚMERO	PORCENTAJE
Velocidad, Eficiencia, Saturación	6	60,00%
Ninguna	4	40,00%
TOTAL	10	100,00%

Fuente: Encuesta

Elaborado por: Lorena Balseca

TABLA 4.10

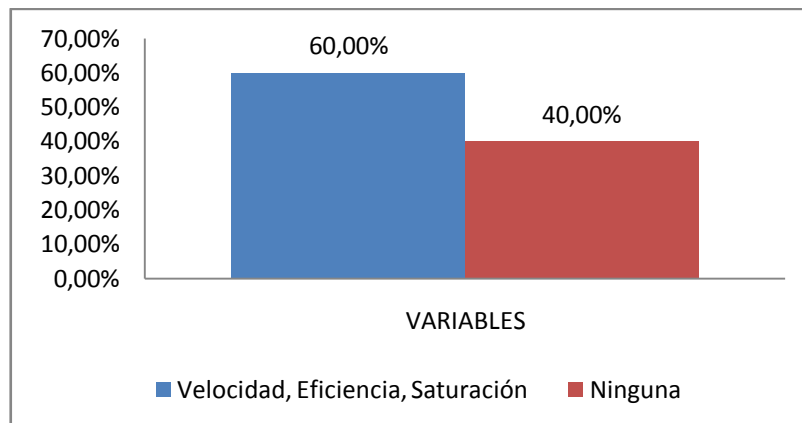


FIGURA 4.10

Análisis e Interpretación:

El 60.00% de técnicos respondió a la *Pregunta 5* que tienen problemas de velocidad, de eficiencia y de saturación en la red que da cobertura a la ciudad de Pelileo mientras que el 40.00% contestó que no tenían ningún problema en esa red. Se puede aseverar que la cobertura que tienen en Pelileo no brinda confiabilidad en sus servicios.

Pregunta 6:

¿La empresa brinda servicios de transmisión óptica?

VARIABLE	NÚMERO	PORCENTAJE
Si	2	20,00%
No	8	80,00%
TOTAL	10	100,00 %

Fuente: Encuesta

Elaborado por: Lorena Balseca

TABLA 4.11

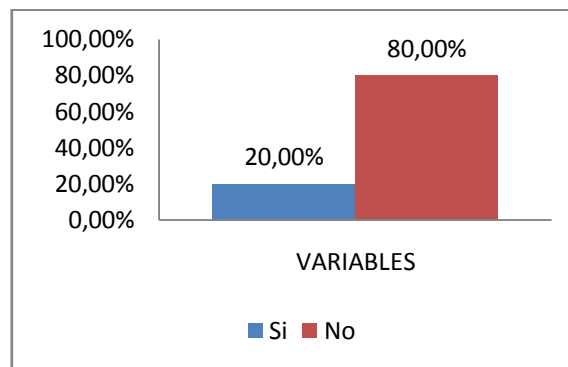


FIGURA 4.11

Análisis e Interpretación:

El 20.0% de encuestados respondió a la *Pregunta 6* que la empresa si brinda servicio de transmisión óptica, mientras el 80.0% aún no utiliza ésta tecnología. De esta forma se nota la necesidad de implementar una red con la última tecnología para la transmisión de datos.

Pregunta 7:

¿Qué tipo de tendido de fibra óptica se debe realizar para interconectar la ciudad de Pelileo?

VARIABLE	NÚMERO	PORCENTAJE
Tendido aéreo	3	30,00%
Tendido Subterráneo	7	70,00%
TOTAL	10	100,00 %

Fuente: Encuesta

Elaborado por: Lorena Balseca

TABLA 4.12

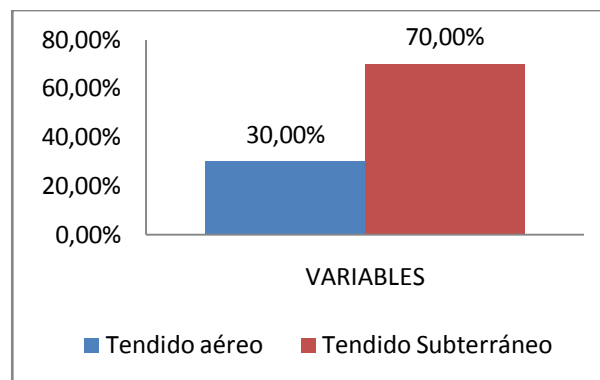


FIGURA 4.12

Análisis e Interpretación:

El 30.0% de encuestados respondió a la *Pregunta 7* que el tipo de tendido de fibra óptica debería ser tendido aéreo y el 70.0% respondió que debería ser subterráneo.

4.3 Verificación de la Hipótesis

Como se puede observar en los cuadros representativos de los datos obtenidos en la investigación, la red actual no brinda suficiente confiabilidad a sus usuarios en los servicios de comunicaciones, teniendo problemas de saturación y pérdida de paquetes, la hipótesis se confirma, en razón de que las redes ópticas son más rápidas y seguras para las telecomunicaciones y permitirá mejorar los servicios de comunicaciones que en la actualidad reciben los clientes de la ciudad de Pelileo de la provincia de Tungurahua.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Hay que tener presente que son varios ISP que llegan a la ciudad de Pelileo a través de radio enlaces, una categoría que significa una limitada capacidad de transmisión y recepción por el tráfico de datos que está en permanente aumento y por el incremento de clientes en la ciudad mencionada, por lo que la red óptica es la última tecnología que cubre el crecimiento en ancho de banda.
- Los radio enlaces con los que cuenta la ciudad de Pelileo representan un sistema poco confiable debido a los problemas de saturación de la red, lo que ocasiona caída del enlace, pérdida de datos e inconformidad con el servicio de telecomunicaciones.
- Disponer de un diseño de una red óptica interurbana ayuda en los procesos para la implementación futura de la red, puesto que se puede realizar el estudio de la zona y tomar las mejores alternativas para seleccionar el diseño más apropiado para cualquier plan de expansión, o de migración, el cual ofrezca las mayores ventajas posibles.

5.2 RECOMENDACIONES

- Previo al diseño del proyecto se debe investigar a fondo el campo de estudio en el que se va a realizar el proyecto para tomar en cuenta las ventajas y desventajas del diseño de red óptica.
- Profundizar los temas propuestos en ésta investigación, puesto que los medios de información como el internet, documentos bibliográficos y las técnicas de investigación (encuestas, entrevistas), contienen información relevante para el desarrollo del proyecto.

CAPITULO VI

PROPUESTA

6.1 DATOS INFORMATIVOS

6.1.1 Tema de la Propuesta

“Red Óptica Interurbana para el mejoramiento de los Servicios de Telecomunicaciones entre las ciudades Ambato y Pelileo de la provincia de Tungurahua”

6.1.2 Ubicación

PROVINCIA: Tungurahua

CANTON: Ambato y Pelileo

6.1.3 Tutor

Ing. Carlos Gordon

6.1.4 Autor

Lorena Elizabeth Balseca Paredes

6.2 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA

Actualmente, la tecnología utilizada para la transmisión de datos en la ciudad de Pelileo de la Provincia de Tungurahua, es a través de radio enlaces desde el proveedor del servicio hasta las estaciones estratégicas para la interconexión directa con el usuario. La investigación realizada con respecto al servicio de telecomunicaciones que reciben los clientes con enlaces de radio en la ciudad de Pelileo muestra que han sufrido saturaciones, interferencias y atenuaciones, causando pérdida de datos y de la señal de conexión desde el servidor al cliente debido al incremento de usuarios, además no presta la confiabilidad suficiente y son problemas que incomodan el trabajo diario de los usuarios.

La red actual por lo tanto enfrenta caída del enlace por interferencias de frecuencia en los equipos de radio, no cumple con la eficacia y seguridad que debe prestar, siendo una molestia para las empresas que utilizan los servicios de comunicaciones.

6.3 JUSTIFICACIÓN

Hoy en día las telecomunicaciones es uno de los sectores que cada día va evolucionando y ofrece una tecnología más sólida y segura para manejar la información, donde el seguimiento de las tecnologías de punta, son aspectos relevantes a considerar. Por esto, con la observación de las redes actuales y con la tendencias del mercado, se ve la necesidad de aumentar la confiabilidad de los servicios de comunicaciones como consecuencia de la incorporación masiva de la población a los diferentes medios de comunicación proponiendo un diseño con la última tecnología de las telecomunicaciones de manera que al utilizarlas garanticen que se cumplan las necesidades de los clientes, de los servicios actuales y futuros, y un buen desempeño general de la red o backbone.

Frente al limitado espectro de frecuencias de las microondas y a la susceptibilidad al debilitamiento que representa el medio radio, la fibra óptica o la tecnología óptica, se convierte rápidamente en el método preferido para la transmisión digital. Las fibras ópticas superan las desventajas de las microondas. Presentan un gran ancho de banda, no son susceptibles a las interferencias ni al debilitamiento y

las comunicaciones pueden conducirse sobre un sistema de fibra óptica con la casi completa garantía de seguridad.

Determinando así que es necesario aplicar otra tecnología para mejorar las condiciones de la red, empezando por el diseño de una red óptica interurbana entre las ciudades Ambato y Pelileo, una de las últimas tecnologías para aplicarse en la transmisión y recepción de información de manera rápida y segura.

6.4 OBJETIVOS

6.4.1 Objetivo General

Diseñar una Red Óptica Interurbana para mejorar los Servicios de Telecomunicaciones entre las ciudades Ambato y Pelileo de la provincia de Tungurahua.

6.4.2 Objetivos Específicos

6.4.2.1 Analizar los requerimientos técnicos de una red óptica interurbana.

6.4.2.2 Identificar los problemas en los servicios de telecomunicaciones en la red actual Ambato-Pelileo.

6.4.2.3 Realizar el diseño de una Red Óptica Interurbana para mejorar los Servicios de Telecomunicaciones entre las ciudades Ambato y Pelileo de la provincia de Tungurahua.

6.5 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD

6.5.1 Factibilidad Técnica

La propuesta planteada sobre el diseño de una red óptica en la ciudad de Pelileo es factible desde el punto de vista técnico, puesto que existen todos los recursos para el desarrollo de esta propuesta.

Al utilizar un sistema óptico se crea nuevas oportunidades para aprovechar las capacidades del sistema y el desarrollo de las telecomunicaciones, todo lo que

tiene que ofrecer la tecnología digital, cabe resaltar el hecho de que existen varias alternativas que se pueden utilizar facilitando la implementación futura del sistema.

6.5.2 Factibilidad Operativa

Desde el punto de vista operativo la propuesta es factible debido a que el sistema de comunicaciones con el que cuenta actualmente la ciudad de Pelileo carece de una adecuada infraestructura física y tecnológica, necesarias para abastecer de forma rápida, segura y eficiente los servicios de comunicaciones.

La última tecnología de las telecomunicaciones a utilizar garantiza que se cumplan las necesidades de los clientes, de los servicios actuales y futuros, y un buen desempeño general de la red o backbone.

6.5.3 Factibilidad Económica

La propuesta de diseño de una “Red Óptica Interurbana para el mejoramiento de los Servicios de Telecomunicaciones entre las ciudades Ambato y Pelileo de la provincia de Tungurahua”, que se plantea en este proyecto determinará los gastos necesarios que se deberán tomar en cuenta para el desarrollo o implementación de la red óptica.

Dependiendo desde el punto de vista económico pues los propietarios de la empresa consientes de los beneficios que obtendrán a nivel de seguridad está dispuesta a brindar el apoyo económico necesario para la futura implementación del proyecto.

6.6 FUNDAMENTACIÓN

a.1) Topologías utilizadas en las redes ópticas¹³

Para el diseño de la red de fibra óptica tenemos dos tipos de topología que son:

- Topología tipo bus
- Topología tipo anillo

¹³ *FIBERCO. (2010). Fibra óptica. Recuperado el 7 de septiembre 2010, de www.fibra-optica.org*

Topología tipo Bus

En esta configuración el tráfico es transportado por una sucesión de nodos interconectados, y los servicios (voz, datos, videos) pueden ser añadidos o extraídos en cualquier nodo de la cadena. Los dos nodos finales son llamados nodos terminales o terminales de línea. Los nodos intermedios pueden estar constituidos por equipos

ADM o nodos regeneradores., como se muestra en la *FIGURA 6.1*.

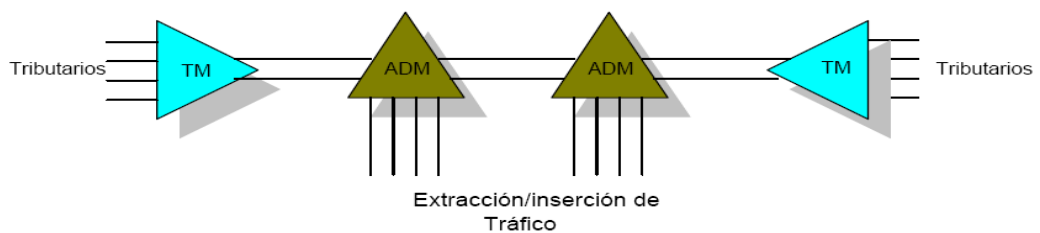


FIGURA 6.1 Topología tipo Bus

Topología tipo Anillo

La topología de anillo da como resultado una estructura de red de elevada confiabilidad, puesto que en caso de suscitarse una falla en los equipos o cables, la red puede reconfigurarse manteniendo la continuidad del servicio, como se muestra en la *FIGURA 6.2*.

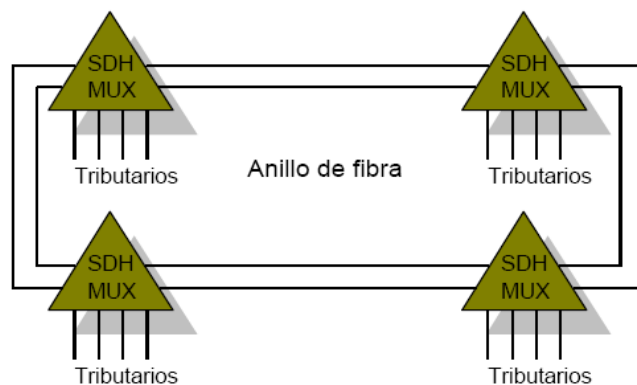


FIGURA 6.2 Topología tipo Anillo

Además tenemos dos tipos de protección para el anillo como son la unidireccional y la bidireccional. En el anillo de protección unidireccional el tráfico se encamina en ambas direcciones. Este tipo de configuración es usado principalmente en redes de acceso de abonados. El anillo de protección bidireccional utiliza (a más del mecanismo de protección mencionado anteriormente), dos trayectorias paralelas de transporte: Una activa y otra de reserva. La información se transmite a través de la trayectoria activa y en caso de suscitarse alguna falla, entra en funcionamiento la vía alterna. Esta configuración se utiliza principalmente en aplicaciones de red metropolitana.

a.2) Tipos de cables de fibra óptica

Los cables de fibra por su composición se clasifican en tres tipos, los cuales están disponibles actualmente:

- Núcleo de plástico y cubierta plástica
- Núcleo de vidrio con cubierta de plástico
- Núcleo de vidrio y cubierta de vidrio

Las fibras de plástico tienen ventajas sobre las fibras de vidrio por ser más flexibles, más fuertes, fáciles de instalar, pueden resistir mejor la presión, son menos costosas y pesan aproximadamente 60% menos que el vidrio. La desventaja es su característica de atenuación alta por que no propagan la luz tan eficientemente como el vidrio. Por tanto las fibras de plástico se limitan a distancias relativamente cortas.

Las fibras con núcleos de vidrio tienen baja atenuación. Sin embargo, las fibras con núcleo de vidrio y cubierta de plástico son consideradas un poco mejores que las fibras con núcleo de vidrio y cubierta de vidrio. Además, las fibras con núcleo de vidrio y cubierta de plástico son menos afectadas por la radiación electromagnética y, por lo tanto, más atractivas a las aplicaciones militares. Desafortunadamente, las fibras con núcleo de vidrio y cubierta de vidrio son menos fuertes, y más sensibles al aumento en atenuación cuando se exponen a la radiación electromagnética.

- **Cable de estructura holgada**

Este tipo de cable de fibra óptica, como podemos ver en la *FIGURA 6.3*, consta de varios tubos que contienen fibras ópticas, que a su vez están rodeadas de un miembro central que sirve de refuerzo, y además están rodeados de una cubierta protectora. Este cable tiene varios tubos que contienen fibras ópticas. Cada tubo, mide de dos a tres milímetros de diámetro, Los tubos pueden ser huecos o también pueden estar llenos de un gel resistente al agua que impide entre en la fibra.

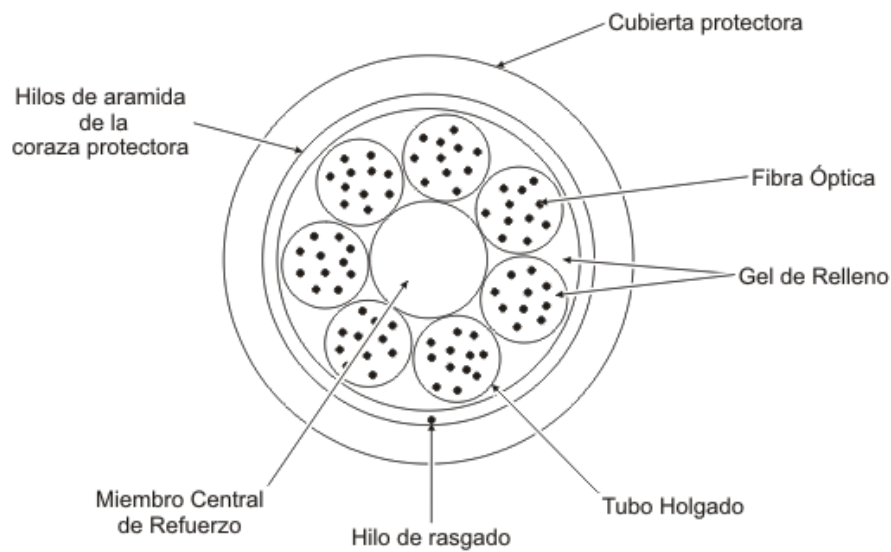


FIGURA 6.3 Cable de tubo holgado

El centro del cable contiene un elemento de refuerzo, que puede ser acero, Kevlar o de un material similar. Éste proporciona al cable refuerzo y soporte durante las operaciones de tendido. Debería amarrarse siempre con seguridad a la polea de tendido durante las operaciones de tendido del cable, y a los anclajes apropiados que hay en cajas de empalmes o paneles de conexión.

La cubierta ó protección exterior del cable puede ser, entre otros materiales, de polietileno, de armadura, de una coraza de acero o hilo de armadía, para aplicaciones exteriores.

Los cables de estructura holgada se usan en la mayoría de las instalaciones exteriores, incluyendo aplicaciones aéreas, en tubos o conductos y en instalaciones directamente enterradas. El cable de estructura holgada no es muy

adecuado para instalaciones en recorridos muy verticales, porque existe la posibilidad de que el gel interno fluya o que las fibras se muevan.

- **Cable de estructura ajustada**

En la *FIGURA 6.4*, se puede observar un cable de estructura ajustada, el cual contiene varias fibras que rodean un miembro central, y todo ello, es decir, las fibras y el miembro central cubierto de una protección exterior. La protección secundaria de la fibra consiste en un recubrimiento que rodea la cubierta de la fibra óptica.

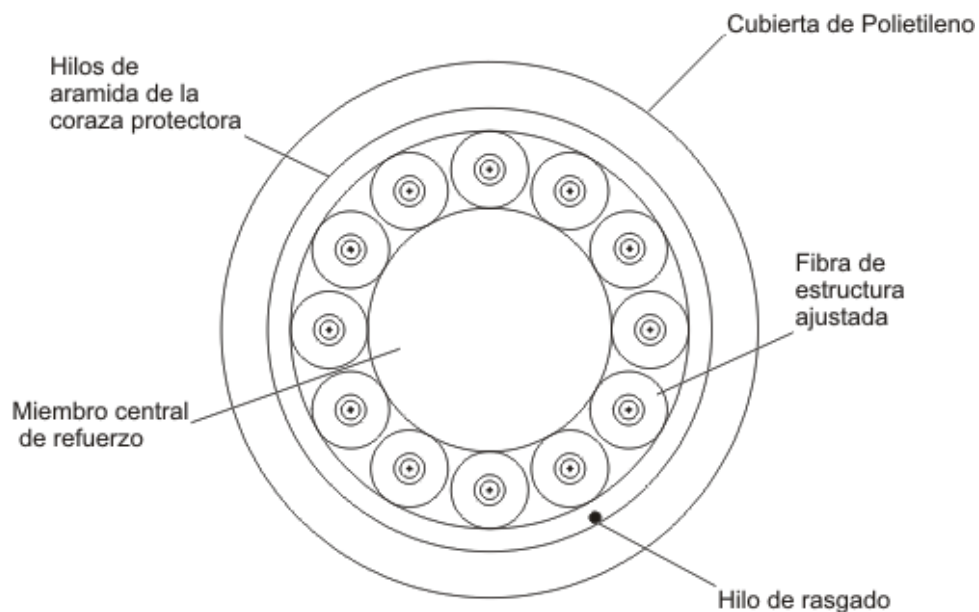


FIGURA 6.4 Cable de estructura ajustada

Cada una de las fibras tiene una protección secundaria que proporciona a cada fibra de forma individual una protección adicional, así como un soporte físico. Esto permite a la fibra ser conectada directamente. Para algunas instalaciones esto puede reducir costos y disminuir el número de empalmes en un tendido de fibra. Debido al diseño ajustado del cable, es más sensible a las cargas de estiramiento o tracción y puede ver incrementadas las pérdidas por microcurvaturas.

Por una parte, un cable de estructura ajustada es más flexible y tiene un radio de curvatura más pequeño que el que tienen los cables de estructura holgada. En primer lugar, es un cable que se ha diseñado para instalaciones en el interior de los edificios. También se puede instalar en tendidos verticales más elevados que los

cables de estructura holgada, debido al soporte individual de que dispone cada fibra.

- **Cable blindado**

Tienen una coraza protectora o armadura de acero debajo de la cubierta de polietileno, FIGURA 6.5. Esto proporciona al cable una buena resistencia al aplastamiento y propiedades de protección frente a roedores. El cable se encuentra disponible generalmente en estructura holgada aunque también hay cables de estructura ajustada.

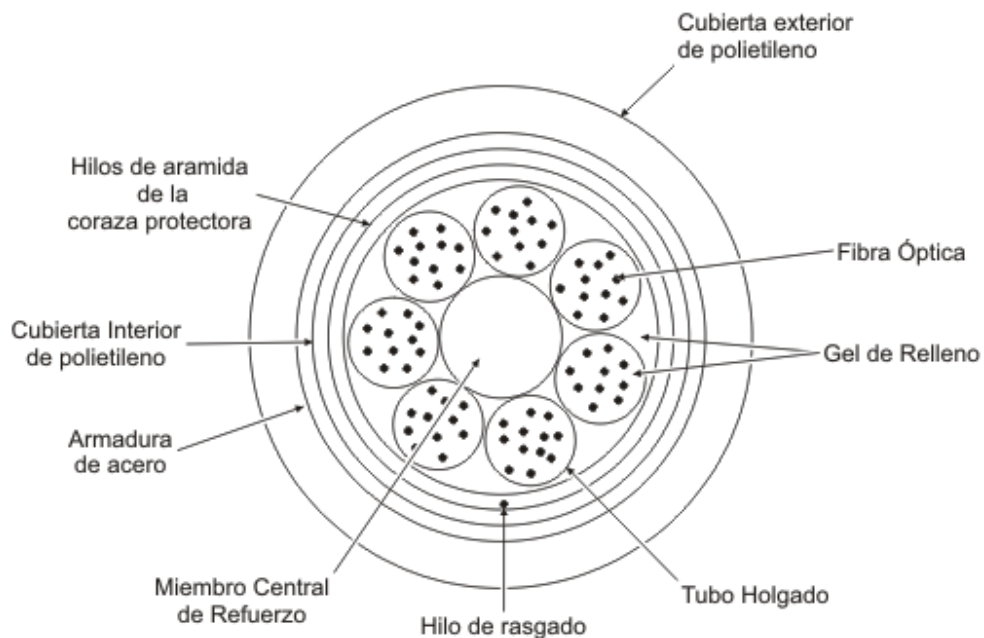


FIGURA 6.5 Cable de fibra óptica con armadura.

- **Cable auto soportado ó figura 8**

Es un cable óptico auto-sustentado FIGURA 6.6, formado por un tubo que contiene de 2 a 12 fibras ópticas en su interior. El núcleo óptico es reforzado por fibras dieléctricas y protegido por un revestimiento externo resistente a intemperies. Conocido también como fibra con mensajero por que consta por un alambre de acero galvanizado que ofrece una resistencia superior a las fuerzas de tracción que deberá soportar el cable óptico durante toda su vida útil. También se lo conoce como figura 8.



FIGURA 6.6 Cable auto soportado ó figura 8

- **Cable submarino**

Es un cable de estructura holgada diseñado para permanecer sumergido en el agua, *FIGURA 6.7*. Actualmente muchos continentes están conectados por cables submarinos de fibra óptica transoceánicos.

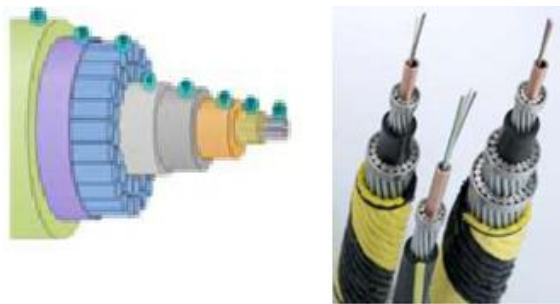


FIGURA 6.7 Cable submarino

- **Cable compuesto tierra-óptico (OPGW)**

Es un cable de tierra que tiene fibras ópticas insertadas dentro de un tubo, en el núcleo central del cable. Las fibras ópticas están completamente protegidas y rodeadas por cables a tierra. Es utilizado por las compañías eléctricas para suministrar comunicaciones a lo largo de las rutas de las líneas de alta tensión.

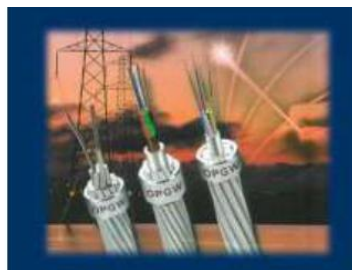


FIGURA 6.8 Cable compuesto tierra-óptico (OPGW)

- **Cable ADSS (todo dieléctrico autoportado)**

Es un cable de fibra óptica que se ha diseñado para la instalación aérea. Un cable ADSS usa hilo de aramida y una pieza de alta resistencia a la tracción central para soporte.

El cable ADSS ofrece gran resistencia y flexibilidad para su instalación en postes o torres de transmisión aérea, eliminando la necesidad de un mensajero de soporte.

Tiene la capacidad de resistencia a la tracción, para la instalación bajo las condiciones ambientales y eléctricas más exigentes, además, de no ser afectado de ninguna manera por los campos electromagnéticos.

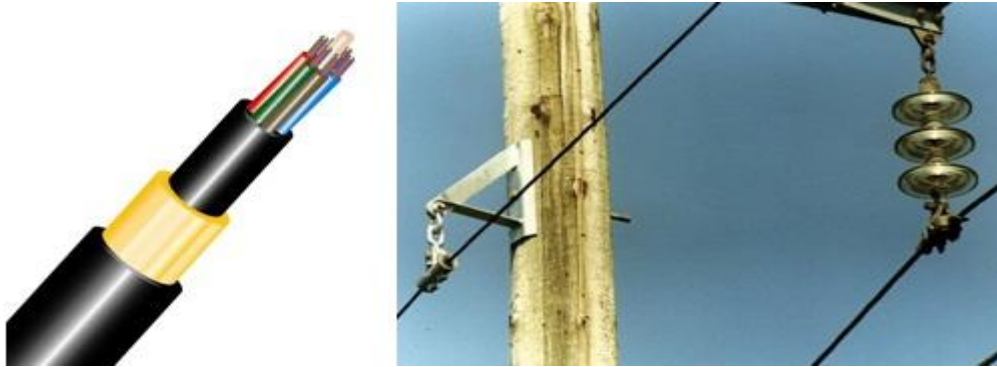


FIGURA 6.9 Cable ADSS (todo dieléctrico autoportado)

a.3) Consideraciones para la instalación de una red de Fibra óptica

La Unión Internacional de Telecomunicaciones UIT-T en la recomendación L.35 (Instalación de cables de fibra óptica en la red de acceso) proporciona información sobre los métodos aconsejados para la instalación de cables de fibra óptica, para su tendido en conductos, aéreo y enterrado; indica lo siguiente:

Para la instalación subterránea

- Que se utilicen cámaras de registro o cajas como puntos de empalme y flexibilidad de red.
- Que cuando el diámetro del conducto lo permita y se utilicen subconductos de policloruro de vinilo (PVC), éstos se instalen dentro del conducto ordinariamente por tracción.

- Que cuando sea necesario, se instale el cable desde un punto intermedio, disponiendo una parte del cable en forma de ocho.
- Que se almacene el cable sobrante en las arquetas o cámaras de registro.

Para la instalación aérea

- Que se utilicen postes de madera, cemento, acero, fibra o plástico, en función de la valoración económica y de impacto medioambiental realizada.
- Que el cable debe atarse o enrollarse a un cable/hilo de soporte o se debe utilizar un cable autoportado.
- Que se suspenda el cable de todos los postes, aunque en situaciones particulares, tales como:
 - Postes de empalme
 - Final de la ruta
 - Cruces de ríos y carreteras
 - Cada cierto número de postes
- El cable debe anclarse (fijarse al poste) para que la mayor parte de su peso recaiga sobre el poste.
- Se deje una reserva de cable en los puntos de empalme para la realización de los mismos.

a.4) Tipos de tendido¹⁴

El tendido de cable es la acción propia de desplegar el cable de fibra óptica entre los extremos a conectar, existiendo varios métodos de tendido según la zona en la que realiza el tendido de cable.

¹⁴ DSpace. (2004). *Diseño de red óptica*. Recuperado el 7 de septiembre del 2010, de <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/180/5/Capitulo%204.pdf>

El criterio elegido para la realización del tendido depende del tramo en cuestión y del grado de ocupación de la canalización, quedando determinado el criterio de tendido en el replanteo anterior a la instalación.

Básicamente se diferencian tres tipos de tendidos:

- Tendidos submarino
- Tendidos aéreo
- Tendidos subterráneo

- **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.

Aspectos importantes:

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 proceso del tendido de la red submarina es complejo y largo. Como primera instancia, antes de llevar a cabo la instalación, se realiza un estudio en el cual se traza la ruta del cableado submarino y se especifican los requisitos tecnológicos. Posteriormente, se relevan los datos geofísicos y en base a ellos se define la ruta real a utilizar. En esta fase se especifican los tipos de cable submarino, empalmes, estructuras y demás equipamiento, incluido el mecanismo de transmisión electrónica.

La instalación del tendido de fibra óptica es llevada a cabo por dos barcos, que después de partir de diferentes áreas geográficas, van desenrollando y sumergiendo el cable, hasta que se encuentran en un punto determinado del océano, es ahí donde se realiza la conexión de los dos puntos. Finalmente, después de comprobar que el enlace funciona correctamente, sumergen los dos extremos de los cables conectados.



FIGURA 6.10 Tendido submarino

- **Tendido aéreo**

Los cables de fibra óptica para tendidos aéreos, en sus distintas conformaciones pero en especial aquellos que pueden ser instalados en líneas de alta tensión, se han destacado como sistemas aptos para la transmisión de comunicaciones, sea en forma de señales, voz o datos, no sólo con calidad, sino además, con la ventaja de hacerlo a un costo de baja significación.

La instalación de cable aérea se realiza sobre postes y torres que, permiten el enrutamiento del camino de transmisión óptico sobre el terreno. El método más común es usar un cable metálico guía entre los postes o torres que servirá de soporte duradero de las fibras que son mucho más delicadas.

La desventaja de esta última técnica radica en que al quedar el cable de fibra en la parte mas baja del poste, este queda susceptible a condiciones que podrían implicar su corte, deterioro o robo.

Aspectos importantes:

Los dos métodos preferidos para la instalación son el método de enrollado retractable/fijo y el método de enrollado móvil. Las circunstancias en el sitio de construcción y la disponibilidad del equipo/mano de obra dictarán el método de tendido de cables a usar.

El método de enrollado retractable/fijo es el método usual de tendido de cables. El cable se coloca desde el carrete yendo hacia arriba por el alambre, tirado por un bloque que solamente viaja hacia adelante y es mantenido en alto por los soportes de cables. El cable se corta de inmediato y se forman los bucles de expansión, la atadura de cables se realiza después de tender el cable.

El método de instalación con desplazamiento de carrete puede requerir cierta mano de obra adicional y ahorrar tiempo con la colocación y atadura del cable. En esto, el cable se acopla al alambre y se desenrolla de un carrete alejándose de él. El cable se ata a medida que se tira, los bucles de corte y expansión se hacen durante la atadura de cables.

Sin importar el método de instalación que se use, el estrés mecánico es de gran importancia durante la instalación, ya que el cable se puede dañar si se excede la tensión de tiro máxima permisible o el radio mínimo de curvatura que el fabricante especifique. Esto con el fin de eliminar por completo la posibilidad que ocurra deformaciones durante la instalación del cable y reste vida útil al cable.



FIGURA 6.11 Tendido Aéreo

Aspectos técnicos:

Una de las modalidades de instalación de la fibra óptica son los cables aéreos; en donde la UIT en su recomendación L.35 (Instalación de cables de fibra óptica en la red de acceso) indica que para la instalación aérea:

Longitud media entre postes: 25 - 80 metros.

Longitud máxima entre postes: 50 - 200 metros.

Perfil del cable autoportado (cuando procede): en forma de ocho y forma circular.

Longitud sobrante de cable en los puntos de empalme: 0.8 - 10 metros.

La altura a la cual se realizará la instalación de la fibra óptica queda a determinarse mediante estudios acorde a las características propias de cada lugar.

La UIT L.26 (Cables de fibra óptica para aplicaciones aéreas) recomienda al momento de instalar la fibra tener especial cuidado en las características mecánicas y condiciones ambientales. Los efectos mecánicos pueden influir en el cable causando variaciones de la atenuación de la fibra. Las variaciones pueden ser reversibles y no rebasar límites especificados.

- **Tendido terrestre**

Para hacer un tendido terrestre pueden abrirse zanjas a cielo abierto, o bien utilizar la tecnología de tonelería guiada. El cable es introducido en el terreno creando una zanja (que ha de ser recubierta posteriormente) o simultáneamente excavando e insertando el cable con máquinas especializadas. Es el sistema más costoso inicialmente de los tres.

Aspectos importantes:

Las instalaciones canalizadas requieren la colocación previa de un conducto que conducirá uno o varios cables entre dos puntos de acceso. Los puntos de acceso son registros de manipulación que pueden ser tan grandes como para la entrada de una persona o tan solo como una mano. Este tipo de instalación requiere un dispositivo de introducción del cable dentro de la canalización (también puede ser manual), un instrumento de medida de tensión y un lubricante compatible con la fibra óptica que reduzca la fricción en la canaleta. Las redes canalizadas se suelen instalar como previsión a futuros requerimientos de capacidades, ya que, son fácilmente ampliables.

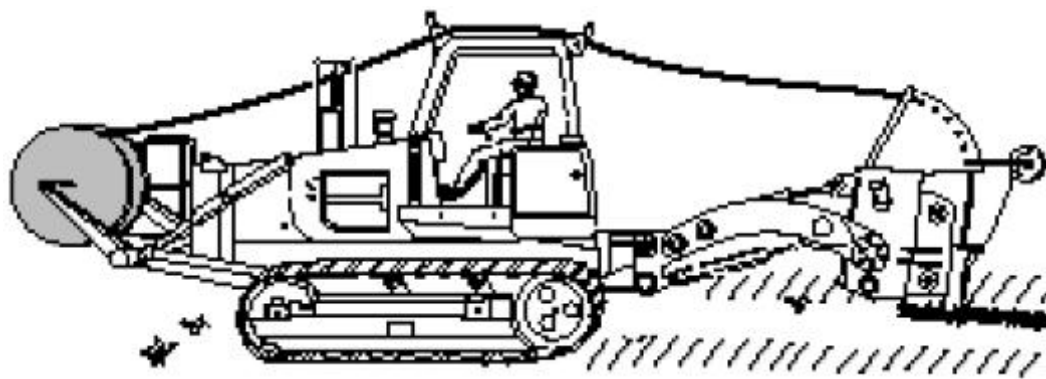


FIGURA 6.12 Tendido Terrestre

Aspectos técnicos:

Ductos para fibra óptica subterránea

Para la instalación de la fibra óptica se requiere realizar primero la instalación de los ductos; ya que el tendido de la fibra óptica se realiza dentro de un Ducto de polietileno de alta densidad (HDPE), el cual, generalmente, forma parte de tres ductos (triducto). La profundidad para estos ductos se determinará mediante un estudio y dependerá de factores como: tipo de suelo, condiciones propias del lugar a instalarse, realización de otros trabajos sobre la misma superficie como por ejemplo, cultivos, drenajes, etc. Como referencia se tiene que para suelo normal la profundidad debe ser de 1.2 metros.

En la norma de la UIT L-35 (Instalación de cables de fibra óptica en la red de acceso) se recomienda:

El número de cámaras y cajas de empalme por kilómetro a lo largo de la ruta: 1 - 30.

Material del conducto: PVC, HDPE, arcilla y acero

Diámetro interno del conducto: 27 - 125 milímetros

Material del subconducto: PVC y PE

Diámetro interno de los subconductos: 14 - 44 milímetros

El ducto HDPE ofrece una gran protección sobre la fibra óptica, pero debido a las irregularidades del terreno se pueden tener lugares en donde se requiera de protecciones adicionales tales como: concreto, caños de hierro. En ciertos casos además de los ductos de polietileno de alta densidad también se utiliza tubería de PVC de 4 pulgadas.

a.5) Empalmes y Conexión de la Fibra Óptica ¹⁵

Para la instalación de sistemas de fibra óptica es necesario utilizar técnicas y dispositivos de interconexión como empalmes y conectores.

Los conectores son dispositivos mecánicos utilizados para recoger la mayor cantidad de luz. Realizan la conexión del emisor y receptor óptico. En caso de que los núcleos no se empalmen perfecta y uniformemente, una parte de la luz que sale de un núcleo no incide en el otro núcleo y se pierde. Por tanto las pérdidas que se introducen por esta causa pueden constituir un factor muy importante en el diseño de sistemas de transmisión, particularmente en enlaces de telecomunicaciones de gran distancia.

Las pérdidas de acoplamiento se presentan en las uniones de emisor óptico a fibra, conexiones de fibra a fibra y conexiones de fibra a fotodetector.

Las pérdidas de unión son causadas frecuentemente por una mala alineación lateral, mala alineación de separación, mala alineación angular, acabados de superficie imperfectos y diferencias de núcleos o diferencia de índices.

¹⁵Chalacán L. (2008). *Trabajos con fibra óptica*. Recuperado el 27 de septiembre 2010, de <http://www.monografias.com/trabajos69/normas-fibra-optica/normas-fibra-optica2.shtml>

Técnicas de Empalme:

Los empalmes de fibra óptica se pueden realizar empleando uno de los tres métodos siguientes:

Método De Fusión

Método Mecánico

Método De Unión Adhesiva

- **Método de Fusión**

En este método las dos fibras son empalmadas aplicando calentamiento localizando entre los extremos de fibras pre alineados, causando que las fibras se ablanden y se funda simultáneamente para formar un hilo de vidrio continuo. El calor de fusión es generado por el arco eléctrico de dos electrodos conectados a una fuente de alto voltaje.

Este método ofrece la atenuación óptica más baja (menor de 0.1 dB) y la más alta confiabilidad. Es utilizado en enlaces de cables continuos y largos (decenas de Km.).

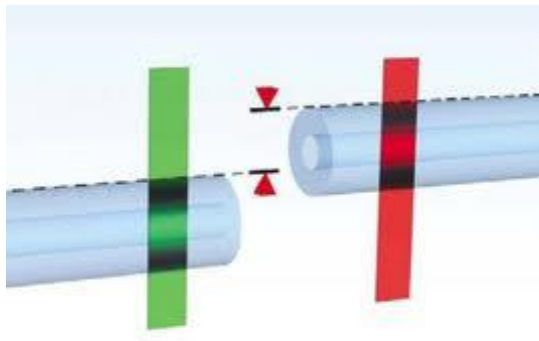


FIGURA 6.13 Método de Fusión

- **Método Mecánico**

Un empalme mecánico consiste de cuatro componentes básicos:

Una superficie de alineamiento (surco – o guías formadas por cilindros, varillas o por la esquina de un tubo de sección cuadrada.

Un retenedor (muelle, cubierta, etc.) para mantener las fibras sobre la superficie de alineamiento.

Un material de adaptación de índice de refracción (gel de silicona, adhesivos de curado UV, resina epóxica y grasas ópticas).

Un encaje o manguito de protección.

Con este método se consigue empalmes con pérdidas típicas que varía entre 0.1 y 0.2 dB, a la temperatura ambiente (20° C). Sin embargo, los empalmes, mecánicos son sensitivos a los cambios de temperatura ambiental.

Este método es excelente para sistemas de corto alcance (menor que 2Km).



FIGURA 6.14 Método Mecánico

- **Método de Unión Adhesiva**

Por este método, un adhesivo es usado para empalmar las fibras. El alineamiento es proporcionado por un substrato, un tubo de vidrio transparente o un manguito.

En algunos métodos, los extremos cortados de las fibras son topados en adhesivos vulcanizados. El adhesivo es seleccionado para proporcionar una adaptación de índice de refracción y rigidez mecánica del empalme.

La atenuación típica conseguida con este método es de 0.1 dB o menor. Sin embargo, son más sensitivos a los cambios de temperatura ambiental.

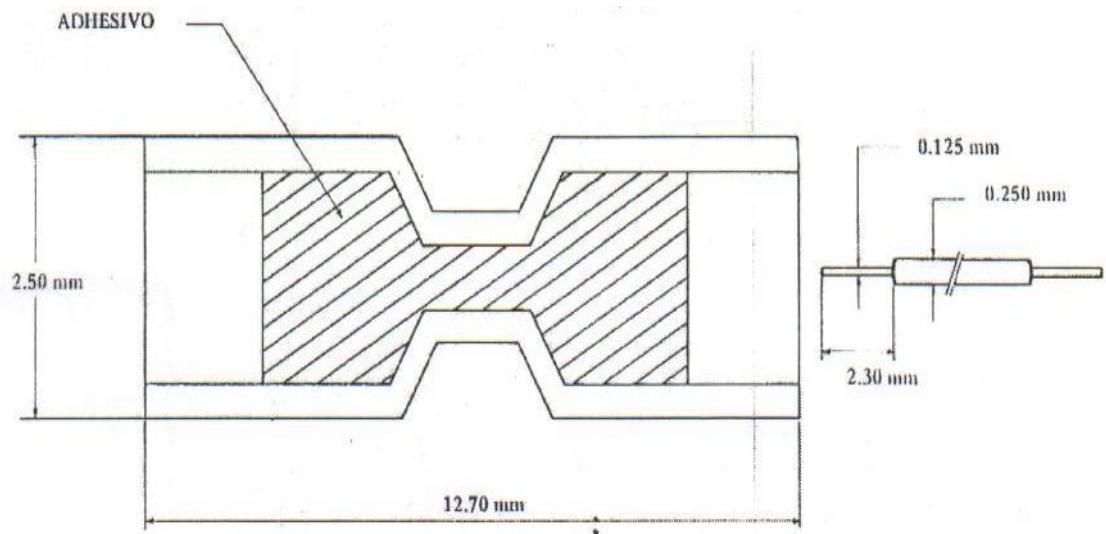


FIGURA 6.15 Método de Unión Adhesiva

a.6) Tipos de conectores

Estos elementos se encargan de conectar las líneas de fibra a un elemento, ya puede ser un transmisor o un receptor. Los tipos de conectores disponibles son muy variados, *FIGURA 6.16*, entre los que podemos encontrar se hallan los siguientes:

FC, que se usa en la transmisión de datos y en las telecomunicaciones.

FDDI, se usa para redes de fibra óptica.

LC y MT-Array que se utilizan en transmisiones de alta densidad de datos.

SC y SC-Dúplex se utilizan para la transmisión de datos.

ST o BFOC se usa en redes de edificios y en sistemas de seguridad.

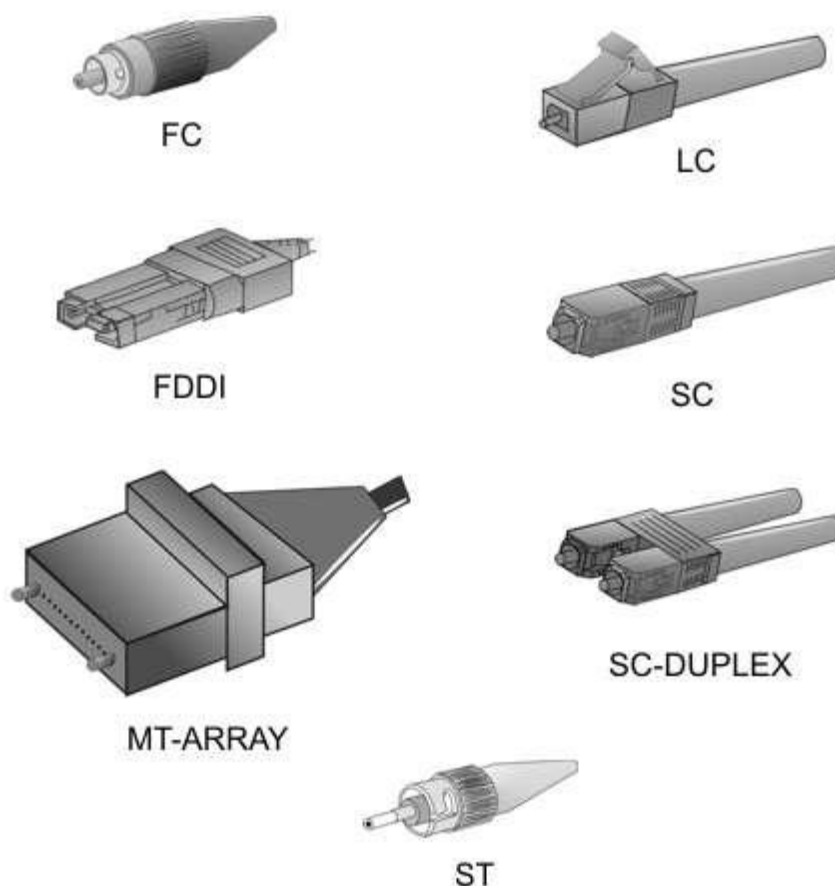


FIGURA 6.16 Tipos de conectores

a.7) Conjuntos de anclaje

Para el cable de fibra óptica, se utilizan herrajes y dispositivos adicionales, para evitar oscilaciones del cable. Debido a que las aplicaciones de fibra óptica son comunes en distancias largas, y a fin de evitar oscilaciones del cable provocadas por el viento o por movimientos bruscos.

- **Herrajes de suspensión y retención**

Estos sirven para amarrar o sujetar el cable de fibra óptica dependiendo del tipo de fibra que se utilice y de la técnica de tendido que se aplique, serán tales que soporten las tensiones de instalación aún en las peores condiciones de trabajo previstas (viento, hielo, oscilaciones) sin dañar los cables o afectar la vida útil de los mismos.

Estos elementos aseguran la tensión y sujeción del cable.

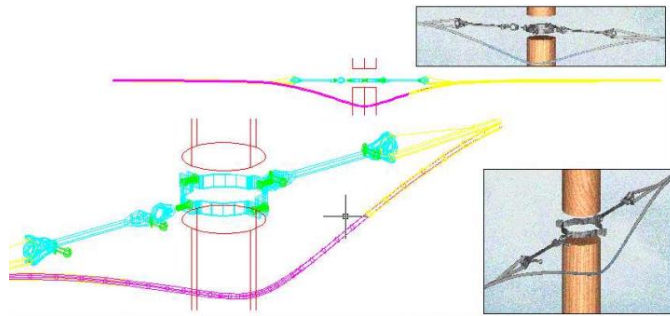


FIGURA 6.17 Herrajes de suspensión y retención

Herraje Tipo A

Estos herrajes están destinados a cumplir funciones de retención de los cables de tendido aéreo y de los cables que se usan para acometidas.



FIGURA 6.18 Herraje Tipo A

Herraje Tipo B

Este herraje está destinado a cumplir funciones de paso para los cables de tendido aéreo.

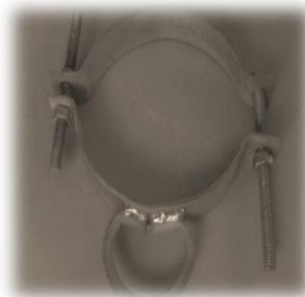


FIGURA 6.19 Herraje Tipo B

El acabado de todas las piezas deberá mostrar una superficie lisa, libre de rugosidades y aristas cortantes.

- **Tensores**

Actúan ejerciendo presión directa sobre el cable, ayudan a sujetar y tensar la fibra. Se usa dependiendo del lugar de instalación de fibra óptica, generalmente en zonas urbanas.

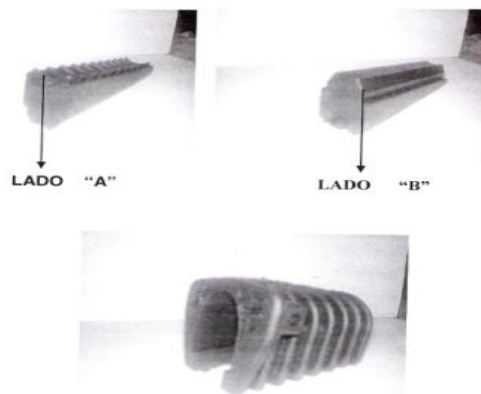


FIGURA 6.20 Tensores

a.8) Equipos para una red óptica

- **Mangas de empalme**

Son bandejas cuya función es alojar a las fusiones de fibra.

- Usadas para la protección de fusiones tanto en construcciones nuevas como en capacidad y trabajos de mantenimiento y reparación.
- Mecánica Re-entrable, hermética.
- Pude ser utilizada para empalmes aéreos, canalizados o directamente enterrados
- Debe permitir agregar o cambiar cables.
- Gran resistencia mecánica de la cubierta (garantía de por vida).
- Debe poseer una bandeja de empalme para alojar a las fusiones.
- En muchos casos, se requiere que las mangas tengas varios puertos de entrada y salida para permitir trabajar con derivaciones.

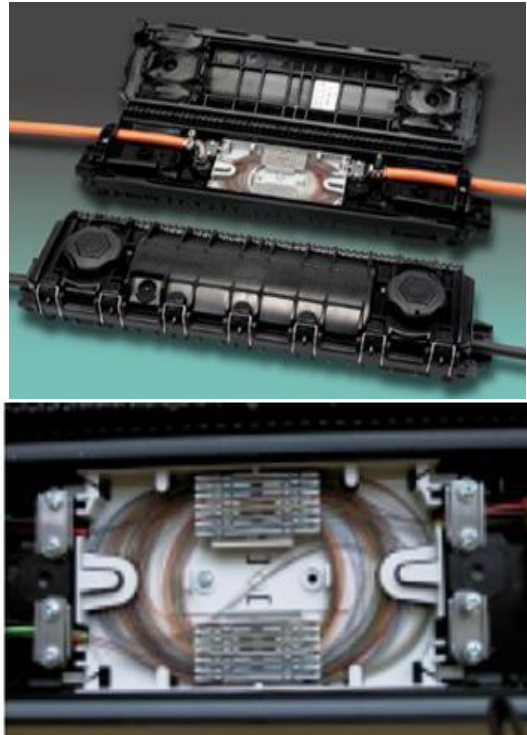


FIGURA 6.21 Mangas de empalme

- **Distribuidor de fibra óptica – ODF**

ODF (Optical Distribution Frame), elemento usado como punto de interconexión entre cable de fibra proveniente de la planta externa y equipos activos. Suele ser una caja metálica que posee uno o varios puertos de ingreso de cables, y un área de patcheo con faceplates con adaptadores o transiciones, en la cual se conecta la terminación del cable de fibra por el un extremo y el patchcord hacia el equipo activo por el otro extremo.

- Dentro del ODF se colocan las bandejas de empalme, en donde se albergan las fusiones de fibra.
- Los ODF son de capacidades variables, y así mismo pueden tener varios tipos de adaptadores.
- Es conveniente que los ODFs contengan un área para las reservas de los patchcords y que sean de bandeja deslizable.
- El patcheo en un ODF puede ser frontal o transversal.



FIGURA 6.22 Distribuidor de fibra óptica (ODF)

- **Patch Cord de fibra óptica**

Un cordón de fibra óptica (patchcord, patchcable o pig tail) es un cable de fibra óptica de corta longitud (usualmente entre 1 y 30 mts) para uso interior con conectores instalados en sus dos extremos, usualmente en presentación simplex (una sola fibra) o duplex (2 fibras) aunque pueden presentarse arreglos multifibra.

Los cordones de fibra pueden interconectar directamente dos equipos activos, conectar un equipo activo a una caja pasiva (ODF) o interconectar dos cajas pasivas conformando en este caso un sistema administrable de cableado (Cross Connect). En este último caso, patch cords son conectados entre el equipo activo y el ODF en su porción interna, y patch cords frontales ODF a ODF, permitiendo una administración de puertos del equipo activo simplemente cambiando patch cords de posición.



FIGURA 6.23 Patch Cord fibra óptica

Rack de piso abierto

Estructura generalmente metálica que permite ubicar y fijar elementos de distribución óptica y equipos dentro de una estación, nodo o Central. Se proyectará un rack por estación, sin embargo, si existiese uno ya instalado, se deberá realizar las averiguaciones respectivas para su posible utilización considerando aspectos tales como: crecimiento de equipos ó si se trata de un rack con ODFs de enlaces existentes, etc.

a.9) Técnicas de verificación de fibra óptica

Si bien la instalación de fibra es muy dificultosa y también lo son sus técnicas de verificación y los criterios que debemos de seguir, que son muy detallados en cuanto a fibra óptica se trata.

- **Medida de retro esparcimiento general y no específica (O.T.D.R)**

El OTDR utiliza la técnica de reflectometría, enviando cortos impulsos de luz para determinar las características de la fibra (longitud, pérdidas, etc.) y la ubicación de fisuras en el enlace, problemas en los empalmes.

- * Longitud de onda adecuada
- * Conexión apropiado
- * Rango dinámico suficiente (según longitud de onda)
- * Uso de eliminador de zona muerta (fibra de lanzamiento)

Procedimiento

- * Puesta en marcha del equipo (para su estabilidad)
- * Seleccionar longitud de onda
- * Comprobación del rango dinámico para la medida total de eventos
- * Conectar al equipo la fibra de lanzamiento (200 600 m para mm/1 km para SM)
- * Realizar primer barrido para determinar fibra de lanzamiento
- * Introducir parámetros de identificación y medidas (índice refracción), longitud, origen, final, etc.
- * Realizar primera medida en una fibra óptica del cable o tramo a medir

- * Tomando la primera como referencia realizar el resto de medidas
- * Analizar eventos y determinar final del tramo
- * Realizar la misma operación en el sentido contrario



FIGURA 6.24 Descripción de la reflectometría con el OTDR

a.10) Norma de Calidad para la aceptación de la Conexión

- **Medición de atenuación**

Por razones de implementación se determinan dos tipos de configuración según se utilice cable de acometida para la determinación en el edificio o se realice el acceso directo del cable exterior al distribuidor de fibra óptica.

Normas de calidad para la aceptación

Acceso al edificio por medio de cables de acometida y de cable exterior: en esta configuración se entiende por conexión a nivel de distribuidor de fibra óptica al conjunto de discontinuidades de pérdida formado por la pérdida intrínseca del conector y el empalme de unión del pig tail (cable de acometida) y el empalme de unión cable de acometida (cable exterior). La pérdida global de las mediciones efectuadas en ambos sentidos a la longitud de onda de 1310 y 1550 nm, no deberá ser superior a los valores establecidos y enunciados anteriormente.

Para la medición deberán emplearse dos bobinas de lanzamiento de fibra óptica de una longitud no inferior a 1000m y cada bobina será de la misma tecnología de fibra óptica empleada por los cordones pig tail.

A efectos de poder realizar la medición, uno de los extremos de la bobina deberá estar pre conectado con el mismo tipo de conector empleado a nivel de distribuidor de fibra.

- **Medición de reflexión¹⁶**

Los valores de pérdida de retorno medidos en cada terminación de cable de fibra óptica a nivel de cada distribuidor de fibra óptica deberán cumplir con la siguiente norma de aceptación:

- * 70% de los valores medidos > 40 db. (Mayor)
- * 30% de los valores medidos < 38 db. (Menor)

Medición de la Pérdida total del trayecto por potencia óptica

La pérdida total de cada sección ('A') para cada fibra óptica deberá satisfacer la siguiente ecuación:

$$A < a * L + E_n * a_e + N_c * a_c \quad [\text{ec. 6.1}]$$

Siendo:

- * 'A' = Pérdida total del tramo (dB)
- * 'a' = Atenuación nominal de la fibra óptica a la longitud de onda especificada; (dB/km)
- * 'L' = Longitud óptica total del tramo; (Km)
- * 'E_n' = número total de empalmes. No se consideran los empalmes de acometida, si existieren y el empalme a pig tail.
- * 'a_e' = valor medio de atenuación por empalme; (dB)
- * 'N_c' = Número de conectores.

¹⁶Wainwright, M. (2009). *Técnicas de verificación*. Recuperado el 30 de enero 2011, de

www://T%C3%A9cnicas_de_verificaci%C3%B3n_de_fibra_%C3%B3ptica.htm

* 'ac' = pérdida de la conexión a nivel de distribuidor (dB)

Para el cálculo, deberán considerar los siguientes valores:

* 'a' = 0.25 dB/km a 1550 nm y 0.38 dB/km a 1310 nm. Fibra óptica monomodo estándar.

Estos valores de atenuación deberán considerarse siempre y cuando correspondan a las medidas efectuadas sobre el cable, previo a la instalación.

* 'L' = longitud óptica. Para la medición de la longitud óptica del tramo, deberá considerarse estrictamente, el índice de refracción correspondiente a la fibra instalada.

* 'ac' = 0.25 dB para conector LC; SC, ST, FC.

Considerando la posibilidad de que la interfaz física del instrumento no sea compatible con los conectores empleados a nivel de distribuidor de fibra, resultara necesario realizar para la medición de potencia, el siguiente procedimiento de calibración, por cuanto se requiere de 2 cordones adaptación al instrumento transmisor y receptor, respectivamente.

* Se medirá el nivel de potencia de salida del transmisor, por medio de un cordón conectado de acuerdo a la interfaz física del instrumento.

* Se medirá la pérdida de inserción del juego de conectores correspondiente a la interconexión de los 2 cordones de adaptación.

* La pérdida intrínseca será la que resulte de la diferencia entre las mediciones efectuadas en los ítem anteriores, debiendo ser menor a 0.4 db.

* Con la configuración del ítem próximo anterior, se realizara la calibración del equipo transmisor-receptor.

Debido a este equipo de calibración, deberá considerarse 'Nc' = 1 en el cálculo de la pérdida total de trayecto.

Si el instrumento de medición posee interfaz compatible con los conectores empleados a nivel de distribuidor de fibra, la calibración se efectuara en forma directa entre el equipo transmisor-receptor, por cuanto no será necesario emplear cordones de adaptación.

El paso de interconexión, deberá efectuarse mediante la desconexión del cordón de referencia a nivel del equipo receptor. A los efectos de poder efectuar la medición, será necesario emplear un cordón de conexión equipo receptor distribuidor de fibra.

Debido a este tipo de calibración, deberá considerarse $N_c = 2$ en el calculo de la pérdida total de trayecto. La medición se efectuara a las longitudes de onda de 1500nm. Y 1300 nm.

El valor absoluto de perdida se obtendrá como el promedio de 3 medidas efectuadas luego de 3 procesos de desconexión-conexión

6.7 METODOLOGÍA

6.7.1 Criterios de Diseño

General

Para el diseño de la red óptica se considera la tecnología que actualmente se dispone.

Adaptabilidad

En el desarrollo del diseño se considera la adaptabilidad, sin incluir ningún elemento que pudiera limitar la implementación de las nuevas tecnologías que pudieran aparecer.

Escalabilidad

Se requiere que el diseño de la red óptica sea capaz de crecer sin hacer muchos cambios importantes, la mayoría de proveedores de servicios requieren que sus redes crezcan para cubrir y dar servicio a redes MAN y WAN.

Manejabilidad.

La red óptica que se desarrollará debe ser fácil de monitorizar y gestionar para asegurar la estabilidad óptima.

Disponibilidad del Sistema Óptico

En lo que respecta a disponibilidad del sistema óptico, la tasa de error no debería sobrepasar los valores de $BER = 10^{-6}$ teóricamente, mientras que en la práctica la tasa de error puede oscilar entre $BER = 10^{-10}$. Además el sistema óptico debe estar activo las 24 horas del día, brindar confiabilidad y seguridad.

6.7.2 Criterios Técnicos

Los criterios técnicos a considerarse en el diseño de la red son los siguientes:

- Localización geográfica y cobertura de la red
- Determinación de la topología de la red
- Detalle de la ruta
- Método de tendido de fibra óptica

Para el tendido de FO hay que tomar en cuenta:

- Ruta
- Infraestructura
- Tipo de fibra
- Herrajes y tensores
- Cantidad de FO
- Mangas de Paso
- Descripción de los nodos
 - ODF
 - Criterios para la selección de los equipos de conmutación
 - Especificaciones técnicas

6.8 MODELO OPERATIVO

6.8.1 Localización Geográfica

San Pedro de Pelileo está ubicado en el centro de la provincia de Tungurahua, a 20 km de la ciudad de Ambato, como se puede apreciar en la *FIGURA 6.25*, es una ciudad productiva y económicamente activa.



FIGURA 6.25 Ambato - Pelileo

6.8.2 Análisis de la Red Actual de la Ciudad de Pelileo

Cuenta con redes de radio frecuencia, y de acuerdo a los datos que se obtuvieron en la encuesta aplicada a los técnicos de las empresas que reciben el servicio de telecomunicaciones de la ciudad de Pelileo, provistos por varios ISP como: TELEFÓNICA, TELCONET, PORTA, PUNTONET, ASAPTEL, CNT (Corporación Nacional de Telecomunicaciones), entre otros; que proveen servicios de telecomunicaciones a pequeñas y grandes empresas, *FIGURA 6.26*.

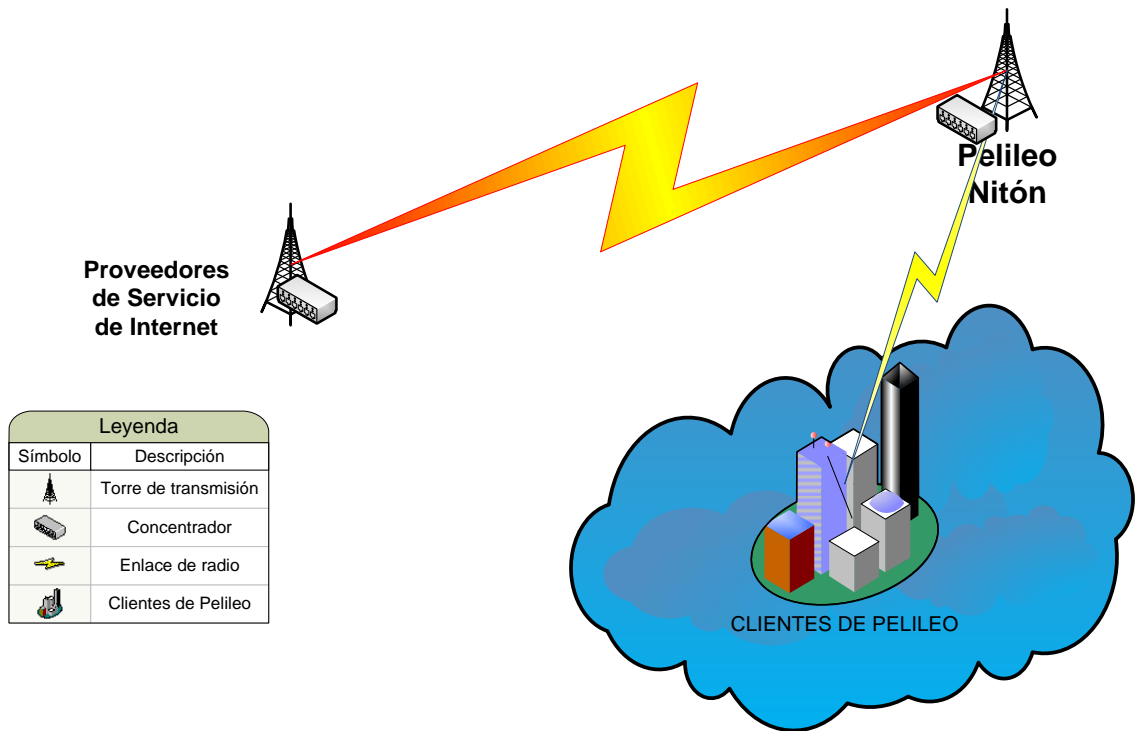


FIGURA 6.26 Red Ambato – Pelileo con RF

Para el diseño de la red óptica interurbana se realizó una investigación de campo a algunas instituciones que trabajan con enlaces de radio como por ejemplo las que se muestran en la TABLA 6.1, tomando las coordenadas con un GPS para obtener la ubicación geográfica precisa de cada una de éstas entidades públicas y privadas, y donde se aplicó las encuestas para la obtención de datos que sustentarán la investigación, las sucursales se distribuyen en el centro de la ciudad de Pelileo.

Cientes	ALTURA [m]	LONGITUD Sur	LATITUD Oeste
ATM BG	2625	1°19'56.7"	78°33'06.2"
B. Pichincha	2593	1°19'40.5"	78°32'29.5"
B. Solidario	2594	1°19'44.5"	78°32'25.8"
Fertiza	2628	1°19'55.6"	78°33'01.5"
Nodo Pelileo	2614	1°19'46.8"	78°32'39.7"
Oscus	2612	1°19'45.5"	78°32'40.4"
PAE	2604	1°19'40.2"	78°32'35.7"
San Francisco	2587	1°19'43.1"	78°32'34.1"
Multitelas	2630	1°19'56.8"	78°32'53.1"

FUENTE: Datos obtenidos con un GPS

TABLA 6.1 Clientes con radio enlace de Pelileo

Aparte de los datos de la *TABLA 6.1*, Pelileo se ha convertido en una ciudad comercial, son algunas, las grandes y pequeñas empresas de la ciudad provistas de servicios de telecomunicaciones, también los hogares cuentan con internet y al incrementarse los clientes con radio frecuencia los enlaces se saturan y son poco confiables. Los radio enlaces son distribuidos desde el Cerro Nitón uno de los puntos más altos y estratégicos para dar una perfecta cobertura a la ciudad de Pelileo, llegando a dicho zona desde otros puntos de enlace (Loma Grande, Salcedo, Ambato, entre otros), dependiendo de los ISP que cubran la zona de Pelileo, como se puede observar en la *FIGURA 6.27*.

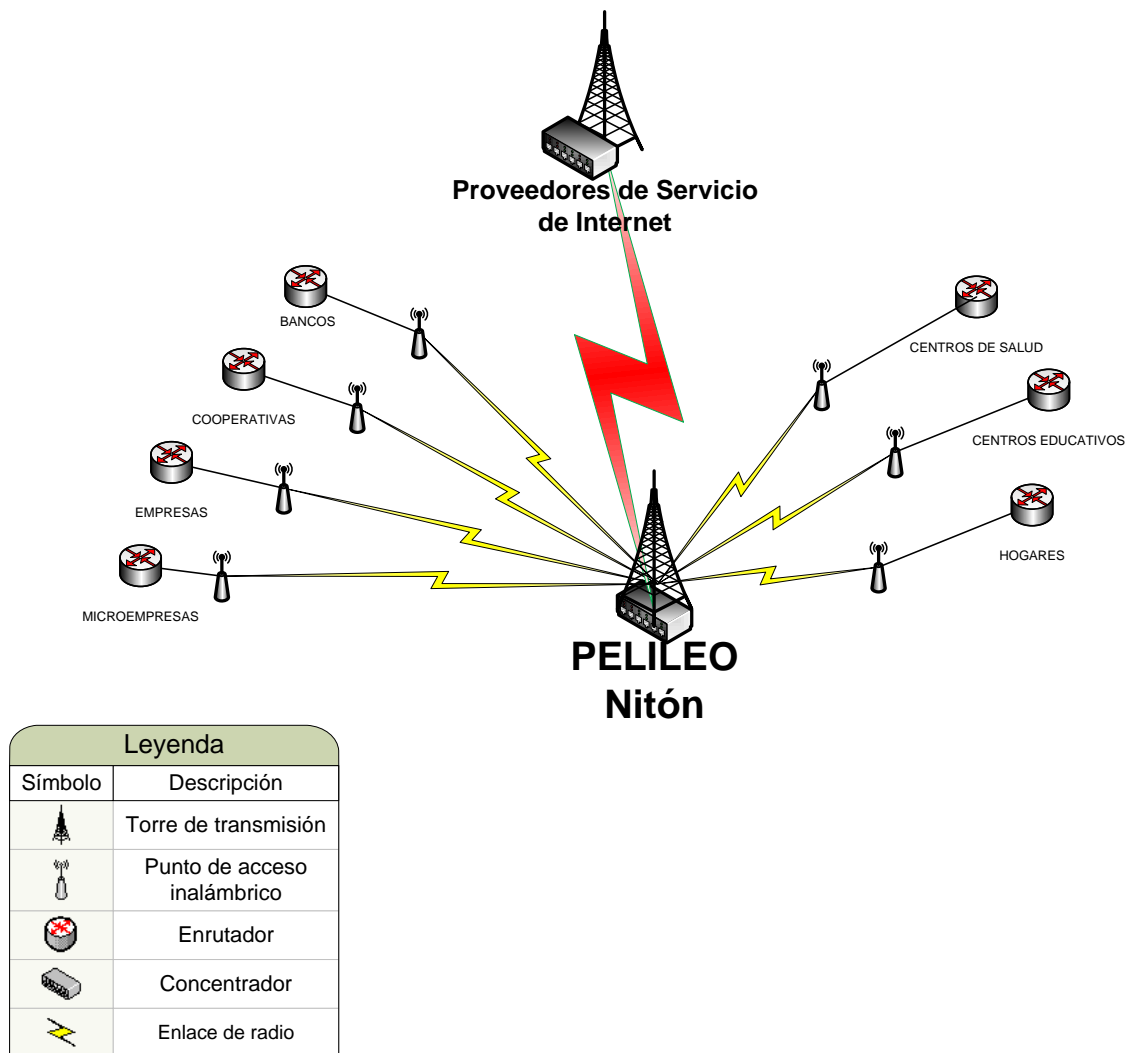


FIGURA 6.27 Clientes provistos con RF

6.8.3. Consideraciones previas al diseño

6.8.3.1 Descripción general del diseño de la Red Óptica Ambato – Pelileo

La red óptica constituirá el desarrollo de una nueva corriente tecnológica muy eficaz para el desarrollo de las comunicaciones en la ciudad de Pelileo, ofrecerá transmisión de datos a alta velocidad y la seguridad de enlace entre estaciones separadas como es Ambato - Pelileo.

- **Esquema de la Red Óptica Interurbana Ambato – Pelileo**

La Red Óptica Interurbana deberá comunicar Ambato – Pelileo, abarcar en un futuro todas las sucursales dentro de la ciudad de Pelileo y proveer de servicio de telecomunicaciones a cada uno de los clientes que los requieran, *FIGURA 6.28*.

Estos servicios deberán ofrecer al usuario la capacidad necesaria para la transmisión de información entre puntos de terminación de la red especificada, los cuales podrán ser suministrados a través de la red óptica que se plantea en este proyecto.

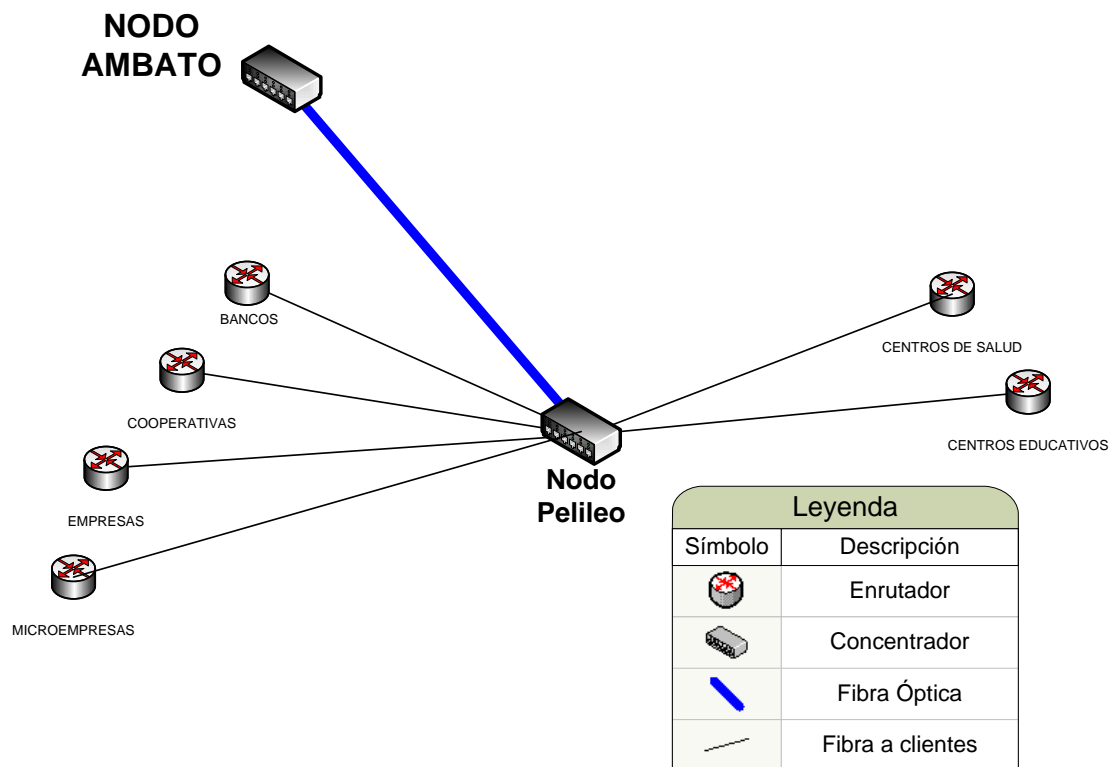


FIGURA 6.28 Esquema de la Red Óptica Interurbana Ambato – Pelileo

- **Requerimientos de la Red Óptica Interurbana Ambato – Pelileo**

Se ha tomado en cuenta los componentes propios de una red, como: cables, componentes de sujeción, elementos activos y elementos pasivos.

Tipo de Cable	Aplicación
Cable ADSS 4 a 96 hilos	Son los cables de fibra óptica usados en redes aéreas para el servicio de voz, datos y video
Cable figura ocho 4 - 96 hilos	
Elemento pasivos	Aplicación
Manga de fibra óptica de 4 a 96 hilos	<p>Cajas herméticas para la colocación de los empalmes de la fibra óptica.</p> <p>Manga de plástico moldeada, fuertemente resistente a la tensión y altamente impermeable, formado de material termoplástico reforzado de color negro.</p> <p>Para instalación en subsuelo, aérea, aplicaciones de pozo y enterrada (dependiendo del lugar de instalación).</p>
Patch cord	Conectores especiales para la fibra óptica, la pérdida máxima por conector será de 0.4 dB y la nominal de 0.2 dB.
ODF	Bandejas de conectores de fibra óptica tipo gabinete con cerradura para montaje en bastidor. Deberá tener todos los accesorios necesarios para alojar las fibras ópticas (dependiendo del número de fibras que requiera el enlace).
Rack de piso abierto	Autosoportados para instalación al piso, tienen una estructura adaptada para aceptar gran cantidad de charolas, paneles y conexiones. Deberá incluir accesorios de montaje.
Elementos activos	Aplicación
Switch router	Para el enrutamiento de datos.
Gigabit	Para la transmisión de datos a través de la fibra óptica.
Componentes de sujeción	Aplicación
Los herrajes	Elementos para fijar la fibra óptica

TABLA 6.2 Requerimientos de la Red Óptica Interurbana Ambato – Pelileo

Definición de equipos necesarios en cada zona de instalación:



PUNTOS DE ENLACE	REQUERIMIENTOS
<p>Nodo Ambato</p> <p><i>Ubicación</i></p> 	<p>Equipos</p> <p><i>Rack</i></p> <p><i>Router</i></p> <p><i>Odf</i></p> <p><i>ups</i></p> <p><i>Elementos de conexión</i></p> <p><i>Gigabit</i></p> <p><i>Patch cord sc</i></p>
<p><i>Medio de transmisión</i></p> <p><i>ruta</i></p>	<p>Fibra óptica</p> <p><i>Tendido de fibra (Descripción)</i></p> <p><i>Método de empalmar la fibra (Descripción)</i></p> <p><i>Materiales:</i></p> <p><i>Mangas</i></p> <p><i>Herrajes</i></p>
 <p>Nodo Pelileo</p> <p><i>Ubicación</i></p>	<p>Equipos</p> <p><i>Rack</i></p> <p><i>Router</i></p> <p><i>Odf</i></p> <p><i>ups</i></p> <p><i>Elementos de conexión</i></p> <p><i>Gigabit</i></p> <p><i>Patch cord sc</i></p>

TABLA 6.3 Requerimientos generales de una red óptica

Especificaciones de los equipos requeridos en cada área:

Nodo Ambato

Equipos	Cantidad
Rack	1
Router Gigabit	1 de 24 puertos / 2 puertos Gigabit
ups	1
<i>Elementos de conexión</i>	<i>(Depende del número de hilos de la fibra óptica que se utilice)</i>
Odf	1 de 24 puertos
Patch cord sc	24

TABLA 6.4 Requerimiento de equipos Nodo Ambato

Nodo Pelileo

Equipos	Cantidad
Rack	1
Router Gigabit	1 de 24 puertos / 2 puertos Gigabit
ups	1
<i>Elementos de conexión</i>	<i>(Depende del número de hilos de la fibra óptica que se utilice)</i>
Odf	1 de 24 puertos
Patch cord sc	24

TABLA 6.5 Requerimiento de equipos Nodo Pelileo

Medio de transmisión (Depende del tipo de tendido y de la ruta de la red óptica)

Equipos	Cantidad
Fibra óptica	24 hilos
Mangas	4
Herrajes	400

TABLA 6.6 Requerimiento para el tendido de fibra óptica

6.8.3.2 Descripción de los requerimientos de la Red Óptica Ambato – Pelileo

- **Selección de la ruta**

Para la selección de la ruta de tendido de la fibra óptica, dependerá de la ubicación de los nodos en las ciudades de Ambato y Pelileo, por lo tanto se debe tener en cuenta que la ruta para el tendido de fibra óptica comprenderá desde un nodo de la ciudad de Ambato perteneciente a un ISP, hasta una zona estratégica de la ciudad de Pelileo.

Para el diseño de la red óptica interurbana se ha tomado puntos aproximados donde se realizarían los nodos de enlace.

En base a los estudios de campo realizados, hemos determinado la ubicación de los nodos con sus respectivas coordenadas geográficas,

Los datos obtenidos en la investigación (*TABLA 6.1*), ayudaron para la ubicación del **Nodo Pelileo** hasta donde se podrá llegar con el tendido de fibra óptica; el nodo o punto de llegada deberá ser en la zona central para que dé cobertura a la ciudad de Pelileo y luego distribuir la fibra a los clientes del sector.

Dicha ubicación se la ha determinado en base a las siguientes consideraciones:

- Facilidad de acceso
- Crecimiento poblacional
- Futuro nicho de mercado

En la *TABLA 6.7*, se resumirán los diferentes puntos estratégicos aproximados incluyendo la ubicación geográfica para el diseño de la Red Óptica Interurbana Ambato – Pelileo.

RUTA	ALTURA [mts]	LONGITUD S	LATITUD O
Nodo Ambato	2732	1°16'1.1"	78°37'22.5"
Nodo Pelileo	2614	1°19'46.8"	78°32'39.7"

FUENTE: Datos obtenidos con un GPS

TABLA 6.7 Ubicación de los nodos en las ciudades de Ambato y Pelileo

El Nodo Ambato constituirá el origen para el tendido de fibra y seguirá a través de la carretera que une ambas ciudades hasta llegar a su destino el Nodo Pelileo, como se puede observar en la *FIGURA 6.29*, que describe el trayecto de la fibra a realizarse gráficamente para una mejor comprensión.

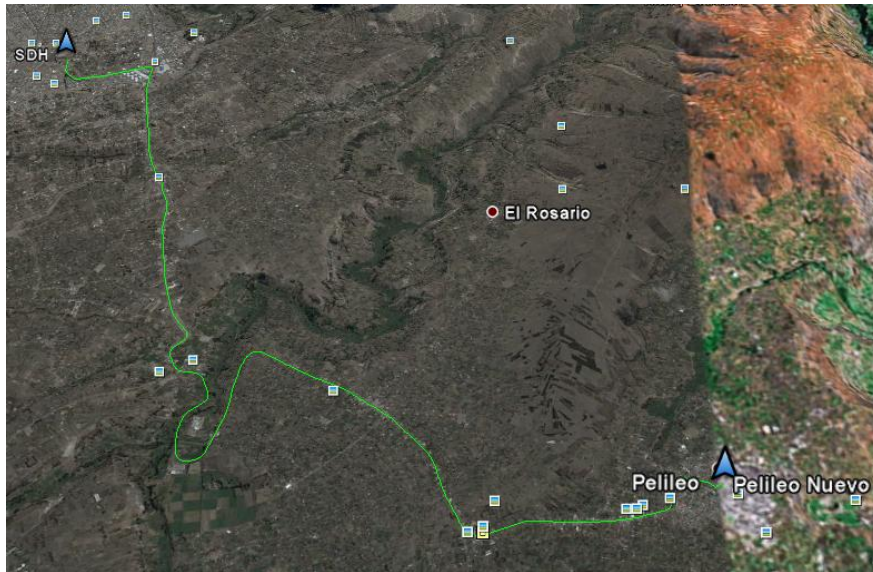


FIGURA 6.29 Ruta Ambato – Pelileo

La ruta se la ha graficado en Google Earth, un software que permite tener una vista aérea de la zona que se desee, en este caso utilizando las coordenadas geográficas de los nodos Ambato - Pelileo y que ha permitido realizar el recorrido simulado de la fibra óptica.

- **Cálculos del diseño**

Para cálculos de diseño se establecen los siguientes elementos considerados como puntos de falla en un enlace y que generan una atenuación en la transmisión de datos.

Los valores establecidos de cada componente que afecta al enlace se muestran en la tabla 6.8 y 6.9, son el resultado de las condiciones de ejecución y parámetros constructivos de los materiales. Estos valores se deben tomar en cuenta durante el

tendido de la fibra óptica, son parámetros de control de atenuación de la red y que ayudará para que la eficiencia de la red óptica sea mayor.

ELEMENTOS DE CONEXIÓN	PÉRDIDAS [VALOR (DB)]
Empalme por fusión	0,1 dB
Conexión en panel (ODF)	De 0,5 a 1,0 dB
Pérdidas por pigtail	Consideradas en los equipos
Potencia retrodifusa recibida en conexión máxima	-50 dB

TABLA 6.8 Pérdidas para enlaces de fibra óptica

La siguiente ecuación permite calcular la atenuación del enlace previo a la instalación. Este valor de atenuación deberá considerarse para la verificación de la red óptica cuando se haya desarrollado el tendido. El valor de atenuación obtenido deberá ser menor al valor del cálculo.

$$A < a * L + E_n * a_e + N_c * a_c \quad [\text{ec. 6.1}]$$

Siendo:

A = Perdida total del tramo (dB)

a = Atenuación máxima por kilómetro de fibra (dB/Km), dada por la siguiente tabla de atenuación de la fibra monomodo en función de la longitud de onda.

TIPO DE FIBRA	LONGITUD DE ONDA	ATENUACIÓN LIMITE (a)
Monomodo estándar (G 652)	1310 nm	≤0.36 dB/Km
Monomodo estándar (G 652)	1550 nm	≤0.23 dB/Km

TABLA 6.9 Atenuación de la fibra monomodo

L = Longitud óptica total del tramo; (Km)

Distancia del Enlace 20km

E_n = número total de empalmes.

Sin considerarse los empalmes de acometida y el empalme a pig tail, en el tramo Ambato – Pelileo y de acuerdo a la cantidad de cable que viene en cada carrete de fibra óptica, se requerirá de 4 mangas de empalmes, cada 4 Km.

ae = valor medio de atenuación por empalme; (dB)

Permitida 0.1 dB

Nc = Número de conectores.

Por cada hilo de fibra óptica van dos conectores monomodo.

ac = pérdida de la conexión a nivel de distribuidor (dB)

Permitida 0.6 dB

Longitud de onda: 1310 nm

$$A < 0.36 \text{ dB/km} * 20 \text{ Km} + 4*0.1 \text{ dB} + 2*0.6\text{dB}$$

$$A < 8.8 \text{ dB}$$

Longitud de onda: 1550 nm

$$A < 0.23 \text{ dB/km} * 20 \text{ Km} + 4*0.1 \text{ dB} + 2*0.6\text{dB}$$

$$A < 6.2$$

- **Topología para la Red Óptica Ambato - Pelileo**

La red que se plantea en este proyecto, debe ser de tipo bus, por la ruta misma que se sigue (carretera Ambato – Pelileo); pero, eventualmente podría considerarse mixta porque con la distribución de clientes y con posibles conexiones a otras centrales se levantaría una topología tipo anillo dependiendo del desarrollo futuro de la red óptica. En la *FIGURA 6.28* se puede apreciar la red que se plantea.

- **Método de tendido fibra óptica**

Generalmente el tendido aéreo se lo utiliza para enlaces interurbanos y urbanos donde no existe canalización, ni saturación de cables siempre y cuando se disponga de postearía existente.

Para la interconexión de los nodos Ambato – Pelileo, y según las recomendaciones de la UIT-T L.35 (Instalación de cables de fibra óptica en la red

de acceso), se plantea en el mencionado proyecto el tendido aéreo de fibra óptica por la facilidad de utilizar la infraestructura existente de la ruta seleccionada, como son los postes de concreto de la Empresa Eléctrica de la Provincia de Tungurahua y además tomando en cuenta la valoración y el impacto ambiental de los otros métodos para el tendido de fibra, el tendido aéreo es más económico y menos complejo para la interconexión de nodos de ciudad a ciudad.

- **Tecnología de una red óptica**

El principal objetivo de una red óptica es el de conseguir velocidades altas para transmitir datos a grandes distancias, Gigabit Ethernet se encuentra estandarizado en la IEEE 802.3z y permite la operación Half y Full Duplex.

Se transmite a 1 Gbps y se define la capa física 1000Base-LX para fibra monomodo en la ventana 1300 nm con un máximo segmento para conmutación de 3000 m.

- **Tipo de fibra óptica a utilizar**

La fibra óptica que se utilice dependerá del método de tendido de fibra óptica que se aplique y como ya se mencionó anteriormente se aplicará el tendido aéreo. Siendo las fibras monomodo las que se utilizan actualmente por la capacidad de transmitir mayor ancho de banda, útil para enlaces de larga distancia, presentan baja atenuación y operan a longitudes de onda de 1310, 1550 y 1650 nm.

De acuerdo a los requerimientos del tendido aéreo se seleccionará la fibra óptica adecuada, los materiales y equipos necesarios para el desarrollo del proyecto.

6.9 Selección de equipos

- **Tipo de fibra óptica para el tendido aéreo**

La fibra óptica a adquirirse será del tipo monomodo (*single mode*) de acuerdo a la recomendación G.652 de la UIT-T. De acuerdo a lo especificado en la recomendación de ITU-T G.652, describe un cable de fibra monomodo cuya longitud de onda de dispersión nula está situada en torno a 1310 nm, optimizado

para uso en la región de longitud de onda de 1310 nm, y que puede utilizarse también a longitudes de onda en la región de 1550 nm.

Entre las fibras ópticas más utilizadas y que se encuentran especificadas en las recomendaciones de ITU-T G.652 para el tendido aéreo se encuentran:

Fibra óptica Adss

Cable de fibra óptica con mensajero adosado ó Figura 8

Este tipo de cable soporta hasta una capacidad de 40 Gbps, cada uno de hasta STM-64 (10 Gbps), esto significa que es óptima para las aspiraciones que se tiene con respecto a cuanto se quiere incrementar la capacidad de la Red de Fibra Óptica propuesta.

El cable de fibra óptica deberá contener 24 fibras (12 pares).

Ventana de operación: 1310 y 1550 nanómetros (nm)

Atenuación: de acuerdo a la recomendación G.652

- Para 1310 nm atenuación \leq a 0.35 dB/Km
- Para 1550 nm atenuación \leq a 0.25 dB/Km

Dispersión cromática: de acuerdo a G.652

- **Pérdida por empalme:** No mayor a 0.2 dB

Características físicas de la fibra óptica:

Diámetro del revestimiento de fibra óptica: 125.0 nm \pm 1.0 nm

Error de concentricidad núcleo/ revestimiento: < 0.6 μ m (micras)

Desvío circular del revestimiento: < 1%

Diámetro de propagación: 9.2 nm \pm 0.5 μ m

Radio de curvatura máximo permitido: 35 mm

Error de Concentricidad: <1 μ m (micrómetro), según recomendación G.652 UIT-T.

Identificación: En color para toda su longitud dentro de los cables de acuerdo a la norma ANSI/EIA 359-A-1984. Las fibras dentro de cada tubo deberán ser de diferentes tonalidades.

Estructura de los cables: las fibras ópticas deberán estar contenidas en un tubo de plástico relleno de gel, cubierto por un dieléctrico y toda la estructura estará contenida en un forro de polietileno.

Diámetro exterior del cable por altura: 15,2 x 26,0 mm

Peso: 395 Kilogramos

Radio de Curvatura Mínimo (mm): 20 x Diámetro del cable (mm)

Aplastamiento: 4000 N / 100 mm

Rango de temperatura de operación: de -40 a +70°C

Vida útil estimada: Mayor de 20 años

Fibra óptica autosoportada Adss

Las fibras ópticas autosoportadas ADSS disponibles para instalarse en vanos cortos, medianos y largos son comunes en distancias largas, y a fin de evitar oscilaciones del cable provocadas por el viento requiere de la instalación de dispositivos que ayuden a mantener la fijación de la fibra.

Cable de fibra óptica con mensajero adosado ó Figura 8

Por el modo de instalación aérea, protección y bajo coste en el tendido se recomienda fibra óptica denominada “figura 8”.

El cable figura 8, soporta vanos de hasta 80 metros, mientras que el cable ADSS puede ser instalado en vanos superiores a 200 metros.

Los procedimientos para la instalación del cable “figura 8”, es similar a la instalación del cable ADSS.

- **Elementos de sujeción**

Las especificaciones deben estar de acuerdo con las del cable óptico.

Herraje Tipo A

Las especificaciones técnicas de estos herrajes son:

- Fabricación: barra redonda, lisa, de acero laminada en caliente
- Resistencia mínima a la tracción de 3 400 kg/cm² y resistencia máxima a la tracción de 4 800 kg/cm².
- Dos pernos esparrago de ajuste.

- Debe acoplarse perfectamente en poste rectangular o circular, según sea el caso.

Herraje Tipo B

Las especificaciones técnicas de este herraje son:

- Fabricado en hierro galvanizado en caliente.
- Resistencia a la tracción mínima de 3 400 kg/cm², con resistencia a la tracción máxima de 4 800 kg/cm².
- Diámetro, con las partes rectas de las medias lunas separadas 20 mm, de 160 mm.
- Dos pernos esparrago de ajuste.
- Debe acoplarse perfectamente en poste rectangular o circular, según sea el caso.

ADSS	
A	B
<ul style="list-style-type: none"> • Herraje básico Terminal para poste (incluir material para sujeción a poste) (cantidad: 1) • Grillete de cadena de 5/8" (2 unidades) • Varilla de extensión de 20 cm. (2 unidades) 	<ul style="list-style-type: none"> • Herraje básico de soporte (1 unidad). • Cinta acerada (1200x18x0.5MM) (Cantidad: 2) • Grapa para cinta de 3/4" (cantidad: 2) • El elemento de soporte de cable puede ser totalmente dieléctrico o de aluminio

TABLA 6.10 Herrajes ADSS

FIGURA 8	
A	B
<ul style="list-style-type: none"> • Herraje básico Terminal para poste (1 unidad) • Cinta Acerada (1200X18X0.5)mm (2m) • Grapa para cinta (2 unidades) • Grillete de 8mm 5/16" (4 unidades) 	<ul style="list-style-type: none"> • Herraje básico de soporte (1 unidad) • Cinta Acerada (1200X18X0.5)mm (2 metros) • Grapa para cinta (2 unidades)

TABLA 6.11 Herrajes Figura 8

- **ODF (Optical Distribution Frame)**

Para habilitar los hilos de fibra óptica del cable instalado y conectarlos físicamente hacia las interfaces de los equipos de transmisión. Se proyecta un ODF por estación o dos ODFs por enlace, que se distribuyen uno en cada extremo del enlace.

Compatibilidad de dimensiones con la infraestructura presente o proyectada (rack o módulos de equipos).

- Radio de curvatura mínimo de 30mm en todo ODF
- De preferencia se utilizara un diseño modular
- Identificación de las conexiones en el ODF
- Dependiendo del lugar y las condiciones de trabajo se puede requerir protección de conexión frontal.

Acceso y mantenimiento

- Acceso ininterrumpido a los círculos activos del ODF.
- Terminación de uno o más extremos de cables.
- Enganche de la cubierta del cable.
- Además deben dar facilidad para la conexión de equipos de prueba y medida tales como OTDR, atenuadores, medidores de potencia óptica

- **Patch cord óptico monomodo, SC**

Existen varios tipos de patch cord, uno de los más utilizados dentro de las redes ópticas son los de tipo SC para fibra monomodo de acuerdo a las características de la tabla que debe cumplir.

Características del conector:

Modalidad: con características para interconectar las fibras ópticas monomodo para velocidades de transmisión desde: STM-1 hasta 2.5 Gbps.

Alineación: el conector deberá tener una guía de alineación para un mínimo desplazamiento axial y angular.

Contacto: el conector deberá estar pulido, para asegurar un adecuado contacto físico.

Atenuación: el conector deberá tener una pérdida de inserción menor o igual de 0.2 dB.

Atenuación por reflexión: el conector deberá presentar una atenuación por reflexión mayor ó igual a 27 dB.

- **Switch de Distribución**

El nodo Pelileo debe utilizar un switch que trabaje en capa 3 y 2, debe ser un equipo robusto porque va a servir como medio de distribución y además se integrará el radio enlace como backup.

Para la selección de equipos activos debemos tomar en cuenta algunos detalles (TABLA 6.12) para determinar el switch adecuado debemos cumplir características como: 2 puertos 1Gbps, 24 puertos 10/100BaseT, velocidad de backplane superior a 8,8 Gbps, conmutación de capa 2, 3.

Nivel De Conmutación	2, 3
Velocidad de conmutación de paquetes	21 Mbps
Velocidad de backplane	28 Gbps
Protocolo de gestión remota	SNMP 1, RMON 1, Telnet, SNMP 3.
Modo comunicación	Half dúplex, full dúplex
MACs soportadas	12.288
Manejo de VLANs	(802.1q) 1.024
Enrutamiento	Estático, dinámico, RIP I y II, Ip Routing
Protocolo: 802.1X, 802.3z	Si
MTBF (tiempo medio entre errores)	326.100 horas
Puertos 10/100BASE-T	24
Puertos 1GBIC-SX	2

TABLA 6.12 Características del switch

Para seleccionar los equipos activos que utilizaremos, se hará una breve comparación entre las marcas más reconocidas y distribuidas en el Ecuador, tomando en cuenta las características más importantes que deberían tener para considerarlas en el diseño de comunicaciones propuesto, las marcas que se presenta a continuación son 3COM y CISCO.

En la *TABLA 6.13* se presenta la comparación entre marcas:

Requisitos	3COM	CISCO
Debe trabajar en capa 3, 2	✓	✓
Debe ser administrable con telnet, http.	✓	✓
Soportan Ruteo	✓	✓
Soportan VLANS	✓	✓
Soporte Técnico	✓	✓
Protocolo IEEE 802.3z	✓	✓
Posibilidad de montaje en Rack	✓	✓
Costo	Menor	Mayor

TABLA 6.13 Comparación entre marcas

Como se puede ver, para la implementación de la red planteada podemos utilizar cualquiera de las dos marcas seleccionadas, por motivo de disminuir el costo de la red.

- La marca que se podría utilizar es 3COM por el bajo costo de adquisición. Para seleccionar el tipo de equipos 3COM se ha tomado en cuenta las características antes descritas y detalladas en la *TABLA 6.12*. Según estos requerimientos el switch 3COM 4500, es un dispositivo que puede actuar como medio de distribución.
- De acuerdo a los switches recomendados por Cisco para la capa de Distribución y en base a las características mencionadas en la *TABLA 6.12*, se ha determinado que para el switch de distribución se puede utilizar el switch Cisco Catalyst WS-C3550-24ts-s, cumplen los requerimientos antes descritos.

6.10 DISEÑO DE LA RED

- **Esquema del diseño de la red óptica Ambato - Pelileo**

Para tener una mejor perspectiva de la red de fibra óptica diseñada se ha realizado el esquema en Visio con los equipos que sobresalen en la red óptica interurbana.

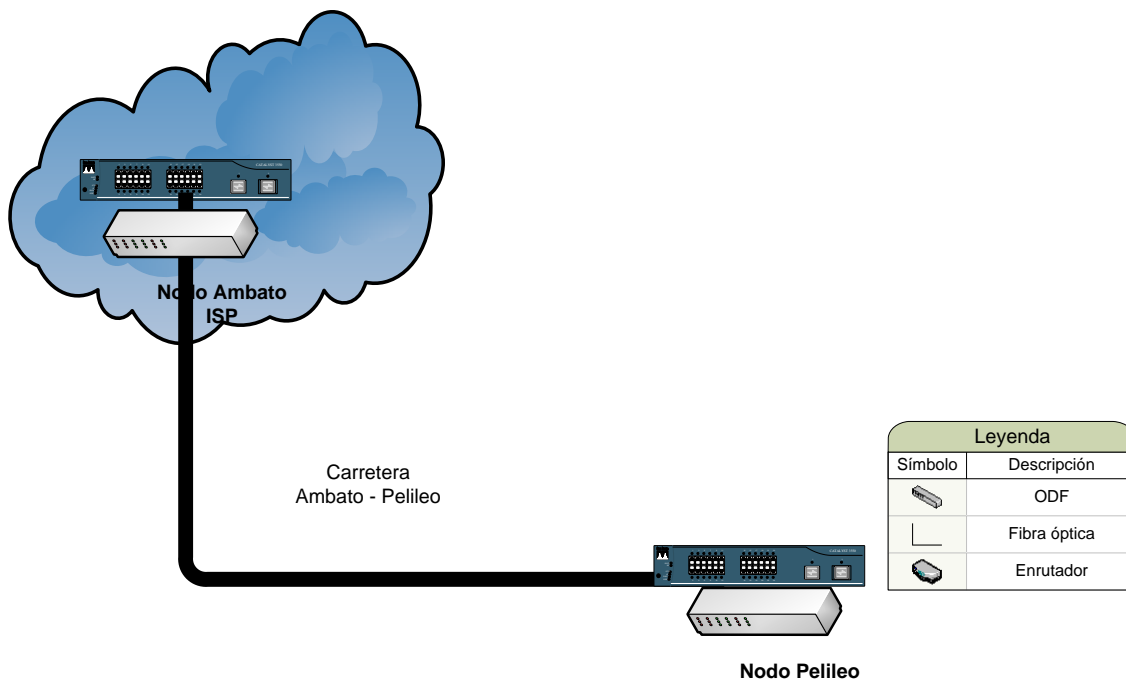


FIGURA 6.30 Esquema del diseño de la red óptica Ambato – Pelileo

Debemos tener presente que el nodo Ambato provendrá de un ISP y los siguientes equipos detallados serán los equipos básicos con los que deberá contar cada nodo de Ambato y Pelileo.

A continuación en la FIG 6.30 presentamos la forma de interconexión de los equipos presentes en cada nodo. Podemos observar claramente que el switch se conecta al ODF y sigue la trayectoria para llegar al switch del nodo Pelileo.

Debemos tener presente que los equipos ODF (Optical Distributed Fiber) presentes en cada nodo, son equipos que facilitan una adecuada organización del cable así como capacidad de almacenamiento. Los ODF se conectan directamente a los switches presentes en los nodos del backbone de fibra óptica.

Debemos tener presente que un interfaz óptico posee dos puertos para los respectivos hilos de la fibra óptica, es decir que se utiliza un hilo para la transmisión y el otro hilo para la recepción.

El ancho de banda dependerá de las características de la fibra y la longitud del enlace. A mayor longitud decrece el ancho de banda.

En algunos casos el fabricante del equipo óptico establece el ancho de banda que puede soportar un enlace considerando las distancias y el tipo de fibra óptica, lo cual facilitará la determinación del diseño.

La fibra óptica monomodo que utilizemos consta de varios hilos, de los cuales un hilo se utiliza para la transmisión, otro para la recepción y dos hilos quedarán de respaldo para la escalabilidad de la red. Los hilos restantes se alquilarán o venderán a las empresas de telecomunicaciones que lo soliciten.

- **Esquema del Backup de la Red Óptica Interurbana Ambato – Pelileo**

Tomando en cuenta que en Nitón realiza todo el ruteo para intercomunicar la Red de Pelileo con radio enlaces, se debe utilizar equipos robustos con el fin de utilizar los equipos de radio frecuencia como backup y garantizar así el desempeño de la red.

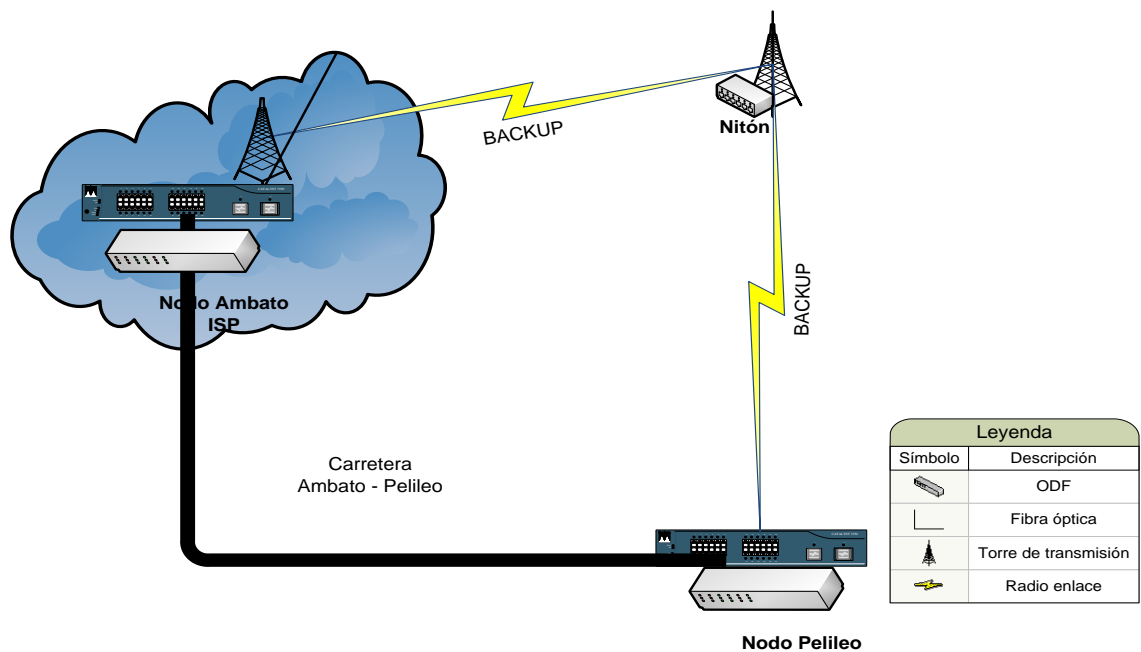


FIGURA 6.31 Esquema del Backup de la Red Óptica Interurbana Ambato – Pelileo

6.11 PROPUESTA ECONÓMICA

- **Precios unitarios:**

Las siguientes tablas describen los precios de los equipos que se ha seleccionado para la red óptica Ambato – Pelileo:

Equipos	Unidad	Precio (USD)
Rack	1	395
Gigabit	1	600
ups	1	400
<i>Elementos de conexión</i>		
Odf con conectores sc	1 de 24 puertos	460
Patch cord sc	1	35

TABLA 6.14 Precios unitarios

También se ha planteado la alternativa de seleccionar con que tipo de materiales y equipos se desea trabajar, esto dependerá de los requerimientos y condiciones de la empresa.

Por el modo de instalación aérea, protección y bajo costo en el tendido, las fibras que se recomiendan son ADSS y Figura 8, tomando en cuenta que los precios van de acuerdo a las características de dichas fibras, actualmente la fibra que más se utiliza en tendido aéreo es la fibra figura 8 por ser económica.

Fibra óptica	Unidad	Precio (USD)
Adss	1 (4Km)	7000
Figura 8	1 (4Km)	5000

TABLA 6.15 Precio Fibra óptica

Herrajes Adss	Unidad	Precio (USD)
A	1	35.28
B	1	33.25

TABLA 6.16 Precio Herrajes Adss

Herrajes Figura 8	Unidad	Precio (USD)
A	1	30.92
B	1	23.01

TABLA 6.17 Precio Herrajes Figura 8

Los equipos de Cisco son los más utilizados en las redes de telecomunicaciones por la calidad y garantía que ofrece, los costos son de acuerdo a la capacidad del equipo que se requiera. Sin embargo 3COM también es una marca reconocida con la que también se puede conmutar una red óptica.

Equipo	Unidad	Precio (USD)
3COM 4500	1	4500
switch Cisco Catalyst WS-C3550-24ts-s	1	6000

TABLA 6.18 Precio de equipos

De acuerdo a estas tablas de precios se puede establecer un presupuesto de los materiales que requiere la red óptica.

- Precios de acuerdo a la cantidad de de materiales requeridos:

Nodo Ambato

Equipos	Cantidad	Precio unidad	Precio (USD)
Rack	1	395	395
Gigabit	1	600	600
ups	1	400	400
<i>Elementos de conexión</i>			
Odf	1 de 24 puertos	460	460
Patch cord sc	24	35	840
TOTAL			2695

TABLA 6.19 Precio Nodo Ambato

Nodo Pelileo

Equipos	Cantidad	Precio unidad	Precio (USD)
Rack	1	395	395
Gigabit	1	600	600
ups	1	400	400
<i>Elementos de conexión</i>			
Odf	1 de 24 puertos	460	460
Patch cord sc	24	35	840
TOTAL			2695

TABLA 6.20 Precio Nodo Pelileo

Las tablas anteriores detallan los equipos requeridos en cada nodo, esto depende del lugar de aplicación.

Ruta del tendido de fibra óptica

Aquí se especifica el costo de acuerdo a la cantidad de fibra necesaria para el tendido de la Red Óptica Ambato – Pelileo.

Fibra óptica	Cantidad	Precio Unidad	Precio (USD)
Adss	5 (4Km)	7000	35000
Figura 8	5 (4Km)	5000	25000

Herrajes (Adss)	Unidad	Precio Unidad	Precio (USD)
A	200	35.28	7056
B	200	33.25	7050
TOTAL			14106

Herrajes (Figura 8)	Unidad	Precio Unidad	Precio (USD)
A	200	30.92	6184
B	200	23.01	4602
TOTAL			10786

TABLA 6.21 Precios ruta del tendido de fibra óptica

- **Cotizaciones:**

Las cotizaciones dependerán de acuerdo al tipo de equipos que se seleccionen. A continuación se plantean dos cotizaciones:

Cotización 1	(USD)
Equipos del Nodo Ambato	2695
Equipos del Nodo Pelileo	2695
Fibra ADSS	35000
Herrajes (ADSS)	14106
Switch Cisco Catalyst WS-C3550-24ts-s	6000
Instalación de infraestructura	3000
Configuración de equipos	1000
TOTAL	64496

TABLA 6.22 Cotización 1

Cotización 2	(USD)
Equipos del Nodo Ambato	2695
Equipos del Nodo Pelileo	2695
Fibra Figura 8	25000
Herrajes (Figura 8)	10786
3COM 4500	4500
Instalación de infraestructura	3000
Configuración de equipos	1000
TOTAL	59676

TABLA 6.23 Cotización 2

6.12 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- La reds óptica punto a punto representan una conexión segura y confiable para la transferencia de datos además constituye un sistema más robusto y un adelanto significativo en el uso de la fibra óptica, al servicio del progreso tecnológico de la ciudad.
- La red óptica solucionará las necesidades del usuario puesto que tiene una alta velocidad al navegar por internet, así como su inmunidad al ruido e interferencia, y sobre todo su compatibilidad con la tecnología digital por lo que en crecimiento del tráfico de datos, el uso de la fibra óptica para la transmisión a mayor distancia es una buena opción a utilizar.
- El diseño de la red óptica interurbana Ambato – Pelileo requiere de equipos adecuados para la transmisión de datos de ciudad a ciudad, tomando en cuenta la infraestructura, las normas de la ITU-T para el desarrollo del proyecto, esto incluye la ruta, los equipos, los materiales y la técnica adecuada para el tendido de fibra óptica.

Recomendaciones

- Para el diseño de la red óptica en la ciudad de Pelileo hay que partir desde una ciudad que cuente con una red óptica para realizar el enlace de expansión de la red.
- Previo al diseño del proyecto se debe investigar a fondo el campo de estudio en el que se va a realizar el proyecto para tomar en cuenta las ventajas y desventajas del diseño de red óptica.

- Los equipos seleccionados deben cumplir con los requerimientos de la red óptica para la ciudad de Pelileo, haciendo un minucioso estudio de las características técnicas, la factibilidad entre las distintas marcas o proveedores para la adquisición.

6.13 BIBLIOGRAFÍA

6.13.1 LINKOGRAFÍA

- RÁBANOS, H. (1993). *Transmisión por Radio, Primera Edición, Editorial Centro de Estudios Ramón Areces S. A., España.*
- STALLINGS, W. (2000). *Comunicaciones y Redes de Computadoras, Sexta Edición, Editorial Pearson Prentice Hall, Madrid-España.*

6.13.2 INTERNET

- CISCO Networking Academy. (2009). *CCNA Exploration 4.0 Aspectos básicos de networking. Recuperado el 14 de mayo del 2010, de <http://cisco.netacad.net/cnams/home/StudentClass.jsp?pageName=Student&classID=3806827>*
- VandenBos, G. Knapp, S. & Doe, J. (2001). *Topología de red. Recuperado el 14 de mayo 2010, de <http://biblio/topologias-de-red.php.html>*
- ENCARTA. (2010). *Redes de telecomunicaciones. Recuperado el 14 de mayo del 2011, de <http://www.encarta.msn.es>*
- Wikipedia. (2010). *Redes ópticas. Recuperado el 14 de mayo 2010, de <http://tp2-redes-fibra.pdf>*
- Wikipedia. (2010). *Fibra óptica. Recuperado el 14 de mayo 2010, de http://www.dei.uc.edu.py/tai98/Fibras_Opticas.html*
- Scribe SA. (1998). *Red de fibra óptica. Recuperado el 14 de mayo del 2010, de <http://www.textoscientificos.com/redes/fibraoptica/emisores-receptores>*
- Scribe SA. (1998). *Fibra óptica. Recuperado el 14 de mayo del 2010, de <http://www.textoscientificos.com/redes/fibraoptica>*
- DSpace. (2004). *Fibra óptica. Recuperado el 25 de junio del 2010, de <http://dspace.epn.edu.ec/handle/123456789/9074>*
- DSpace. (2004). *Clases de Fibra. Recuperado el 14 de mayo 2010, de http://www.dei.uc.edu.py/tai98/Fibras_Opticas.html*

- Fredrickson, B. (2008). *Características Técnicas de la fibra*. Recuperado el 25 de junio 2010, de http://www.ute.com.uy/empresa/lineas/distribucion/normalizacion/docs/grupo%2033_00.pdf
- Wikipedia. (2010). *Fibra óptica*. Recuperado el 25 de junio 2010, de http://es.wikipedia.org/wiki/Jerarqu%C3%ADa_digital_s%C3%ADncrona
- B. W. Omar. (2008). *ISP*. Recuperado el 27 de junio 2010, de http://es.Proveedor_de_servicios_de_Internet.html
- FIBERCO. (2010). *Fibra óptica*. Recuperado el 7 de septiembre 2010, de www.fibra-optica.org
- DSpace. (2004). *Diseño de red óptica*. Recuperado el 7 de septiembre del 2010, de <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/180/5/Capitulo%204.pdf>
- Chalacán L. (2008). *Trabajos con fibra óptica*. Recuperado el 27 de septiembre 2010, de <http://www.monografias.com/trabajos69/normas-fibra-optica/normas-fibra-optica2.shtml>
- Wainwright, M. (2009). *Técnicas de verificación*. Recuperado el 30 de enero 2011, de www://T%C3%A9cnicas_de_verificaci%C3%B3n_de_fibra_%C3%B3ptica.htm

ANEXO I: *Encuesta dirigida a los técnicos de las principales empresas de la ciudad de Pelileo de la Provincia de Tungurahua.*

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL

CARRERA DE ELECTRÓNICA Y COMUNICACIONES

Las respuestas de la presente encuesta serán utilizadas para efectos de investigación por lo tanto el manejo será técnico y confidencial. Solicito que la información sea veraz.

Instrucciones:

Lea las siguientes preguntas y marque una X en la alternativa que usted elija.

Preguntas:

1. ¿La empresa en la que trabaja cuenta con Servicio de Internet?

Si No

2. ¿Qué opina sobre el Servicio de Internet que tiene la empresa?

Buena Muy buena Regular Mala

3. ¿Qué tipo de problemas tienen en la red que cubre la ciudad de Pelileo?

Velocidad, Eficiencia, Saturación

Ninguna

4. ¿Qué tipo de soluciones se han dado a los problemas que ha presentado la red?

Revisión de equipos

Revisión y cambio de equipos

Ninguno

5. ¿Qué empresa de Telecomunicaciones le proveen servicios de internet?

.....

ANEXO II: Encuesta dirigida a los técnicos de las diferentes empresas Proveedoras de Servicios de Internet (ISP).

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL

CARRERA DE ELECTRÓNICA Y COMUNICACIONES

Las respuestas de la presente encuesta serán utilizadas para efectos de investigación por lo tanto el manejo será técnico y confidencial. Solicito que la información sea veraz.

Instrucciones:

Lea las siguientes preguntas y marque una X en la alternativa que usted elija.

Preguntas:

1. ¿Brindan servicios de telecomunicaciones a la ciudad de Pelileo de la provincia de Tungurahua?

Si No

2. ¿Qué enlace utilizan para tener cobertura en la ciudad de Pelileo?

Radio enlace Red óptica Adsl

3. ¿Qué tipo de clientes solicitan sus servicios de telecomunicaciones?

Bancos y Cooperativas
Institutos educacionales, Cyber-cafés y Locales comerciales
Residencias domiciliarias

4. ¿Cuántos clientes tiene la red de la ciudad de Pelileo?

1a 10

10 a 30

30 y más

5. ¿Qué tipo de problemas tienen en la red que cubre la ciudad de Pelileo?

Velocidad, Eficiencia, Saturación

Ninguna

6. ¿La empresa brinda servicios de transmisión óptica?

Si No

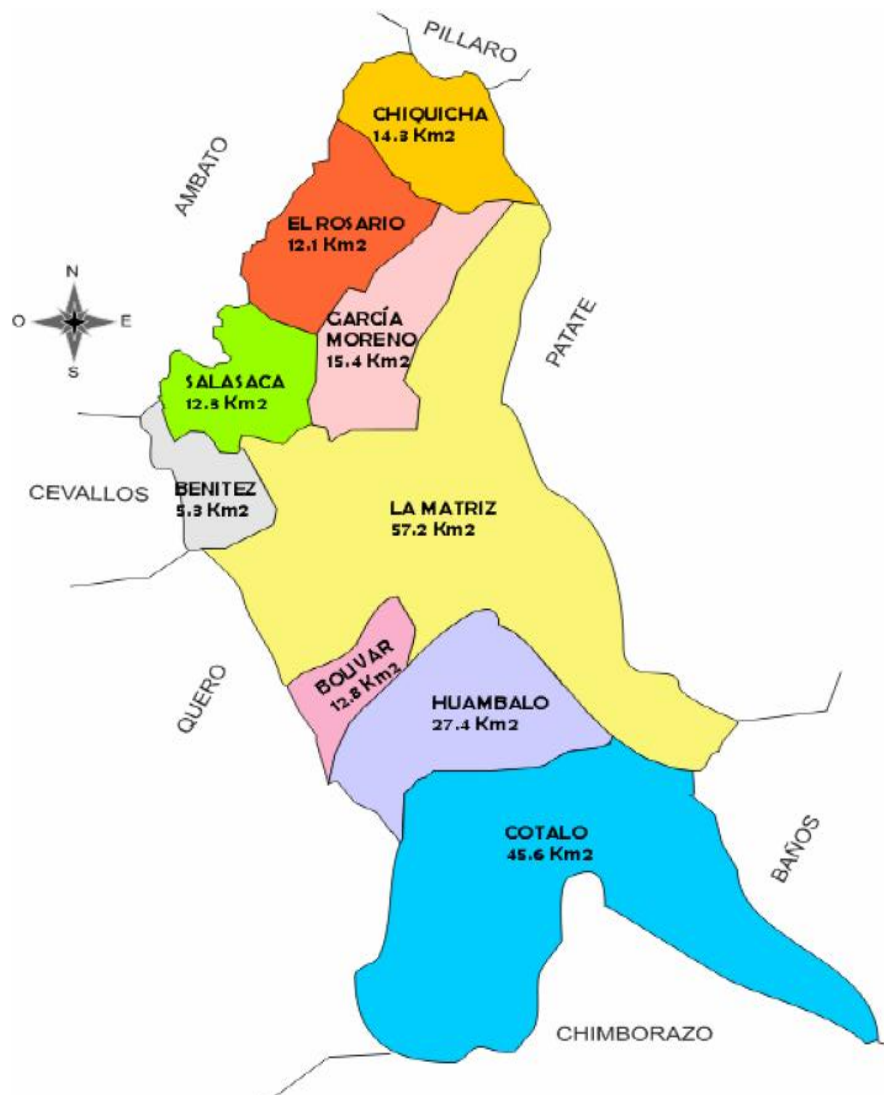
7. ¿Qué tipo de tendido de fibra óptica se debe realizar para interconectar la ciudad de Pelileo?

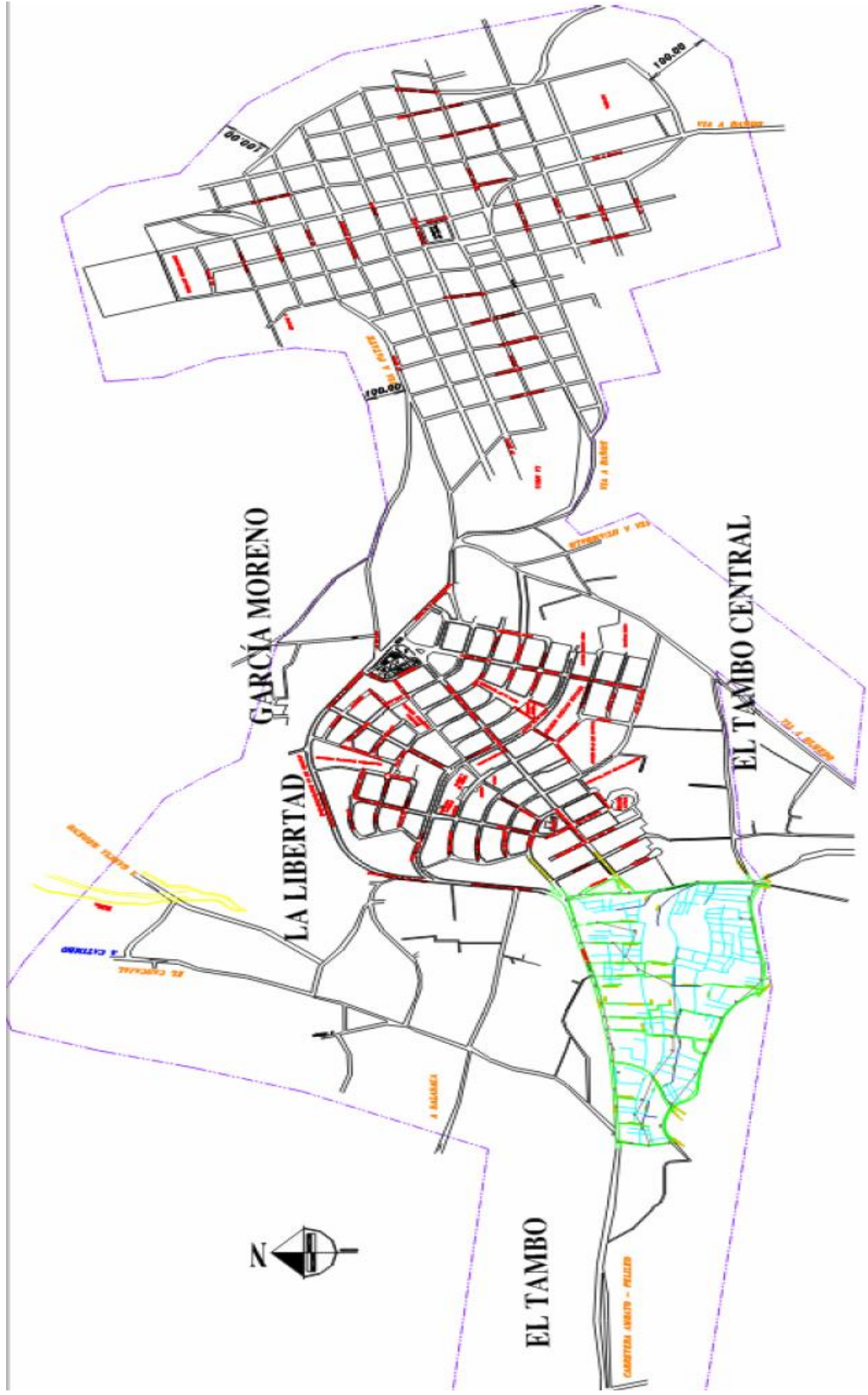
Tendido aéreo Tendido Subterráneo

ANEXO III: *Ubicación geográfica de la Ciudad de Pelileo de la Provincia de Tungurahua.*

• **EXTENSIÓN Y DIVISIÓN POLÍTICA**

Su extensión territorial es de 202.4 km², dividida en 8 parroquias rurales: García Moreno, Benítez, Cotaló, Huambaló, Salasaca, El Rosario, Bolívar y Chiquicha; y, dos urbanas: La Matriz y Pelileo Grande.





ANEXO IV: Características de la fibra G.652

<p>La subcategoría de cable de fibra óptica monomodo es adecuada para los sistemas de transmisión de hasta STM-64 de UIT-T G.957 [5], UIT-T G.691 [3] y UIT-T G.692 [4]. La dispersión cromática deberá en general acomodarse a sistemas de transmisión de alta velocidad en la región de longitud de onda de 1550 nm.</p>		
Atributos de la fibra		
Atributo	Dato	Valor
Diámetro de campo modal	Longitud de onda	1310 nm
	Gama de valores nominales	8,6-9,5 μm
	Tolerancia	$\pm 0,7 \mu\text{m}$
Diámetro del revestimiento	Nominal	125,0 μm
	Tolerancia	$\pm 1 \mu\text{m}$
Error de concentricidad del núcleo	Máximo	0,8 μm
No circularidad del revestimiento	Máximo	2,0%
Longitud de onda de corte del cable	Máximo	1260 nm
Pérdida de macroflexión	Radio	37,5 mm
	Número de vueltas	100
	Máximo a 1550 nm	0,50 dB
	Máximo a 16XX nm (nota 1)	0,50 dB
Prueba de tensión	Mínimo	0,69 GPa
Coeficiente de dispersión cromática	$\lambda_{0\text{min}}$	1300 nm
	$\lambda_{0\text{máx}}$	1324 nm
	$S_{0\text{máx}}$	0,093 ps/nm ² ·km
Coeficiente de PMD de fibra no cableada	Máximo	ps/ $\sqrt{\text{km}}$ (nota 2)
Atributos del cable		
Coeficiente de atenuación	Máximo a 1310 nm	0,4 dB/km
	Máximo a 1550 nm	0,35 dB/km
	Máximo a 16XX nm (nota 1)	0,4 dB/km
Coeficiente de PMD	M	20 cables
	Q	0,01%
	PMD _Q máximo (nota 2)	0,5 ps/ $\sqrt{\text{km}}$
<p>NOTA 1 – La longitud de onda superior de esta banda no se ha determinado completamente. Sin embargo, XX es menor o igual a 25 nm.</p> <p>NOTA 2 – Los fabricantes de cable pueden especificar un coeficiente de PMD máximo facultativo de fibra no cableada para soportar los requisitos primarios de PMD_Q del cable si ésta ha sido verificada para un tipo de construcción de cable específica.</p>		

Resumen de características de la fibra G.652

ANEXO V: *Ruta de la red óptica Ambato – Pelileo (Plano en AUTOCAD)*

ANEXO VI: *Especificaciones de los equipos y materiales*