



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

TEMA:

ESTUDIO Y DISEÑO DE LA RED DE FIBRA ÓPTICA MEDIANTE LA TÉCNICA DE MICROZANJADO
PARA LA EMPRESA TELCONET S.A. EN EL CENTRO DE LA CIUDAD DE AMBATO.

Proyecto de Trabajo de Graduación Modalidad: TEMI. Trabajo Estructurado de Manera Independiente.

ESTUDIANTE: MARÍA VIOLETA MIRANDA POZO

TUTOR: ING. JULIO CUJI

Ambato – Ecuador

Abril 2010

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del Trabajo Estructurado de Manera Independiente titulado: “Estudio y diseño de la red de fibra óptica mediante la técnica de microzanjado para la empresa TELCONET S.A. en el centro de la ciudad de Ambato.”, desarrollado por la señorita María Violeta Miranda Pozo, estudiante de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, perteneciente a la Universidad Técnica de Ambato, considero que el informe investigativo reúne los requisitos necesarios para ser sometidos a la evaluación de la misma, previa obtención al título de Ingeniera en Electrónica y Comunicaciones.

Ambato, Abril 2010

EL TUTOR

Ing. Julio Cuji

AUTORÍA

El presente trabajo de investigación titulado: “Estudio y diseño de la red de fibra óptica mediante la técnica de microzanjado para la empresa TELCONET S.A. en el centro de la ciudad de Ambato.” Es absolutamente original, autentico y personal, en tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, Abril 2010

María Violeta Miranda Pozo

CC. 060445298-7

Autor

APROBACIÓN DE LA COMISIÓN CALIFICADORA

La Comisión Calificadora del presente trabajo conformada por los señores docentes: Ing. M.Sc. Oswaldo Paredes Ochoa, Ing. Marco Jurado e Ing. Carlos Gordon revisaron y aprobaron el Informe Final del trabajo de graduación titulado “Estudio y diseño de la red de fibra óptica mediante la técnica de microzanjado para la empresa TELCONET S.A. en el centro de la ciudad de Ambato.”, presentado por la señorita Miranda Pozo María Violeta de acuerdo al Art. 57 del Reglamento de Graduación para obtener el título Terminal del tercer nivel de la Universidad Técnica de Ambato.

Ingeniero M.Sc. Oswaldo Paredes Ochoa

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Marco Jurado

DOCENTE CALIFICADOR

Ing. Carlos Gordon

DOCENTE CALIFICADOR

DEDICATORIA:

Mi esfuerzo, mi formación y dedicación lo consagro a mis Padres Isael Miranda e Inés Pozo por la maravillosa herencia que ellos me brindaron: Mi profesión.

Ellos que con su trabajo y sacrificio me apoyaron moralmente y económicamente para llegar a cumplir una de las metas anheladas.

A demás a mis Tíos Lucia Albán y Manuel Yunga por acogerme y considerarme como una hija más y haber recibido de ellos cariño y apoyo incondicional. Y por último a mi DIOS por el hecho de tenerme con vida y guiar siempre mi camino.

Violeta Miranda Pozo

AGRADECIMIENTO:

Gracias a mi JESUS DE NAZARETH por ser la luz en mi camino, porque nunca me abandono y su amor me dio fortaleza para alcanzar la meta soñada. Faltarían palabras para decirles que Dios les pague a mis padres, hermanos(as), tíos(as); porque gracias a su amor, apoyo y voz de aliento permitieron que día a día siga en adelante y llegue a cumplir mi meta. A mis maestros de la FISEI por brindarme los medios y conocimientos necesarios para acceder a una formación académica que me permita desempeñarme profesionalmente en el futuro próximo. A todas las personas que colaboraron con la realización de este trabajo de investigación especialmente al Ing. Julio Cuji, Tutor de TEMI por su invaluable ayuda y apoyo desinteresado, y al personal de la Empresa TELCONET S.A. por la oportunidad de poner en práctica los conocimientos adquiridos en las aulas. Mil gracias mis padres, mi familia, mis amigos y a todas las personas que forman parte importantísima en mi corazón y en mi vida.

Violeta Miranda Pozo

INDICE GENERAL DE CONTENIDOS

	PÁGINA
CARATULA	
APROBACIÓN DEL TUTOR	ii
AUTORIA	iii
APROBACIÓN DE LA COMISIÓN CALIFICADORA	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
INDICE GENERAL DE CONTENIDOS	vii
RESUMEN EJECUTIVO	xxi
INTRODUCCION	xxii
 CAPITULO I	
1.1 TEMA	1
1.2 Planteamiento del problema	1
1.2.1 Contextualización	1
1.2.2 Análisis Critico	4

1.2.3	Prognosis	4
1.2.4	Formulación del Problema	4
1.2.5	Preguntas directrices	4
1.2.6	Delimitación del objeto de Investigación	5
1.3	Justificación	5
1.4	Objetivos de la investigación	6
1.4.1	Objetivo General	6
1.4.2	Objetivos Específicos	6

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1	Antecedentes Investigativos	7
2.2	Fundamentación Legal	7
2.3	Categorías Fundamentales	8
a)	Fibra óptica	8
b)	Ventajas de la fibra óptica	10
c)	Desventajas de la fibra óptica	11
d)	Componentes de la fibra óptica	11
e)	Tipos de fibra óptica	12

f)	Parámetros de la fibra óptica	14
g)	Composición del cable óptico	21
h)	Tipos de cables ópticos	23
i)	Empalmes y terminaciones de fibras ópticas	25
j)	Técnicas de empalmes ópticos	26
k)	Proceso de empalme	28
l)	Protección de los empalmes	28
m)	Pérdidas en empalmes	28
n)	Conectores	30
o)	Adaptadores	32
p)	Distribuidor de Fibra óptica	33
q)	Cajas de empalmes	34
r)	Cordones de conexión y latiguillos de fibra óptica	35
s)	Diseño de la red de fibra óptica	36
t)	Técnicas de tendido de cable de fibra óptica	39
u)	Microzanjado	40
v)	Procedimiento para la instalación de cables de fibra óptica	42
w)	Pruebas mecánicas sobre un cable óptico	45

2.4	Hipótesis	46
2.5	Variables	46
2.5.1	Variable independiente	46
2.5.2	Variable dependiente	46

CAPITULO III

METODOLOGIA

3.1	Enfoque	47
3.2	Modalidad básica de la información	47
3.3	Nivel o tipo de investigación	47
3.4	Población y muestra	48
3.4.1	Población	48
3.4.2	Muestra	48
3.4.3	Determinación del tamaño de la muestra	48
3.5	Plan de recolección de la información	49
3.5.1	Formato de la técnica de recolección de información	49
3.6	Plan de procesamiento de la información	52

CAPITULO IV

ANALISIS DE LOS RESULTADOS

4.1	Interpretación de datos	53
4.1.1	Encuesta dirigida a los ciudadanos del centro de Ambato	53
4.1.1.1	Pregunta 1	54
4.1.1.2	Pregunta 2	55
4.1.1.3	Pregunta 3	56
4.1.1.4	Pregunta 4	57
4.1.1.5	Pregunta 5	58
4.1.1.6	Pregunta 6	59
4.1.1.7	Pregunta 7	60
4.1.1.8	Pregunta 8	61
4.1.1.9	Pregunta 9	62
4.1.1.10	Pregunta 10	63
4.2	Verificación de la hipótesis	64

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1	Conclusiones	65
5.2	Recomendaciones	66

CAPITULO VI

PROPUESTA

6.1	Tema de propuesta	67
6.2	Datos informativos	67
6.3	Antecedentes	67
6.4	Justificación	69
6.5	Objetivos	69
6.6	Análisis de factibilidad	69
6.7	Metodología	70
a.	Análisis de la red actual de la ciudad de Ambato	70
b.	Requerimientos para el diseño de la red de FO basado en la técnica de microzanjado	76
c.	Criterios técnicos para el diseño de la red de FO	76
d.	Diseño de la Red de Fibra Óptica mediante microzanjado en el centro de la ciudad de Ambato	83

e.	Código de Colores Estándares TIA-598-A Fibras Ópticas	89
f.	Fusión de los hilos de F.O.	96
g.	Técnica de microzanjado	99
h.	Análisis económico de la propuesta	102
i.	Costo total del proyecto	107
	GLOSARIO DE TERMINOS	108
	BIBLIOGRAFIA	111
	ANEXOS	

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	DENOMINACIÓN	PÁGINA
1.1	Tendido de Fibra Óptica en América	1
1.2	Tendido de Fibra Interurbana en Ecuador	2
2.1	Fibra óptica	8
2.2	Composición de la fibra óptica	11
2.3	Apertura numérica	15
2.4	Ventanas de Operación de la Fibra Óptica	18
2.5	Dispersión de guía de onda	20
2.6	Dispersión nula	20
2.7	Cable de estructura holgada	23
2.8	Cable de estructura ajustada	24
2.9	Desplazamiento entre dos fibras	26
2.10	Empalme por fusión	27
2.11	Empalme mecánico	27
2.12	Problemas geométricos de las fibras	29
2.13	Problemas de enfrentamiento de las fibras	29
2.14	Problemas de presentación de fibras	30

2.15	Conector ST	31
2.16	Conector FC	31
2.17	Conector FDDI	32
2.18	Adaptador ST	33
2.19	Caja de empalme	34
2.20	Patch cord	36
2.21	Relación entre dBm y Mbit/seg	38
2.22	Máquina zanjadora de disco	41
2.23	Ducto PVC	41
4.1	Pregunta 1	54
4.2	Pregunta 2	55
4.3	Pregunta 3	56
4.4	Pregunta 4	57
4.5	Pregunta 5	58
4.6	Pregunta 6	59
4.7	Pregunta 7	60
4.8	Pregunta 8	61
4.9	Pregunta 9	62

4.10	Pregunta 10	63
6.1	Avenida Cevallos	68
6.2	Distribución de nodos de Fibra Óptica en Ambato	71
6.3	Clientes del Nodo DWDM Ambato	72
6.4	Clientes del Nodo Ficoa	72
6.5	Clientes del Nodo Cevallos	73
6.6	Clientes del Nodo Mall de los Andes	75
6.7	Clientes del Nodo Atahualpa	75
6.8	Cableado aéreo	77
6.9	Cables de FO colgados	78
6.10	Mangas de cables de FO sobre postes	78
6.11	Centro de la ciudad de Ambato	79
6.12	Cisco Systems serie 800	80
6.13	Fibra óptica de 48 hilos	82
6.14	Fibra óptica 9/125 monomodo 2 fibras	82
6.15	Fibra óptica 9/125 monomodo 24 fibras	83
6.16	Rack del Nodo Cevallos	84
6.17	Baterías de respaldo de energía	84

6.18	Caja o armario de distribución	85
6.19	ODF	87
6.20	Organizador de cables	87
6.21	Diseño de última milla	88
6.22	Fibra óptica de 48 hilos	89
6.23	ODF	91
6.24	Transceivers	91
6.25	Fusionadora	96
6.26	Cortadora de fibra óptica	97
6.27	Ubicación de fibras en ambos extremos	97
6.28	Alineamiento de fibras	98
6.29	Calibración por arco	98
6.30	Motor pasado	99
6.31	Zanjadora CC3500	100
6.32	Disco diamante para microzanjado	100
6.33	Diseño de corte del pavimento	100
6.34	Microzanjado	101
6.35	Microzanja sellada	101

INDICE DE TABLAS

TABLA	DENOMINACION	PÁGINA
1.1	Servicios de TELCONET S.A	3
4.1	Pregunta 1	54
4.2	Pregunta 2	55
4.3	Pregunta 3	56
4.4	Pregunta 4	57
4.5	Pregunta 5	58
4.6	Pregunta 6	59
4.7	Pregunta 7	60
4.8	Pregunta 8	61
4.9	Pregunta 9	62
4.10	Pregunta 10	63
6.1	Análisis de tráfico	80
6.2	Standard ITU-T (CCITT) G.652 FO Monomodo	81
6.3	Datos de ubicacion de las cajas de distribución	86
6.4	Código Estándares TIA-598-A Fibras Ópticas	89

6.5	Código Estándares TELCONET Fibras Ópticas	90
6.6	Distancia entre CD-Cliente	95
6.7	Costos de los elementos para el microzanjado	102
6.8	Costos de los elementos para la caja de distribución	103
6.9	Costos de los elementos para la última milla	104
6.10	Costos de los accesorios	105
6.11	Costo total del Proyecto	107

INDICE DE ANEXOS

DENOMINACIÓN	ANEXO
Ruta del microzanjado y ubicación de las cajas de distribución	I
Detalle de distancias para el microzanjado	II
Descripción de la caja de distribución	III
Esquema de repartición de tubos e hilos de fibra óptica	IV
Diseño de última milla	V
Manual para operar la Cortadora CC3500	VI

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo recoge toda la información que involucra al estudio y diseño de la red de fibra óptica mediante la técnica de microzanjado para la empresa TELCONET S.A. en el centro de la ciudad de Ambato, a continuación se presenta un pequeño resumen, que detalla el contenido de cada capítulo.

El CAPITULO I, presenta el Planteamiento del problema, la justificación del proyecto, los objetivos que se van a desarrollar, la hipótesis y el señalamiento de las variables de la hipótesis.

En el CAPÍTULO II, se tiene el Marco teórico, aquí se analiza los conceptos básicos de la fibra óptica, ventajas, desventajas, aplicaciones, etc. Además de microzanjado, permitiendo por medio de estos conceptos darnos una idea clara del tema de investigación.

En el CAPÍTULO III, se detalla todo lo referente al tipo o nivel de investigación, la población y muestra a demás el plan de recolección de información para el presente proyecto.

En el CAPÍTULO IV se interpreta los resultados obtenidos de la recolección de información mediante la encuesta aplicada a los ciudadanos del centro de la ciudad de Ambato.

A partir de la interpretación de resultados en el CAPÍTULO V se indica las conclusiones y recomendaciones para el presente proyecto de investigación.

En el desarrollo del CAPÍTULO VI se presenta la propuesta al tema de investigación empezando por el análisis de la red actual de fibra óptica en la ciudad de Ambato, los requerimientos y criterios técnicos para el diseño de la red de Fibra Óptica basado en la técnica de microzanjado y concluyendo con el diseño de los planos de la red de fibra óptica mediante la técnica de microzanjado en el centro de la ciudad de Ambato, además se detalla el análisis económico de la propuesta.

INTRODUCCION

Para navegar por la red mundial de redes, Internet, no sólo se necesitan un computador, un módem y algunos programas, sino también una gran dosis de paciencia por la lentitud, un usuario puede pasar varios minutos esperando a que se cargue una página o varias horas tratando de bajar un programa de la Red a su PC.

Esto se debe a que las líneas telefónicas, el medio que utiliza la mayoría de los 50 millones de usuarios para conectarse a Internet, no fueron creadas para transportar vídeos, gráficas, textos y todos los demás elementos que viajan de un lado a otro en la Red. Pero las líneas telefónicas no son la única vía hacia el ciberespacio. Recientemente un servicio permite conectarse a Internet a través de la fibra óptica.

La fibra óptica hace posible navegar por Internet a una velocidad de dos millones de bps, impensable en el sistema convencional, en el que la mayoría de usuarios se conecta a 28.000 o 33.600 bps. La fibra óptica se emplea cada vez más en la comunicación, debido a que las ondas de luz tienen una frecuencia alta y la capacidad de una señal para transportar información aumenta con la frecuencia. En las redes de comunicaciones se emplean sistemas de láser con fibra óptica. Hoy funcionan muchas redes de fibra para comunicación a larga distancia, que proporcionan conexiones transcontinentales y transoceánicas. Una ventaja de los sistemas de fibra óptica es la gran distancia que puede recorrer una señal antes de necesitar un repetidor para recuperar su intensidad. En la actualidad, los repetidores de fibra óptica están separados entre sí unos 100 km. Los amplificadores de fibra óptica recientemente desarrollados pueden aumentar todavía más esta distancia.

Se ha demostrado que es ilimitada la capacidad de la fibra óptica para transmitir de forma simultánea sobre un mismo hilo un número amplio de señales simultáneas a la velocidad de la luz, utilizando diferentes longitudes de onda.

CAPÍTULO I

1.1 TEMA

Estudio y diseño de la red de fibra óptica mediante la técnica de microzanjado para la empresa TELCONET S.A. en el centro de la ciudad de Ambato.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1 CONTEXTUALIZACIÓN

Las comunicaciones mediante fibra óptica revolucionaron el mundo, con diversas aplicaciones lo que constituyó un adelanto tecnológico altamente efectivo, en la actualidad las fibras son ampliamente utilizadas en telecomunicaciones a largas distancias, ya que permiten enviar gran cantidad de datos a una gran velocidad, mayores que las comunicaciones de radio y de cable. En la figura 1.1 podemos observar la interconexión del cable de fibra óptica en América.



Fig.1.1. Tendido de Fibra Óptica en América

ITEM	CAPACIDADES
Múltiples Anillos de Fibra Óptica instalada G.652D Interurbana y Urbana	+8,500 Kms a Marzo 2009
Ciudades conectadas para Provisión de Servicios de Transmisión de Datos e Internet Dedicado en el Ecuador	+100 ciudades
Tecnologías aplicadas en el Backbone Interurbano	DWDM, SDH, TDM, GBit MPLS
Tecnologías aplicadas en el Backbone Urbano	Gbit MPLS, SDH, TDM
Capacidad de Red de Backbone Interurbano	160 Lambdas = 1.6 Terabits
Capacidad de Red de Backbone Urbano en las principales ciudades del Ecuador	10 Gbps MPLS
Capacidad de Red de Backbone Urbano en el resto de ciudades donde TELCONET tiene cobertura	1 Gbps MPLS
Red NGN / Redes de Próxima Generación	MPLS L2 / L3
Hardware en el Core	Cisco
Últimas Millas	Fibra Óptica

Tabla 1.1: Servicios de TELCONET S.A.

A través de la red de Fibra Óptica de TELCONET, se brinda a los clientes diferentes tecnologías para la interconexión de sus redes: conexiones Ethernet mediante túneles IP MPLS, conexiones Ethernet mediante VPN con encriptación, conexiones SDH para carriers, conexiones de fibra. Brindando al usuario beneficios como: mayor ancho de banda, confiabilidad y crecimiento constante.

1.2.2 ANÁLISIS CRÍTICO

La red de fibra óptica del centro de la ciudad de Ambato implementada por TELCONET usa un tendido aéreo por postes de concreto, al momento presenta inconvenientes con el retiro de continuo de estos postes por parte de la Empresa Eléctrica Ambato debido a la regeneración urbana planteada por el Municipio, el mismo que consiste en retirar todos los postes del centro de la ciudad, por ende los cables de fibra óptica se quedarán colgados en las paredes. Los dueños de casa y locales comerciales se resisten a ver cables suspendidos en las paredes. Adicional a esto, la Empresa Eléctrica y CNT no permiten cables por sus ducterías. En este punto es donde se busca una solución. Tender una nueva red de fibra subterránea mediante la técnica del microzanjado y de esta manera solucionar el problema que se está presentando.

1.2.3 PROGNOSIS

Por el aumento de usuarios en el centro de la ciudad de Ambato en un futuro se va a requerir de más fibra para ello hay que dimensionar estratégicamente la cantidad de cables de Fibra y su número interior de hilos con el fin de cubrir todos los usuarios actuales y futuros.

1.2.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Qué incidencia tiene el estudio y diseño de la red de fibra óptica mediante microzanjado en el centro de la ciudad de Ambato?

1.2.5 PREGUNTAS DIRECTRICES

- ¿Qué conocimientos de la zona se requiere para realizar el estudio de la red de fibra óptica?

- ¿Qué requerimientos técnicos son necesarios para el estudio y diseño de la red de acceso de fibra óptica?
- ¿Qué aspectos técnicos se deben tomar en cuenta en la realización del microzanjado?

1.2.6 DELIMITACIÓN

El estudio y diseño de la red de fibra óptica mediante la técnica de microzanjado se realizará en el centro de la ciudad de Ambato para la empresa TELCONET S.A en un tiempo estimado de seis meses, dando inicio desde la aprobación por parte del Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería en Sistemas Electrónica e Industrial.

1.3 JUSTIFICACIÓN

La fibra óptica se emplea como un medio de transmisión para redes de grandes distancias y redes locales, ya que por su flexibilidad los conductores ópticos pueden agruparse formando cables, permitiendo enviar gran cantidad de datos a gran velocidad, mucho más rápido que en las comunicaciones de radio y cable.

Es necesario efectuar un estudio previo del diseño actual de la red de fibra óptica del centro de la ciudad de Ambato para proceder a realizar el diseño de la red de fibra óptica mediante la técnica de microzanjado, y así evitar cortar el servicio a los clientes cuando sean retirados los postes por la Empresa Eléctrica. Un diseño involucra tomar en cuenta la ruta del microzanjado que debe seguir la fibra óptica, a que distancia se deben colocar los armarios de distribución o caja de empalme, lugar donde se distribuirán los clientes para la red óptica; además que tipo de protección debería usar la fibra como por ejemplo protecciones contra vibraciones, humedad, protecciones antiroedores, etc. y backup.

Es preciso señalar que la prioridad es conservar y aumentar clientes brindando un excelente servicio a los mismos.

Al desarrollar este proyecto de manera responsable, contando con los recursos necesarios que tiene la empresa; el Estudio y diseño de la red de fibra óptica

mediante la técnica de microzanjado para la empresa TELCONET S.A. en el centro de la ciudad de Ambato, es un proyecto factible de realizar.

1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Efectuar el estudio y diseñar la red de fibra óptica basado en microzanjado en el centro de la ciudad de Ambato para la empresa TELCONET S.A

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conocer la zona central de la ciudad de Ambato para el estudio y diseño de la red de fibra óptica.
- Analizar los requerimientos técnicos para el estudio y diseño de la red de fibra óptica.
- Investigar sobre la técnica de microzanjado y su implementación.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

El presente proyecto no tiene antecedentes bibliográficos en el listado de temas de tesis y pasantías en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería en Sistemas Electrónica e Industrial.

2.2 FUNDAMENTACIÓN LEGAL

TELCONET S.A. es una empresa constituida en el año 1995, proveedora de Servicios de Internet, comercializa conexiones Dial Up, enlaces radiales, satelitales y de fibra óptica.

Gracias a la gran demanda de servicios de transmisión de datos y el crecimiento de clientes que la empresa TELCONET S.A. ha mantenido durante mucho tiempo además de poseer una demanda de servicios de nuevos mercados diferentes a los de las principales ciudades como son Quito, Guayaquil y Cuenca, TELCONET S.A. se ha visto en la necesidad de expandir su servicio hacia otras ciudades con el fin de capturar mercados potenciales y consolidar su hegemonía como la mejor alternativa para la provisión de comunicación de datos a nivel nacional.

Con este objetivo se incursionó en varias ciudades del país como Latacunga, Ambato, Riobamba, Cuenca, Milagro, Quevedo y Babahoyo entre otras, debido a que sus clientes al expandirse a las ciudades mencionadas necesitaban el soporte

en la provisión del servicio de calidad que solo la empresa TELCONET S.A. ha sabido solventar en base a experiencia y confiabilidad.

2.3 CATEGORIA FUNDAMENTAL

a) FIBRA ÓPTICA

La fibra óptica es un hilo muy fino de material transparente, vidrio o materiales plásticos como se observa en la figura 2.1, por el que se envían pulsos de luz que representan los datos a transmitir.

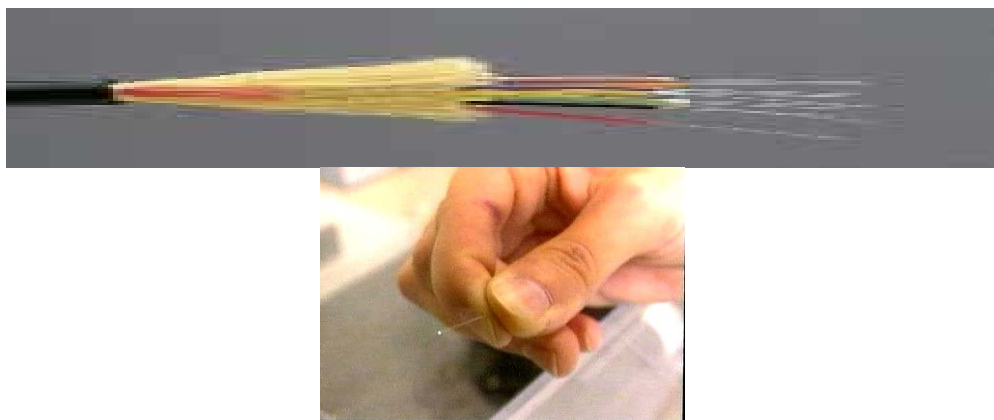


Figura 2.1.- Fibra óptica

Las fibras se utilizan ampliamente en telecomunicaciones, ya que permiten enviar gran cantidad de datos a una gran distancia, con velocidades similares a las de radio y/o cable. Son el medio de transmisión por excelencia al ser inmune a las interferencias electromagnéticas, también se utilizan para redes locales, en donde se necesite una alta confiabilidad y fiabilidad.

Una fibra óptica suele estar recubierta por una envoltura de protección que le confiere la resistencia mecánica necesaria para su manipulación. El conjunto formado por el núcleo, la envoltura óptica y la envoltura de protección se completa en sus extremos mediante conectores mecánicos, que facilitan el posicionamiento preciso de la fibra. Generalmente, las fibras ópticas se compactan y agrupan en haces formados por 50-100 fibras. Varios de estos haces, a su vez, se unen para formar un cable o guía de luz recubierto por un revestimiento de

material plástico que protege el conjunto, cuya apariencia externa es la de un cable flexible.

Según la designación del material que compone el núcleo de la fibra, las mismas pueden dividirse en:

Fibra de Sílice: La sílice es la forma cristalina más pura del vidrio y, por su transparencia, alcanza unas prestaciones excepcionales como vehículo de transmisión de la luz. Son muy buenas conductoras en el espectro visible y en el infrarrojo, y se utilizan para la transmisión de información a larga distancia (teléfono, vídeo, cables submarinos, etc.).

Fibra de Vidrio: Tanto el núcleo como la envoltura óptica son de vidrio (con índices de refracción diferente). Estas fibras son de pequeño diámetro (entre 50 y 70 micras) y, generalmente, se agrupan en haces multi fibra. Aptas para la iluminación, señalización, transmisión de imágenes, endoscopia, etc.

Fibra de Plástico: Constituida por un núcleo de *Polimetacrilato de Metilo* y una envoltura óptica de polímero plástico con índice de refracción diferente. Este tipo de fibra se emplea preferentemente en iluminación y señalización, y ofrece ventajas en cuanto a uniformidad de transmisión del espectro visible, filtración de rayos ultravioletas e infrarrojos, resistencia mecánica, flexibilidad, peso reducido y facilidad de instalación.

Fibra de Núcleo Líquido: Son de tecnología más reciente y están compuestas por un núcleo líquido con una envoltura óptica de polímero plástico. Su grosor es superior al de los otros tipos de fibras (3 y 8 mm). Su principal aplicación se orienta hacia la iluminación en modo mono fibra.

Entre sus principales características se puede mencionar que son compactas, ligeras, con bajas pérdidas de señal, amplia capacidad de transmisión y un alto grado de confiabilidad debido a que son inmunes a las interferencias electromagnéticas de radio frecuencia (RF). Las fibras ópticas no conducen señales eléctricas por lo tanto son ideales para incorporarse en cables sin ningún componente conductivo y pueden usarse en condiciones peligrosas de alta

tensión. Tienen la capacidad de tolerar altas diferencias de potencial sin ningún circuito adicional de protección y problemas debido a los cortos circuitos.

b) VENTAJAS DE LA FIBRA ÓPTICA

- Mayor velocidad de transmisión. Las señales recorren los cables de FO a velocidades cercanas a la de la luz ($c=3 \times 10^8 \text{m/s}$), mientras que las señales eléctricas recorren los cables a una velocidad entre el 50 y el 70 por ciento de ésta, según el tipo de cable.
- Mayor capacidad de transmisión. Pueden lograrse velocidades superiores a los 2Gbps, pues la velocidad de transmisión aumenta con la frecuencia.
- Inmunidad total ante interferencias electromagnéticas. La FO no produce ningún tipo de interferencia electromagnética y no se ve afectada por los radiaciones o por los impulsos electromagnéticos nucleares (NEMP) que acompañan a las explosiones nucleares.
- No existen problemas de retorno a tierra, interferencias cruzadas y reflexiones como ocurre en las líneas de transmisión eléctricas.
- La atenuación aumenta con la distancia más lentamente que en el caso de los cables eléctricos, lo que permite mayores distancias entre repetidores.
- No existe el riesgo de cortocircuito o daños de origen eléctrico.
- Los cables de FO son generalmente de menor diámetro, más flexibles y más fáciles de instalar que los cables eléctricos.
- Los cables de FO son apropiados para utilizar en una amplia gama de temperaturas.
- Se puede incrementar la capacidad de transmisión de datos añadiendo nuevos canales que utilicen longitudes de onda distintas de las ya empleadas.
- La FO presenta una mayor resistencia a los ambientes y líquidos corrosivos que los cables eléctricos.

c) DESVENTAJAS DE LA FIBRA ÓPTICA

A pesar de las ventajas antes enumeradas anteriormente, la fibra óptica presenta una serie de desventajas frente a otros medios de transmisión, siendo las más relevantes las siguientes:

- La alta fragilidad de las fibras.
- Necesidad de usar transmisores y receptores más caros.
- Los empalmes entre fibras son difíciles de realizar, especialmente en el campo, lo que dificulta las reparaciones en caso de ruptura del cable.
- No puede transmitir electricidad para alimentar repetidores intermedios.
- La necesidad de efectuar, en muchos casos, procesos de conversión eléctrica-óptica.
- La fibra óptica convencional no puede transmitir potencias elevadas.
- No existen memorias ópticas.

d) COMPOSICIÓN DE LA FIBRA ÓPTICA

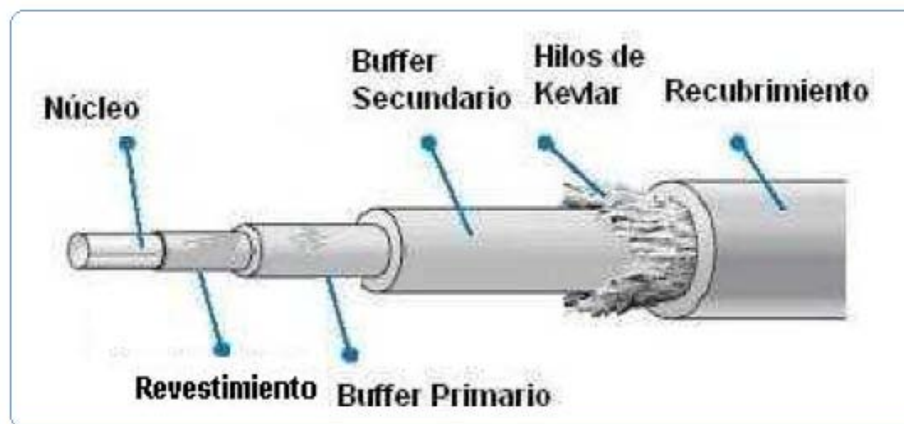


Figura 2.2.- Composición de la fibra óptica

El conductor de fibra óptica está compuesto por dos elementos básicos tal como: núcleo (core) y el recubrimiento (cladding) como se observa en la figura 2.2, cada uno de ellos formado por materiales con distinto índice de refracción, para conformar así una guía propagadora de las ondas luminosas. Así cuando se habla de fibras de 50/125, 62,5/125 ó 10/125mm, se hace referencia a la relación entre el diámetro del núcleo y el del revestimiento.

1) Núcleo

El núcleo es el medio físico que transporta las señales ópticas de datos desde la fuente de luz (LED o Láser) hasta el dispositivo de recepción (Foto Detector). Se trata de una sola fibra continua de vidrio ultra-puro de cuarzo o dióxido de silicio, de diámetro muy pequeño, entre 10 y 300 μ m (10-6m). Cuanto mayor es el diámetro del núcleo, mayor es la cantidad de luz que el cable puede transportar.

2) Revestimiento

El revestimiento (cladding) es la parte que rodea y protege al núcleo. Tiene un índice de refracción menor al del núcleo, de forma que actúa como capa reflectante y consigue que las ondas de luz que intentan escapar del núcleo sean reflejadas y retenidas en el mismo.

En esta capa se añaden varias capas de plástico con el fin de absorber los posibles impactos o golpes que pueda recibir la fibra y proporcionar una protección extra contra curvaturas excesivas del cable, es decir; para preservar la fuerza de la fibra.

3) Recubrimiento

Las fibras ópticas son cubiertas con una funda plástica (coating) que provee protección mecánica al manipuleo. Esta funda puede retirarse por medios mecánicos o físicos con el fin de realizar los empalmes y le da a la fibra un diámetro externo que puede ser de 125, 250, 500 ó 900 μ m. Esta última capa de la fibra está constituida por ciertos materiales que resguardan la fibra óptica de la humedad, el aplastamiento, los roedores, y otros riesgos del entorno.

e) TIPOS DE FIBRA ÓPTICA

1) Fibra multimodo

Es aquella en la que los haces de luz pueden circular por más de un modo o camino. Esto supone que no llegan todos a la vez. Una fibra multimodo puede tener más de mil modos de propagación de luz. Las fibras multimodo se usan comúnmente en aplicaciones de corta distancia, menores a 1 km; es simple de

diseñar y económico. Su distancia máxima es de 2 km y usan diodos láser de baja intensidad.

El núcleo de una fibra multimodo tiene un índice de refracción superior, pero del mismo orden de magnitud, que el revestimiento. Debido al gran tamaño del núcleo de una fibra multimodo, es más fácil de conectar y tiene una mayor tolerancia a componentes de menor precisión.

Dependiendo el tipo de índice de refracción del núcleo, tenemos dos tipos de fibra multimodo:

- Índice escalonado: en este tipo de fibra, el núcleo tiene un índice de refracción constante en toda la sección cilíndrica, tiene alta dispersión modal.
- Índice gradual: mientras en este tipo, el índice de refracción no es constante, tiene menor dispersión modal y el núcleo se constituye de distintos materiales.

2) Fibra monomodo

Una fibra monomodo es una fibra óptica en la que sólo se propaga un modo de luz. Se logra reduciendo el diámetro del núcleo de la fibra hasta un tamaño (8,3 a 10 micrones) que sólo permite un modo de propagación. Su transmisión es paralela al eje de la fibra. A diferencia de las fibras multimodo, las fibras monomodo permiten alcanzar grandes distancias (hasta 100 km máximo, mediante un láser de alta intensidad) y transmitir elevadas tasas de información (decenas de Gb/s).

Debido a que las fibras monomodo son más sensibles a los empalmes, soldaduras y conectores, las fibras y los componentes de éstas son de mayor costo que los de las fibras multimodo.

f) **PARÁMETROS DE LAS FIBRAS ÓPTICAS**

Existen varios parámetros que caracterizan a una fibra óptica, se habla de parámetros estructurales y de transmisión que establecen las condiciones en las que se puede realizar la transmisión de información.

Entre los parámetros estructurales se encuentra:

1. El perfil de índice de refracción

Se denomina así al desarrollo del índice de refracción sobre la sección transversal de la FO. El perfil del índice para las FO multimodo es gradual parabólico. En las FO monomodo el perfil del índice es una variable entre fabricantes y no existe una uniformidad de criterios debido a que permite modificar la longitud de onda para la cual se tiene una dispersión cromática nula.

Variando el perfil del índice de refracción se obtienen las FO con dispersión cromática desplazada a 1550nm del tipo UIT-T G.653 (Unión Internacional de Telecomunicaciones) y las de dispersión desplazada no-cero UIT-T G.655. Típicamente se trata de perfiles triangulares o rectangulares.

2. Dimensiones del núcleo y del revestimiento

Estas dimensiones se definen mediante el diámetro, con lo cual queda determinado el tipo de propagación, ya sea multimodo o monomodo. Las FO multimodo para telecomunicaciones tienen normalizado el diámetro del núcleo y revestimiento en 50 y 125 μ m con tolerancias de 6% y 2,4% respectivamente. Se indica: un error de concentricidad entre ambos del 6%, un error de circularidad del núcleo del 6% y del revestimiento del 2%. Las FO monomodo tienen los mismos valores de diámetro y tolerancia para el revestimiento. En cuanto al núcleo se define el diámetro del campo modal.

3. Diámetro del campo modal

Se denomina así al diámetro de campo (lejano o cercano de acuerdo con el método de medida) emitido en el extremo de la FO monomodo. Este valor

reemplaza al diámetro del núcleo y está comprendido entre 6 y $9\mu\text{m}$, dependiendo de la FO, como valor nominal y con una tolerancia del 10%.

4. La apertura numérica (AN)

Al incidir un rayo luminoso sobre una superficie de separación entre dos medios de distinto índice de refracción (núcleo y revestimiento de una fibra óptica), una parte del rayo se refleja y otra se refracta como se observa en la figura 2.3. Dependiendo de la constante de refracción de los materiales, existe un ángulo máximo de incidencia de la luz sobre el extremo de la fibra para el cual toda la luz incidente se propaga. Este ángulo se llama ángulo de aceptación y su seno se conoce como apertura numérica. El valor de AN se encuentra normalizado en el entorno de 0,2 (tolerancia 10%) para FO multimodo de índice gradual 50/125 μm (ITU-T G.651).

Sin embargo, no se indica un valor de AN para FO monomodo.

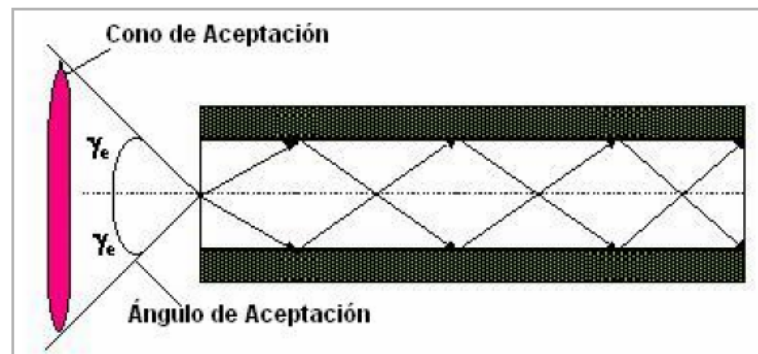


Figura 2.3.- Apertura numérica

5. Longitud de onda de corte

Ésta es la longitud de onda mínima que determina que la Fibra óptica transmita en un solo modo únicamente. El diámetro máximo del núcleo de una fibra monomodo depende de la longitud de onda de transmisión.

Si se desea que sólo un modo sea transmitido en un sistema de comunicación, se debe estar seguro que la longitud de la onda de transmisión sea mayor que la longitud de onda de corte. En la práctica las fibras son diseñadas con un ángulo de corte significativamente menor que la longitud de onda en la cual la fibra va a

funcionar. Por ejemplo, una fibra de modo simple para ser usada en $1,3 \mu\text{m}$ probablemente tendrá un ángulo de corte inferior a los $1,25 \mu\text{m}$.

Las fibras monomodo siempre permanecerán siendo monomodos para longitudes de onda de operación mayores a la longitud de onda de corte. Así una fibra cuya especificación es para trabajar a $1,3 \mu\text{m}$ también será monomodo para $1,5 \mu\text{m}$. Sin embargo una fibra de $1,55 \mu\text{m}$ no será del tipo monomodo para $1,3 \mu\text{m}$ y ni las de $1,3 \mu\text{m}$ y $1,55 \mu\text{m}$ serán del tipo monomodo para una longitud de onda de $0,85 \mu\text{m}$.

Si la longitud de onda empieza a decrecer por debajo de la longitud de corte, primeramente se tendrá un segundo modo y así se irán adicionado nuevos modos. Los modos extras empezarán a interferirse unos con otros y con los modos primarios, causando problemas de solapamiento y pérdida de información.

En cuanto a los parámetros de transmisión se tiene:

Atenuación

La luz que viaja en una fibra óptica pierde potencia con la distancia. Estas pérdidas dependen de la longitud de onda de la luz y del material por el que se propaga. Este valor se mide en *decibelios* (dB) por unidad de longitud (dB/Km). Las pérdidas mas bajas se encuentran a una longitud de onda de 1550nm , valor que se utiliza fuertemente para transmisiones de larga distancia.

Las pérdidas de luz de una fibra óptica están causadas por varios factores y se pueden clasificar en pérdidas *Extrínsecas* e *Intrínsecas*:

1. Extrínsecas

Pérdidas por curvatura

Estas pérdidas ocurren en todas las curvas de una FO debido al cambio del ángulo de incidencia en la frontera núcleo revestimiento.

Las fuerzas laterales localizadas a lo largo de la fibra dan origen a lo que se conoce como micro curvaturas. Este fenómeno puede ser provocado por

esfuerzos durante la manufactura e instalación y también por variaciones dimensionales de los materiales del cable debidos a cambios de temperatura. La sensibilidad a micro curvaturas es función de la diferencia del índice de refracción, así como también de los diámetros del núcleo y del revestimiento.

Pérdidas por conexión y empalme

Estas pérdidas ocurren en todos los empalmes. Los empalmes mecánicos son los que tienen generalmente mayores pérdidas, a menudo en el rango que desde 0,2dB a 0,1dB. Los empalmes por fusión tienen pérdidas más bajas, generalmente menores que 0,2dB. Estas pérdidas se pueden atribuir a un gran número de factores, incluyendo un mal corte, desalineamiento en los núcleos de la fibra, burbujas de aire, contaminación, desadaptación del índice de refracción, desadaptación del diámetro del núcleo, etc.

Las pérdidas de los conectores de FO están frecuentemente en el rango que va desde 0,3dB a 1,5dB y dependen en gran medida del tipo de conector usado.

2. Intrínsecas

Pérdidas inherentes a la fibra

Estas pérdidas no se pueden eliminar en el proceso de fabricación de la fibra y se deben a las impurezas en el vidrio y a la absorción de la luz a nivel molecular, esta absorción es causada principalmente por contaminantes del vidrio tales como moléculas de agua (OH-).

Pérdidas que resultan de la fabricación de la fibra

Se debe mantener los valores de tolerancia en la precisión durante todo el proceso de fabricación de la fibra ya que las irregularidades durante este proceso pueden dar lugar a pérdidas de rayos luminosos.

6. Ventanas de Operación de la Fibra Óptica

Las ventanas de operación indican la longitud de onda central de la fuente luminosa que se utiliza para transmitir la información a lo largo de la fibra (Ver

figura 2.4). La utilización de una ventana u otra determina parámetros tan importantes como la atenuación que sufrirá la señal transmitida por kilómetro.

Los primeros sistemas de FO operaban con una longitud de onda muy corta (1ra ventana, 800nm), llamada longitud de onda corta debido a las fuentes y detectores de luz usados. Las fuentes y detectores de luz actuales, permiten operar en la 2da y 3ra (1310 y 1550nm) ventana, llamadas longitud de onda larga. La 3ra ventana es usada únicamente por las FO de tipo monomodo.

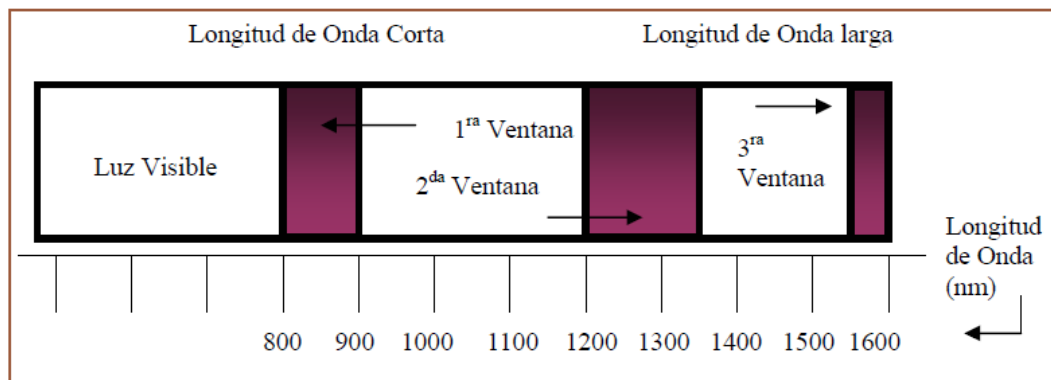


Figura 2.4.- Ventanas de Operación de la Fibra Óptica

7. Reflexión de Fresnell

Ocurre en cualquier frontera de un medio donde cambie el índice de refracción, causando que una parte de los haces incidentes se reflejen al primer medio.

8. Ancho de banda

El ancho de banda de una FO es una medida de su capacidad de transmisión de información; éste está limitado por la dispersión total de la fibra (ensanchamiento del pulso). La dispersión limita la capacidad de transmisión de información porque los pulsos se distorsionan y se ensanchan, solapándose unos con otros y haciéndose indistinguibles para el equipo receptor.

La dispersión es una función de la longitud de la FO; cuanto mayor sea la fibra, mas pronunciado será el efecto. Ésta puede dividirse en dos categorías: *Dispersión*

Cromática y Dispersión Modal. La dispersión cromática puede luego ser dividida en dispersión de *Guía de Onda* y *Dispersión del Material*.

Dispersión Modal

También conocida como dispersión multimodo, afecta solo a las fibras multimodos y está causada por los diferentes caminos o modos que sigue un haz de luz en la fibra, dando como resultado que los haces luminosos recorran distancias diferentes y lleguen al otro extremo de la fibra en tiempos diferentes.

Dispersión del Material

Es una característica inherente del material, que no puede ser fácilmente cambiada sin alterar la composición del vidrio y aumentar la atenuación. Ésta ocurre porque el índice de refracción de la fibra varía con la longitud de onda de la luz en la fibra. Debido a que la fuente de luz está compuesta de un espectro con más de una longitud de onda, los rayos de luz de diferente longitud de onda viajan a diferentes velocidades, dando como resultado el ensanchamiento del pulso.

Dispersión de Guía de Onda

Esta dispersión se debe a la anchura espectral de la fuente de luz, cuando el índice de refracción permanece constante. La razón de esto es que la geometría de la fibra causa que la constante de propagación de cada modo cambie con la longitud de onda de la luz.

Ambas dispersiones dependen del rango de longitud de onda de la señal, sin embargo la dispersión puede tener diferentes símbolos, dependiendo si la velocidad de la luz en la fibra se incrementa o disminuye con la longitud de onda. De esta manera las dispersiones de guía de onda y cromática se cancelan una a otra en un punto cercano a $1,31 \mu\text{m}$ en una fibra estándar tal como se muestra en la figura 2.5.

Cambiando el diseño de la interface núcleo-revestimiento se puede alterar la dispersión de guía de onda y así cancelar la dispersión cromática en otra longitud de onda.

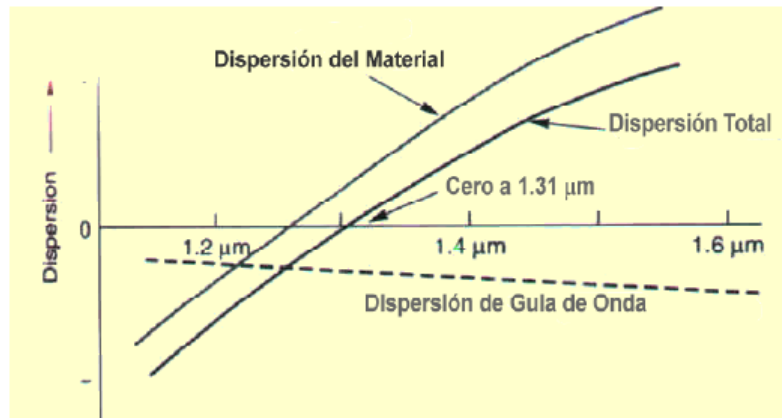


Figura 2.5.- Dispersión de guía de onda

Existen dos tipos de dispersión desplazada, con pequeñas diferencias, que han llegado a tener gran importancia en el desarrollo tecnológico de la fibra.

- **Fibra desplazada de Dispersión nula**

La primera fibra con dispersión desplazada fue diseñada para una dispersión cero a una longitud de onda de $1,55\mu\text{m}$. Esto fue realizado incrementando la magnitud de la dispersión de guía de onda, como se muestra en la figura 2.6. Esta fibra fue introducida en el mercado a mediados de los 80 y permanece en uso, sin embargo nunca ha llegado a ser tan común como la fibra monomodo estándar.

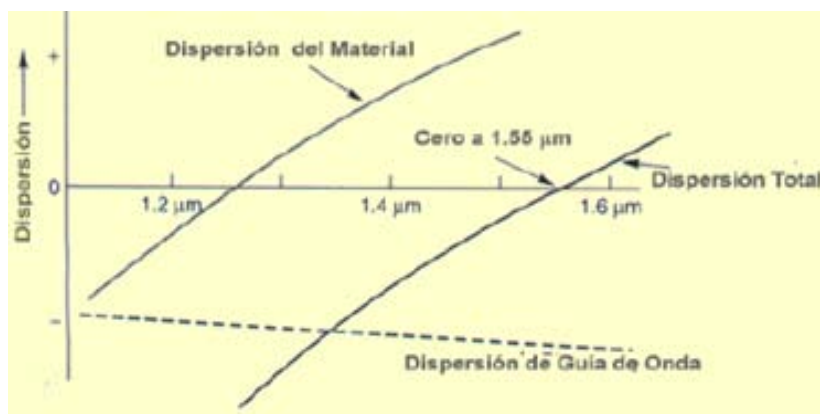


Figura 2.6.- Dispersión nula

- **Fibra desplazada de Dispersión casi nula**

El diseño de una fibra de dispersión desplazada puede ser modificado para desplazar la dispersión cero a una longitud de onda mas allá del rango de

operación de los amplificadores dopados con erbio (EDFA), para evitar las mezclas de ondas que causan los problemas en los sistemas que usan multiplexación de longitudes de onda (WDM). Por ejemplo, un pequeño adelanto de la dispersión de guía de onda puede llevar la dispersión cero a una longitud de onda de 1,6µm. A estas fibras se les denomina fibras de dispersión desplazada no nula ó casi cero porque el rango de dispersión bajo esta desplazado, pero la dispersión cero se encuentra en un punto fuera del rango usado para transmitir la señal.

g) COMPOSICIÓN DEL CABLE ÓPTICO

Los cables de FO se fabrican con varios materiales para adecuarse al entorno de la instalación. Los cables exteriores deben ser fuertes, a prueba de intemperie, resistentes a rayos ultravioleta (UV) y a las variaciones máximas de temperatura que se pueden presentar durante el proceso de instalación y a lo largo de su vida. Los cables interiores deben ser fuertes y flexibles, con el grado requerido de resistencia al fuego o de emisión de humos. Los componentes más populares son los siguientes:

Polietileno (PE)

El Polietileno es un polímero vinílico que se utiliza como cubierta de protección por sus propiedades de resistencia frente a la intemperie y la humedad, además de ser eléctricamente estable.

Cloruro de Polivinilo (PVC)

Es un polímero vinílico similar al PE, resistente al agua y al fuego por su alto contenido de cloro.

Poliuretano

Son polímeros mejor conocidos para hacer espumas y cubiertas para cables. Pueden ser cauchos o pinturas, fibras o adhesivos. Muchas composiciones tienen buenas propiedades de resistencia al fuego.

Hidrocarburos y Polifluorados (Fluoropolímeros)

Este es un polímero de buenas propiedades de resistencia al fuego, poca emisión de humos y buena flexibilidad, utilizado para instalaciones interiores.

Cabos de Aramida (Kevlar)

Las Aramidas y el Kevlar (Marca registrada de Dupont) son materiales pertenecientes a la familia del Nylon. Se utilizan para hacer objetos tales como chalecos antibalas y neumáticos para bicicletas a prueba de pinchaduras. En los cables de Fibra Óptica se utiliza para atar y proteger los tubos o fibras individuales o como miembro central de refuerzo.

Coraza de Acero

La coraza de acero o armadura se utiliza frecuentemente en instalaciones interiores y exteriores. Generalmente se utiliza en los cables enterrados para proporcionar resistencia a la compresión y a los roedores. En ambientes industriales se utiliza dentro de la planta cuando el cable se instala sin ductos o bandejas de protección. Sin embargo, esta protección extra que se le añade al cable de fibra, sacrifica la ventaja como dieléctrico que posee, por lo que es conveniente llevarlos a tierra en el proceso de instalación.

Hilo de Rasgado

Es un hilo muy fino y fuerte que se encuentra justo por debajo de la cubierta del cable de Fibra Óptica y se utiliza para rasgar fácilmente su cubierta sin dañar su interior.

Miembro Central

El miembro central se utiliza para proporcionar fuerza y soporte al cable. Durante las operaciones de tendido del cable se debe asegurar al orificio de tracción. Para instalaciones permanentes, se debe atar al anclaje que hay para tal cometido en la caja de empalmes o en el panel de conexión.

Relleno Intersticial

Es una sustancia gelatinosa que se encuentra en los cables de estructura holgada. Llena la protección secundaria y los intersticios del cable haciendo que este sea impermeable al agua.

h) TIPOS DE CABLES ÓPTICOS

Un cable de FO se encuentra disponible en dos construcciones básicas: cable de *estructura holgada* y cable de *estructura ajustada*.

1) Cable de estructura holgada

Un cable de FO de estructura holgada consta de varios tubos de fibra rodeando un miembro central de refuerzo y rodeado de una cubierta protectora, como se observa en la figura 2.7.



Figura 2.7.- Cable de estructura holgada

El rasgo definitivo de este tipo de cable son los tubos de fibra. Cada tubo, de tres a dos milímetros de diámetro, lleva varias FO que descansan holgadamente en él. Los tubos pueden ser huecos o llenos de un gel resistente al agua que impide que ésta entre en la fibra. El tubo holgado aísla la fibra de las fuerzas mecánicas exteriores que se ejercen sobre el cable.

Las fibras dentro del tubo son ligeramente más largas que el propio cable, por lo que el cable se puede alargar bajo cargas de tensión, sin aplicar tensión a la fibra. Cada tubo esta coloreado, numerado así como cada fibra individual en el tubo está coloreada para hacer más fácil la identificación.

El elemento de refuerzo puede ser de acero, Kevlar o un material similar. La cubierta o protección exterior del cable se puede hacer, entre otros materiales, de polietileno, de armadura o coraza de acero, goma o hilo de aramida.

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. No es adecuado para instalaciones en recorridos muy verticales, ya que existe la posibilidad de que el gel interno fluya o que las fibras se muevan.

2) Cable de estructura ajustada

Un cable de FO de estructura ajustada contiene varias fibras con protección secundaria que rodean un miembro central de tracción, y todo ello cubierto de una protección exterior. La protección secundaria de la fibra consiste en una cubierta plástica de $900 \mu\text{m}$ de diámetro que rodea al recubrimiento de $250 \mu\text{m}$ de la FO, como se muestra en la figura 2.8.

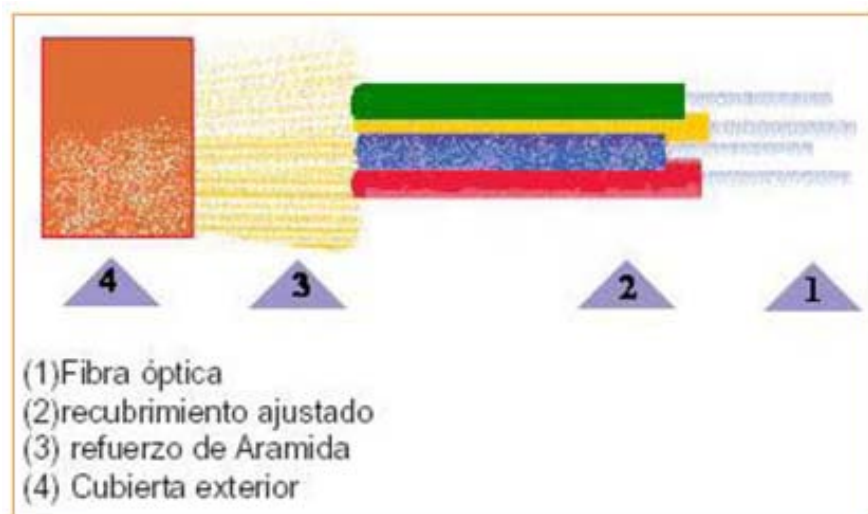


Figura 2.8.- Cable de estructura ajustada

La protección secundaria proporciona a cada fibra individual una protección adicional frente al entorno así como un soporte físico, permitiéndole a la fibra ser conectada directamente sin la protección que ofrece una bandeja de empalmes.

Son usados para instalaciones en el interior de edificios, así como también para instalaciones en tendidos verticales elevados, debido al soporte vertical que dispone cada fibra.

i) EMPALMES Y TERMINACIONES DE FIBRAS ÓPTICAS

Un empalme es la técnica que se utiliza para unir permanentemente dos fibras ópticas en una conexión de bajas pérdidas, siempre que el núcleo de las mismas esté correctamente alineado con las zonas activas del emisor y el receptor. Las pérdidas que se originan pueden ser de dos tipos: las que se deben a factores externos y que se relacionan con el método utilizado para la unión y las que se deben a factores intrínsecos o relacionados con las propiedades de la fibra. (Ver figura 2.9)

Los factores externos que pueden ocasionar las pérdidas pueden ser:

- Irregularidades en los extremos de las fibras o núcleos desalineados.
- Cambio en el índice de refracción, provocando esto la reflexión de señales por desplazamiento de los índices.
- Desplazamiento transversal de los extremos de la fibra, lo que equivale a una disminución de la sección útil del núcleo. (Figura 2.9.c)
- Separación longitudinal de los extremos a unir, provocando esto una variación en el índice de refracción del medio para la luz incidente. (Figura 2.9.a)
- Desplazamiento angular de los ejes de las fibras enfrentadas, modificando el ángulo de incidencia del haz de luz en la segunda sección de la fibra, lo que se traduciría en energía perdida. (Figura 2.9.b)

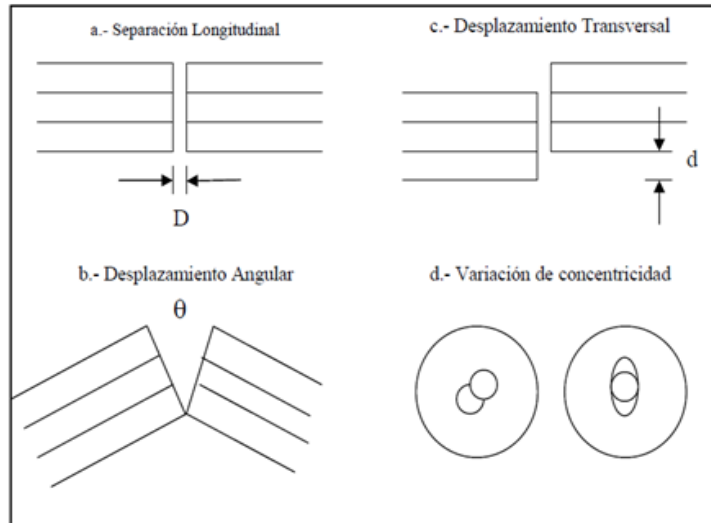


Figura 2.9.- Desplazamiento entre dos fibras

j) TÉCNICAS DE EMPALMES ÓPTICOS

Las uniones de fibra a través de empalmes se pueden realizar fibra a fibra, es decir, empalmes simples o por medio de empalmes múltiples los cuales se convierten en una solución más práctica en caso de cables de gran número de conductores. Esta unión o conexión se puede realizar usando uno de estos dos métodos: *empalme por fusión* o *empalme mecánico*.

1) Empalmes por fusión

Consiste en alinear con precisión los extremos a unir, generando un arco eléctrico para soldarlos, proporcionando bajas pérdidas, tanto para fibras monomodo como multimodo. Son empalmes permanentes y se realizan con máquinas empalmadoras, que luego de cargarles las fibras sin *coating* (funda exterior) y cortadas a 90° realizan un alineamiento de los núcleos de una y otra, para luego fusionarlas con un arco eléctrico producido entre dos electrodos, como se observa en la figura 2.10.

Las atenuaciones que se producen por este método son casi imperceptibles, oscilando estas entre los 0,01 a 0,10dB.

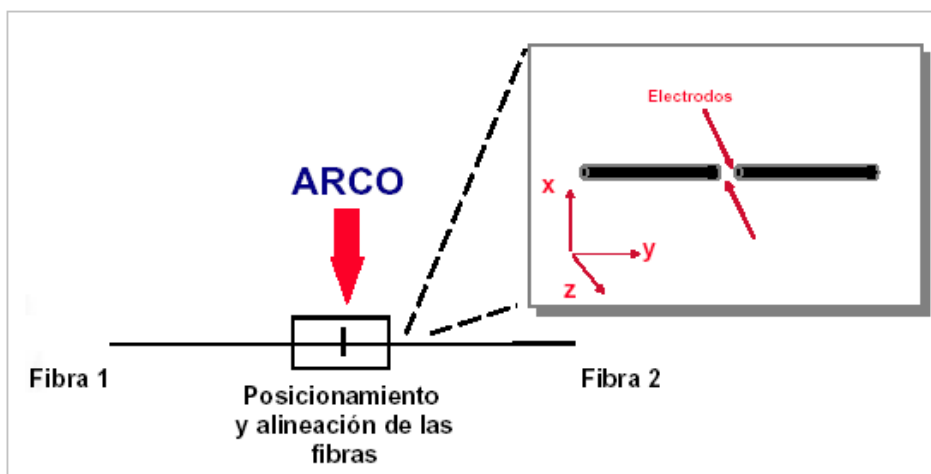


Figura 2.10.- Empalme por fusión

2) Empalme mecánico

Es una técnica alternativa que no requiere una empalmadura de fusión, sino que utiliza un pequeño conector que se encarga de alinear los extremos a unir de manera precisa, asegurándolas mecánicamente. (Ver figura 2.11)

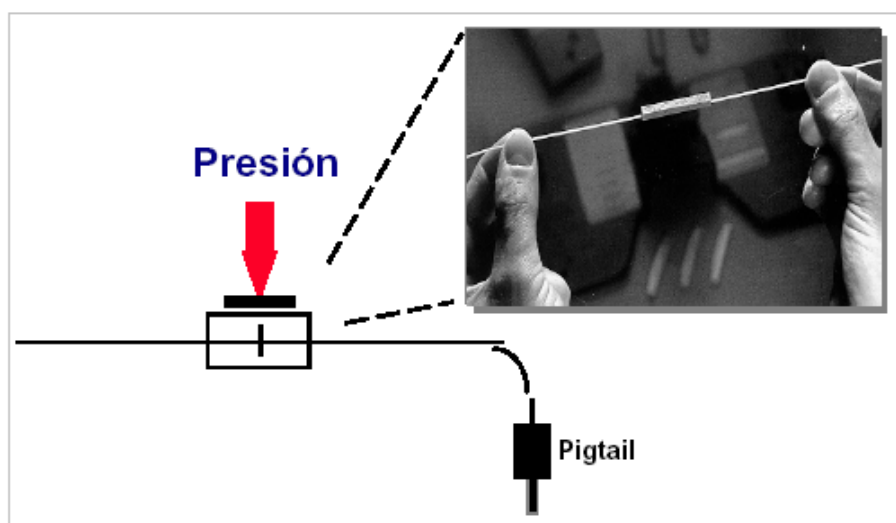


Figura 2.11.- Empalme mecánico

3) Empalme con pegamento

Son conexiones a través de pegamentos rápidos (resina epóxica), que presentan como inconveniente la degradación de este pegamento con el tiempo.

k) PROCESO DE EMPALME

- Preparación, pelado y limpieza de los cables de F.O.
- Fijación y guiado de los cables en la caja de empalmes y repartidores,
- cocas y reserva de fibra para posteriores mantenimientos
- Inserción del termorretráctil
- Pelado de la fibra (protección primaria)
- Limpieza de la fibra desnuda
- Corte de la fibra
- Fusión
- Calentar el termorretráctil
- Cerrado de cajas y repartidores

l) PROTECCIÓN DE LOS EMPALMES

La zona de empalme es delicada por lo que se protege de diferentes maneras: pegándose sobre almohadillas autoadhesivas existentes en algunas bandejas de empalmes, rodeándose con una bisagra autoadhesiva, o con manguitos termos contráctiles (*sleeves*) los cuales poseen un nervio central que le proporcionan robustez al empalme. Éstos se adhieren al empalme a través de procesos de calor, el manguito tiene un color generalmente verde que se va tornando más oscuro a medida que se le proporciona calor. Cuando se torna totalmente negro, indica que ya está bien sellado el empalme. Éstos, a su vez, se colocan en una bandeja dentro de una caja de empalme.

m) PÉRDIDAS EN EMPALMES

Tenemos pérdidas por diferentes problemas como:

Problemas geométricos de las fibras (Ver figura 2.12)

- a. Núcleos con diámetros diferentes
- b. Perfiles de índice de refracción diferentes
- c. No circularidad del núcleo o del revestimiento
- d. Apertura numérica diferente

e. Error de concentricidad núcleo-revestimiento

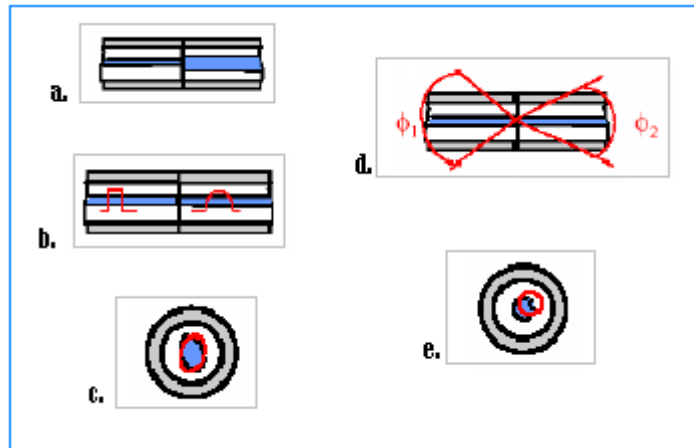


Figura 2.12.- Problemas geométricos de las fibras

Problemas de enfrentamiento de las fibras (Ver figura 2.13)

- a. Falta de alineamiento (1 dB / μm)
- b. Desajuste angular (1 dB / $^\circ$)
- c. Desajuste longitudinal (1 dB / 60 μm)

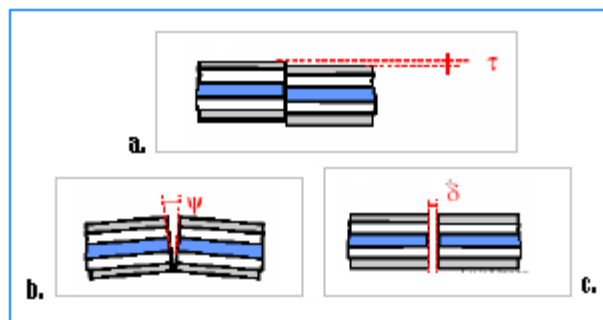


Figura 2.13.- Problemas de enfrentamiento de las fibras

Problemas de presentación de las fibras (Ver figura 2.14)

- a. Limpieza
- b. Rugosidades
- c. Corte en ángulo

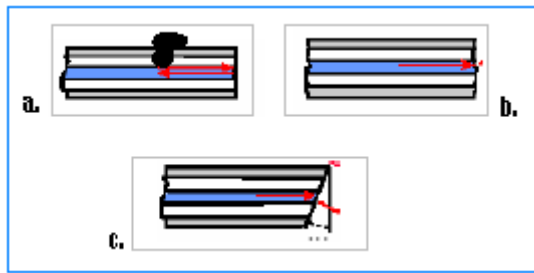


Figura 2.14.- Problemas de presentación de fibras

n) CONECTORES

El conector óptico es un dispositivo que une dos fibras ópticas, de manera repetible con bajas pérdidas ópticas de conexión. Generalmente las pérdidas que se originan en las conexiones se deben a los desplazamientos laterales de los ejes de las fibras.

El conector se compone de un casquillo o férula, un cuerpo, una cápsula o corona y un manguito descargador de tensión. El casquillo es la porción central del conector que contiene a la fibra óptica. Puede estar fabricado de cerámica, acero o plástico. Para la mayoría de los conectores, el casquillo cerámico ofrece las menores pérdidas por inserción y la mejor receptividad. La cápsula y el cuerpo pueden ser de plástico. Para hacer una conexión, la cápsula se puede atornillar, cerrar girando o ajustar con un muelle. El manguito descargador de tensión libera de tensiones a la fibra óptica.

Los conectores que habitualmente se utilizan para terminar una fibra óptica son:

- **ST**: Buen conector, popular para conexiones de fibra monomodo y multimodo, con pérdidas en promedio que rondan a los 0,5dB. Tiene una conexión con cierre en giro que no pierde en ambiente con vibraciones. Es un conector estándar para la mayoría del equipamiento red de área local (RAL) de fibras ópticas. Ver figura 2.15.



Figura 2.15.- Conector ST

· **FC**: Conector bueno y popular utilizado en las fibras monomodo. También conocido como FC-PC. Tiene bajas pérdidas, con un promedio aproximado de 0,4dB. Es comúnmente utilizado en la industria de la televisión por cable (CATV). Ver figura 2.16.



Figura 2.16.- Conector FC

· **Bicónico**: Es un conector obsoleto utilizado para las fibras multimodo. Tiene una repetitividad pobre, susceptible a vibraciones y tiene altas pérdidas (superan el 1dB).

· **SMA**: Este es otro conector obsoleto pero que en la actualidad todavía es utilizado en algunos equipos. Tiene altas pérdidas, aproximadamente 0,9dB.

En el mercado hay dos tipos de conectores **SMA**, el **SMA905** que tiene un casquillo recto y el **SMA906** que tiene un casquillo en escalón. También es posible encontrar una versión del **SMA905** con un collar en el casquillo que se puede remover y convertirlo en un **SMA906**. Este tipo de conector es utilizado principalmente en fibras monomodo.

- **D4:** Éste es un nuevo conector modular, de alta densidad. Tiene bajas pérdidas por debajo de 0,5dB) y es bastante común en instalaciones monomodo.
- **FDDI:** Este es el conector estándar de fibra óptica para **FDDI** (Fiber Distributed Data Interface). Es del tipo dúplex con llave, conectando dos fibras a la vez. Ver figura 2.17.



Figura 2.17.- Conector FDDI

- **Fibra desnuda:** Este conector se utiliza para conectar una fibra inacabada. Se utiliza cuando se desea una conexión temporal para probar fibras desnudas.

Puede requerir un líquido adaptador de índice para conseguir una conexión de bajas pérdidas.

Las siglas **PC** después de la letra del conector, como en **FC-PC**, significan que los conectores hacen contacto físico con la conexión. Esto proporciona una conexión de bajas pérdidas. Existen también conectores que tienen sus superficies especialmente tratadas para minimizar la luz reflejada.

A menudo se consiguen conectores con designación **Súper**, como en **Súper FC-PC**, que se utilizan para aplicaciones de fibra monomodo con fuentes láser donde la potencia óptica reflejada puede causar problemas.

o) **ADAPTADORES**

También conocidos como acopladores, son básicamente la transición mecánica necesaria para poder dar continuidad al paso de luz del extremo conectorizado de un cable de fibra óptica a otra, ver figura 2.18. Son como pequeños tambores o

cajas que reciben un conector de cada lado produciendo un acople óptico, con la mínima pérdida posible.



Figura 2.18.- Adaptador ST

Se utilizan en los distribuidores para facilitar la desconexión y cambio rápido, acoplando el *pigtail* que se haya empalmado al cable de fibra con el *patchcord* que se conecta a los equipos receptores/emisores. También se usan para conectar un tramo de fibra a los equipos de medición.

p) DISTRIBUIDOR DE FIBRA ÓPTICA

Conocido comercialmente como *Patch Panel* es donde termina el cable de FO y permite que el cable sea conectado al equipamiento óptico mediante cordones de conexiones de FO. Suministra un punto de acceso al equipamiento y a la planta del cable de fibra. Las fibras individuales pueden interconectarse, probarse o intercambiarse rápidamente entre el equipamiento óptico. Los paneles de conexión permiten también un etiquetado fácil de las fibras y proporcionan un punto de demarcación del enlace.

Son diseñados con dos compartimientos: uno contiene los receptáculos de cabecera o adaptadores y el segundo se utiliza para la bandeja de empalmes y almacenamiento del exceso de la fibra. Las bandejas de administración de los cordones de conexión son opcionales para algunos paneles de conexión y hacen posible el almacenamiento ordenado de longitudes excesivas de cordones de conexión.

Los Distribuidores Ópticos se encuentran disponibles en versión de montaje en pared o montaje en bastidores y se sitúan frecuentemente cerca del equipo

terminal (dentro del alcance del cordón de conexión o *Patch Cord*). El panel de cabecera o frontal del panel de conexión contiene el adaptador que permite al conector del cable aparearse con el conector apropiado del cordón de conexión hasta el equipo. Proporciona una conexión de bajas pérdidas ópticas después de muchas conexiones.

q) CAJAS DE EMPALMES

Las cajas de empalme proporcionan un medio de protección del entorno tanto al cable de fibra (desnudado o pelado) como a los empalmes. Los empalmes exteriores se protegen dentro de una caja de empalme, la cual posee en un extremo unos tubos a través de los cuales se inserta el cable de FO. Hay cajas para montajes interiores y exteriores; la de tipo exterior debe ser a prueba de intemperie y con un sellado impermeable (figura 2.19).



Figura 2.19.- Caja de empalme

La capacidad de estas cajas es variable, sin embargo existen cajas que permiten resguardar empalmes hasta de cuatro cables de diámetros distintos.

El cable de FO se mantiene sujeto mediante abrazaderas y el miembro de refuerzo se amarra fuertemente al soporte de la caja. Los miembros de refuerzos metálicos se llevan a tierra.

La caja en su interior posee una bandeja de empalmes o casetes, que se utiliza para proteger y mantener los empalmes individuales tanto mecánicos como por fusión, también poseen unos organizadores de FO. Hay bandejas disponibles para

muchos tipos de empalmes, incluyendo varios empalmes mecánicos con marcas registradas, empalmes por fusión desnudos, empalmes por fusión con funda termocontráctil, etc.

r) CORDONES DE CONEXIÓN Y LATIGUILLOS DE FIBRA ÓPTICA

Los cordones de conexión de FO, conocidos también como *Patch Cord* de FO son análogos a los cables de conexión eléctrica. Un cable de conexión de FO es una fibra de pequeña longitud con una protección ajustada y gruesa, cubierta o chaqueta protectora y conectores en ambos extremos.

La cubierta es de color naranja para FO multimodo y de color amarillo para fibras monomodo. Se compra ensamblado en fábrica, bien en longitudes estándar o bien en longitudes a medida según el requerimiento.

Los cordones de conexión han tenido tradicionalmente muchos usos, principalmente para conectar el equipamiento óptico instalado con el panel de conexión de FO. Su flexibilidad permite que se puedan usar en localizaciones ajustadas, dentro de cabinas y armarios llenos de equipamiento. El radio de curvatura de un cordón de conexión es pequeño, generalmente entre 2,5 y 5cm. Se pueden utilizar para conexiones cruzadas de fibras o para conectar el equipamiento de prueba a los enlaces de FO.

Los cordones de conexión se deben amarrar suavemente con abrazaderas para asegurarlos de una manera ordenada. Las longitudes en exceso se pueden almacenar en bandejas o atar en círculos suaves con un radio superior al radio de curvatura mínimo establecido por el fabricante.

Si se parte por la mitad un cordón de conexión, cada mitad se convierte en un latiguillo, conocido popularmente como pigtail. Un latiguillo de FO se usa para terminar una FO con un conector; éste se empalma a la fibra por medio de empalmes mecánicos o de fusión para proporcionar una terminación de calidad con un conector de fábrica.

Un cordón de fibra óptica (patchcord ó patchcable) es un cable de fibra óptica de corta longitud (usualmente entre 1 y 30 metros) para uso interior con conectores instalados en sus dos extremos, usualmente en presentación simplex (una sola fibra) o duplex (2 fibras) como se observa en la figura 2.20.

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 2.20.- Patch cord

s) **DISEÑO DE LA RED DE FIBRA ÓPTICA**

1. Factores a considerar en el diseño

Los siguientes son algunos de los factores más importantes que se deben tener en cuenta en el diseño de una red, que emplea como medio de transmisión una fibra óptica:

Ancho de banda de operación de las fibras ópticas

- Fibra óptica multimodo de perfil escalón: <200 Mhz
- Fibra óptica multimodo de perfil gradual: 200 Mhz a 1 Ghz

Tipo de fuentes a utilizar

- LED: Dispersión grande, amplio ancho espectral
- LASER: Dispersión pequeña, estrecho ancho espectral

Tipo de detector a utilizar PIN o APD

El sistema de recepción de las señales ópticas con fotodetectores APD es más costoso que con los fotodiodos PIN

Modulación

La gran mayoría de los sistemas de comunicación con fibra óptica utilizan modulación digital, sin embargo, algunos sistemas modulan la información de manera analógica; todo depende de los requisitos particulares de los equipos extremos de la red.

Distancia entre la fuente y el receptor

Está definida por la ruta que debe seguir el cable para unir ambos sitios

2. Procedimiento para el diseño

El diseño se fundamenta básicamente en hallar la potencia mínima del transmisor (fuente), para así entrar a seleccionar el dispositivo adecuado para el sistema, ya sea LED o LASER, utilizando para ello la siguiente fórmula:

$$P_{\min}(\text{Tx}) = P(\text{Rx}) + A + AM$$

Donde:

- $P(\text{RX})$ = Es la potencia óptica que requiere el receptor
- A = Es la atenuación total del sistema.
- AM = Es la atenuación por margen de degradación del sistema

El procedimiento para el diseño es el siguiente:

1. Determinar la potencia óptica requerida (dBm) en el receptor:

Esta se obtiene de la figura 2.21 en la que se relaciona el margen potencia de transmisión (dBm), con la ruta de transmisión (Mbit/seg).

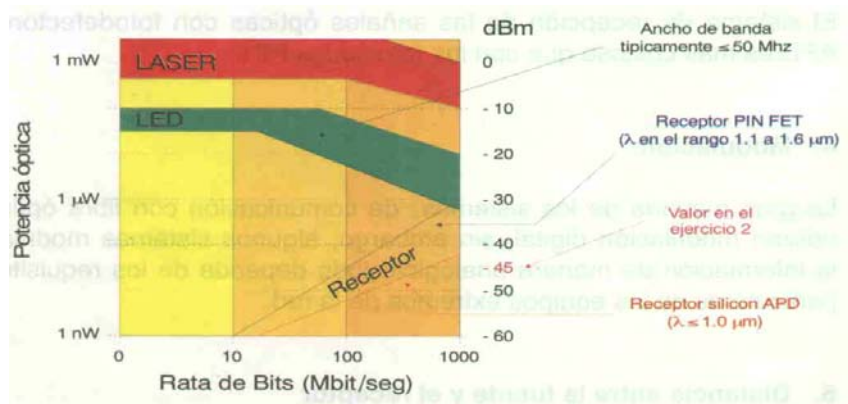


Figura 2.21.- Relación entre dBm y Mbit/seg

2. Calcular atenuación total del sistema (A)

$$A = A_F + A_E + A_C + A_I$$

Donde:

- A_F = Es la atenuación de la fibra óptica (dB/Km)
- A_E = Es la atenuación debida a los empalmes
- A_C = Es la atenuación debida a los conectores pigtail
- A_I = Es la atenuación total por inserción (Tx + Rx)

3. Determinar la atenuación por margen de degradación tanto de la fuente como del receptor (A_M).

Los siguientes son los valores más típicos que se deben tener en cuenta, para determinar las atenuaciones de que hablan los numerales 2 y 3:

Atenuación en la fibra (A_F):

Fibra multimodo 62.5/125 μm

- $\lambda = 850$ nm Atenuación = 4dB/Km
- $\lambda = 1.300$ nm Atenuación = 2dB/Km

Fibra monomodo 9/125 μm

- $\lambda = 1.300 \text{ nm}$ Atenuación = 0.5dB/Km
- $\lambda = 1.550 \text{ nm}$ Atenuación = 0.2dB/Km

Atenuación por empalmes (AE):

Normalmente, y con la tecnología de empalmería actual, la atenuación en cada empalme de fibra óptica es de 0.2 dB.

Atenuación por empalmes (AC):

- La atenuación al receptor es de 3.5 dB.

Atenuación por inserción en el transmisor (Ai):

- Atenuación por inserción del LED=15 dB
- Atenuación por inserción del LD= 3 dB
- La atenuación por inserción en el receptor es despreciable, $\approx 0 \text{ dB}$.

Atenuación por margen de degradación (AM)

- La atenuación por margen de degradación de todo el sistema, es de 5.0 dB

t) TÉCNICAS DE TENDIDO DE CABLE DE FIBRA ÓPTICA

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 se va a realizar el tendido de cable.

Básicamente existen dos tipos de tendidos: tendidos en interiores y tendidos en exteriores. Dentro de los tendidos en exteriores se diferencian en:

- Tendidos en canalización exterior
- Tendidos en fachada
- Tendidos aéreos
- Tendidos subterráneos

Pero independientemente del método de tendido que se emplea se debe mantener las siguientes indicaciones generales.

- Se tiene que tratar que exista el mínimo de radio de curvatura del cable de fibra óptica a instalar.
- La bobina se debe de colocar suspendida sobre gatos o grúa, de manera que pueda girar libremente y de forma que el cable salga de la bobina por su parte superior.
- La tracción del cable debe de realizarse en el sentido de su generatriz, de esta manera no se ha de doblar el cable para obtener mejor apoyo durante su tendido.
- El cable debe quedar correctamente sujeto e inmovilizado. Para ello se utilizan sistemas de fijación adecuados, bien atornillables, sujetos con tirafondos o abrazaderas, no debiendo en ningún caso alterar las propiedades de las fibras permitiendo la dilatación de la fibra instalada.

El presente proyecto se basa en la técnica de microzanjado y en el tendido por fachada llegando de esta manera al cliente.

u) MICROZANJADO

1) Método del microzanjado (urbano e interurbano)

Este método es utilizado para atravesar todas aquellas vías o carreteras asfálticas que se intercepten en la trayectoria del enlace de fibra. Se deben exceptuar aquellas vías o carreteras nacionales, las cuales deben ser atravesadas utilizando técnicas de perforación direccional para la instalación del cable. Consiste en abrir una zanja para alojar el cable en el fondo de la misma. Se realiza un corte en el asfalto y al mismo tiempo la excavación en la base del pavimento mediante el uso de una sierra cortadora metálica, que esta montada sobre un tractor de oruga con tejas planas como se muestra en la figura 2.22.



Figura 2.22.- Máquina zanjadora de disco

El ancho de la zanja debe ser de 15cm a 20cm y tener una profundidad de 60cm a 80cm, si en el recorrido de excavación se presenta otro servicio, la altura de la zanja variará y el cable se colocará según sus normas, las tuberías a utilizar.

La red directamente enterrada mediante microzanja usa subductos (mono, sub o triductos), los mismos que son guiados por una tubería de PVC y dentro de esos ductos se pasa la fibra. La tubería de PVC (figura 2.23) va directamente enterrada en la zanja. Esto implica el uso de marcadores electrónicos, cámaras de paso y cinta de advertencia. Se usa fibra óptica monomodo interurbana y para el paso de la fibra se puede usar jalado o soplado.

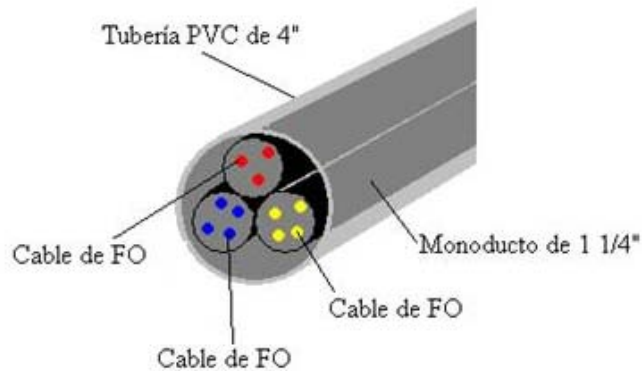


Figura 2.23.- Ducto PVC

2) Ventajas del Microzanjado

- Eficiencia: Al reducir el espacio desperdiciado del ducto, la microtecnología nos permite la máxima utilización de las actuales y futuras infraestructuras en comunicación.

- Mejora de la rentabilidad: Permite la máxima rentabilidad y mayor retorno de la inversión por todos los clientes actuales o futuros gastos de derecho de vía.
- Versatilidad: La tecnología está cambiando constantemente; por lo que, sólo instalando las fibras que se necesitan hoy en día se tiene la oportunidad de utilizar lo último en fibra ya que la tecnología está disponible.
- Expansión de la Red: Al colocar varios microductos en los ductos más grandes vacíos (o algunos microductos dentro de ductos ocupados), las preocupaciones de futuras expansiones se resuelven.
- Rapidez en la instalación: la microtecnología permite instalaciones más rápidas, reduciendo nuevamente los costos de instalación global al cliente.

v) PROCEDIMIENTO PARA LA INSTALACIÓN DE CABLES DE FIBRA ÓPTICA ENTERRADOS EN ZONAS URBANAS E INTERURBANAS

El procedimiento de instalación del cable de fibra óptica es similar en varios aspectos al de cable multipar, no obstante hay técnicas asociadas a las propiedades y características del cable de fibra óptica a considerar tales como:

Antes de comenzar con el tendido del cable de fibra óptica se debe planificar el trabajo y revisar los planos del proyecto, confirmando rutas y detalles de la instalación de los subductos y el cable de fibra.

Antes de proceder al tendido del cable de fibra óptica, se deben prever los materiales, equipos y dispositivos de seguridad y prevención con el fin de evitar accidentes, garantizar el paso de peatones y el tránsito de vehículos.

Los carretes de cables deben moverse en tramos cortos durante el tendido y se deben girar según lo indica la flecha marcada en los laterales, no deben dejarse caer de alturas ni colocarlos en forma horizontal, mantenerlos bien protegidos antes de iniciar los trabajos de tendidos y así mismo cada carrete deberá tener un número que indique su posición a lo largo del tendido.

La torsión y tensión máxima aplicadas a los tendidos en forma mecánica deben ser controladas con el dinamómetro para evitar que se excedan los valores permitidos.

Se deben mantener los valores mínimos de radios de curvatura (20 veces el diámetro del cable) y de máxima tensión para evitar modificaciones en la capacidad de transmisión y de no degradar las características propias del cable.

Colocar una conexión de puesta a tierra de 25 ohms o menos y equipotenciar el cable en todos sus puntos de empalme.

Cada pieza de cable (largo corte) tendrá una longitud correspondiente a la distancia real, incluyendo un exceso de 10 metros por cada extremo del cable para el acomodo, pruebas y empalmes en los tanques, para facilitar los trabajos dentro de los mismos y hacer los cambios necesarios de ubicación y fijación de los cables y subductos existentes.

Una vez tendido, acomodado y fijado el cable de fibra óptica, se deben realizar las pruebas eléctricas y sellar cada extremo del cable para evitar la penetración de la humedad.

El procedimiento de instalación del cable de fibra debe finalizar con la entrega de protocolo de mediciones, planos actualizados de ubicación, rutas y empalmes del proyecto.

1. Levantamiento de la ruta

Previo a la construcción de la obra de instalación del cable de F.O. la empresa debe enviar una comunicación con los planos de la ruta a los organismos correspondientes: Empresa Eléctrica, Empresa municipal del agua potable y alcantarillado de la ciudad; donde se les india la ruta del proyecto de fibra óptica y a la vez se les solicita a ellos los planos de la ruta, distancias, profundidades y ubicación de los servicios por ellos suministrados.

2. Medidas de seguridad

En las obras de tendido de cable de fibra se realizan una serie de actividades que implican riesgos a personal de obra y a terceros, especialmente en vías de circulación de vehículos; estas actividades son: excavaciones, movimiento de maquinarias, trabajos en altura, desmonte, tala mediana, acceso a tanques, etc. De allí la importancia de garantizar el cumplimiento de las normas de seguridad, cuyo objetivo primordial es prevenir accidentes. A continuación se describen un conjunto de normas de seguridad industrial fundamentales como:

- Delimitar con señales visibles, como son barreras con rayas amarillas y negras a 500 metros antes de la obra y la señal más cercana a 150 metros de la misma, las señales adicionales con intervalos de 150 a 300 metros. En caso de vías de alta velocidad, se aumenta la distancia de la señal a 800 metros.
- En zonas curvas se colocan semáforos a 80 metros del sitio de trabajo, además se utilizan avisos y banderas en los extremos para el control del tráfico. Este personal será identificado con chalecos llamativos y banderolas de color rojo. En caso de lluvia utilizaran impermeables de color amarillo.
- El personal de los extremos que controla el tránsito debe tener equipos de radio para comunicarse.
- Una norma fundamental en el proceso de seguridad es la señalización, la cual previene, evita accidentes y mayores molestias a trabajadores y usuarios en el tiempo en el cual se ejecutan los trabajos. Las señales a utilizarse son:
 - Mecheros: fijos y a base de combustible.
 - Banderolas: en movimiento manipulado por bandereros.
 - Conos: fijos y de color naranja.
 - Semáforos: a 80 metros de las obras e intermitentes.
 - Tambores: pipotes metálicos de color negro y naranja.
 - Barreras: pintura reflectante negra y naranja.
 - Iluminación y reflectorización: señal en horas nocturnas.
 - Señales de mensajes: Son letreros de reducción de velocidad, desvío vial y señal final de zona de trabajo.

El contratista en coordinación con la empresa debe presentar e implementar un plan de seguridad industrial para la ejecución de los trabajos que garantice condiciones de trabajo seguras y saludables para los usuarios y trabajadores, además de velar por el cumplimiento de las normas.

w) PRUEBAS MECÁNICAS SOBRE UN CABLE ÓPTICO

A objeto de evaluar el desempeño de un cable óptico frente a las distintas sollicitaciones mecánicas, los fabricantes y usuarios de cables ópticos han desarrollado una serie de ensayos que tratan de imitar las condiciones de trabajo a las que se enfrenta el cable durante la instalación y su operación.

Se indicarán las más importantes

1. Prueba de tensión

El objeto es verificar el comportamiento del cable para las condiciones de instalación y determinar cual es la máxima tensión a la cual puede ser sometido, sin que se afecten las propiedades de transmisión de la fibra y/o se verifiquen la ruptura.

2. Prueba de compresión

Se efectúa para establecer el comportamiento de un cable óptico cuando se vé sometido a un esfuerzo de compresión.

Se busca simular la situación durante la instalación si el cable es aplastado se coloca la muestra del cable entre dos placas metálicas evitando que exista movimientos laterales y se aplica la carga gradualmente hasta que se detecte la rotura y/o variación de atenuación de una fibra.

3. Prueba de impacto

Determina el comportamiento del cable óptico cuando recibe un impacto localizado en un área pequeña, tal como sucede cuando durante la instalación o manipuleo del cable cae sobre éste un objeto como una herramienta. El ensayo se efectúa aplicando una carga hasta verificar la rotura de una fibra.

4. Prueba de doblado

Establece el comportamiento del cable óptico cuando se le somete a sucesivos doblajes, situación presentada normalmente en las maniobras de instalación.

El ensayo consiste en plegar alrededor de un mandril de diámetro 20 veces mayor al del cable un número determinado de veces, verificando luego que no se haya dañado ninguna fibra ni la vaina del cable.

5. Prueba de torsión

Consiste en verificar el comportamiento del cable al ser sometido a una torsión sobre su propio eje, situación probable también durante la instalación.

Para ello se toma una muestra, se la fija por un extremo y luego se la hace rotar 180 grados en los dos sentidos. Finalizada la prueba se verifica que las fibras no estén dañadas.

2.4 HIPOTESIS

El diseño de la red de fibra óptica mediante la técnica de microzanjado permitirá que la empresa TELCONET cuente con su propia infraestructura o canalización de triductos por las calles principales del centro de la ciudad de Ambato, para tender o llevar los cables de Fibra óptica que en la actualidad se encuentran colgados por los postes de la Empresa Eléctrica.

2.5 VARIABLES

2.5.1 Variable Independiente

Estudio y diseño de la red de fibra óptica mediante la técnica de microzanjado

2.5.2 Variable Dependiente

Centro de la ciudad de Ambato.

CAPITULO III

METODOLOGIA

3.1 Enfoque

El estudio y diseño de la red de fibra óptica mediante la técnica de microzanjado para la empresa TELCONET S.A. en el centro de la ciudad de Ambato estuvo bajo el paradigma cuali-cuantitativo debido a que se buscó dar solución al problema planteado en el Capítulo I recabando información necesaria en el lugar de los hechos, para beneficiar de esta manera a la empresa TELCONET zona Ambato y a sus clientes.

3.2 Modalidad básica de la información

La presente investigación se contextualizó en la modalidad de campo ya que se tuvo contacto directo con los hechos del problema, lo cual permitió analizar el problema enfocándose en los objetivos planteados; y también bibliográfica, ya que para levantar el marco teórico que sustenta este trabajo se basó en libros y en varias páginas de INTERNET.

3.3 Nivel o tipo de investigación

La investigación partió con el nivel exploratorio permitiendo reconocer el sector del problema, la ruta de la red de fibra óptica actual y la ubicación de los clientes de fibra óptica y de radio enlaces actuales en el centro de la ciudad de Ambato, concluyendo de esta manera las causas del problema.

Luego se utilizó el nivel descriptivo para detallar la causa y efecto del problema ¿Cuándo se inicio?, ¿Cómo se inicio?, ¿A quienes afecta?, etc. Estableciendo relaciones de causa y efecto entre la variable dependiente e independiente. Llegando de esta manera al nivel explicativo con la comprobación de la hipótesis.

3.4 Población y muestra

3.4.1 Población

Para el presente proyecto estudiado la población fueron los ciudadanos del centro de la ciudad de Ambato.

3.4.2 Muestra

Como la población a investigarse es grande, la muestra a considerar fue de 50 personas entre ellos dueños de edificios, centros comerciales, peatones, conductores, empleados de las empresas que son clientes de la empresa TELCONET.

3.4.3 Determinación del tamaño de la muestra

Para la determinación del tamaño de la muestra de los ciudadanos del centro de la ciudad de Ambato se dispone de la siguiente fórmula matemática.

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

Donde:

- n= Tamaño de la muestra de la población del centro de Ambato
- N= población del centro de Ambato =200 personas
- E^2 = Error=0.1507

Para el estudio del presente proyecto la población del centro de la ciudad de Ambato (N) esta considerada de acuerdo al número de clientes vigentes y pretendidos futuros clientes, siendo tomados en cuenta usuarios corporativos, institucionales, cybers, isp's, etc.

$$n = \frac{200}{0.1507(200 - 1) + 1} = 49$$

3.5 Plan de recolección de Información

La recolección de información se realizó mediante la técnica de encuesta, las mismas que fueron diseñadas y aplicadas a los ciudadanos dueños de residencias, de locales comerciales, taxistas, peatones, empleados de empresas, etc. Del centro de la ciudad de Ambato. En donde las personas encuestadas respondieron por escrito y en secreto a las preguntas compuestas desde la operacionalización de variables, esto fue en base a los ítems desprendidos de los indicadores, mismos que se desglosan de la conceptualización de las variables.

Para la ejecución de las encuestas, nos ayudamos de un cuestionario formulado con anterioridad el cual contiene diez preguntas directas dirigidas a los individuos del centro de la ciudad de Ambato.

Es oportuno indicar que los instrumentos de recolección de información fueron evaluados y reestructurados, previa su aplicación definitiva.

Técnica => Encuesta

Instrumento => Cuestionario

3.5.1 Formato de la técnica de recolección de información

Para la recolección de información para la presente investigación se realizó la siguiente encuesta la misma que fue dirigida a los ciudadanos del centro de la ciudad de Ambato.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL

CARRERA DE ELECTRÓNICA Y COMUNICACIONES

La presente encuesta está dirigida a los ciudadanos de la ciudad de Ambato a fin de recolectar información necesaria sobre la red de fibra óptica actual y futura en el centro de la ciudad de Ambato; esta investigación se orienta exclusivamente a un trabajo investigativo para proporcionar las mejores alternativas de solución. Los datos de la encuesta son personales, secretos y de uso exclusivo del encuestador. Sírvase a contestar de forma verídica marcando con una o más (X) a las siguientes preguntas

1. ¿Esta de acuerdo usted que los postes del centro de la ciudad están sobrecargados de cables?

Si ()

No ()

Porque:.....

2. ¿Está usted de acuerdo que empresas como CNT, Empresa Eléctrica, TELCONET, etc. Siguen tendiendo cables por los postes y paredes de los edificios?

Si ()

No ()

Porque:.....

3. ¿Cree usted que las empresas que tienden los cables por la ciudad deberían preocuparse más por la estética de la misma y buscar nuevas alternativas para que no se encuentren estos cables causando peligro a la ciudadanía?

Si ()

No ()

Porque:.....

4. ¿Usted permitiría que los cables sean tendidos por la fachada de su edificio, vivienda o local comercial?

Si ()

No ()

Porque:.....

5. ¿Si los cables se reubicaran cree usted que sería un avance estético para nuestra ciudad?

Si ()

No ()

Porque:.....

6. ¿Esta de acuerdo con que se retiren todos los postes del centro de la ciudad de Ambato?

Si ()

No ()

Porque:.....

7. ¿Estaría usted de acuerdo que todos los cables aéreos sean llevados por ducterías subterráneas?

Si ()

No ()

Porque:.....

8. ¿Conoce usted de los servicios de telecomunicaciones que brinda la empresa TELCONET al Ecuador?

Si ()

No ()

Porque:.....

9. ¿Ha escuchado usted de los beneficios que tiene la fibra óptica en cuanto a servicios de telecomunicaciones?

Si ()

No ()

Porque:.....

10. ¿Si usted es cliente de TELCONET, que opina del servicio que brinda la misma?

Muy buena ()

Buena ()

Regular ()

Mala ()

Gracias por su colaboración.

3.6 Plan de Procesamiento de la Información

Una vez aplicadas las encuestas a los ciudadanos se procedió con la tabulación de los datos utilizando el método estadístico lo que permitió obtener una respuesta eficiente, transfigurando los datos numéricos generales en cuadros tabulados los mismos que se convierten en representaciones gráficas de tipo circular para cada una de las preguntas planteadas a fin de facilitar la interpretación de los resultados. Los datos expuestos en tablas y gráficas son congruentes y soportan las respuestas del cuestionario.

Acto seguido se procedió al análisis integral, enriquecido gracias a las respuestas obtenidas de cada una de las preguntas planteadas en las encuestas.

A continuación se efectuó la estructuración de conclusiones y recomendaciones en base a la propuesta lógica y factible planteada en el Capítulo I, que permitieron participar proactivamente en la solución o minimización de la problemática planteada.

Finalmente, como parte medular de la investigación crítica propositiva, se estructuró una propuesta pertinente al tema de investigación.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1 Interpretación de Datos

En el análisis de los datos obtenidos como resultados, lo detallamos como datos estadísticos solamente indicando las relaciones numérico-matemáticas convenientes entre las respuestas de cada pregunta con las variables que se investigan.

En lo que tiene que ver la interpretación de los resultados el criterio del investigador se sustentó en base al análisis matemático y apoyado en la las respuestas de los encuestados.

4.1.1 Encuesta dirigida a los ciudadanos del centro de la Ciudad de Ambato

La presente encuesta fue dirigida a los ciudadanos del centro de la ciudad de Ambato a fin de recolectar información necesaria para sustentar la presente investigación.

4.1.1.1 Pregunta 1

¿Esta de acuerdo usted que los postes del centro de la ciudad están sobresaturados de cables?

Alternativas	Respuestas	Porcentaje (%)
SI	42	84
NO	8	16
Total	50	100

Tabla 4.1: Pregunta 01

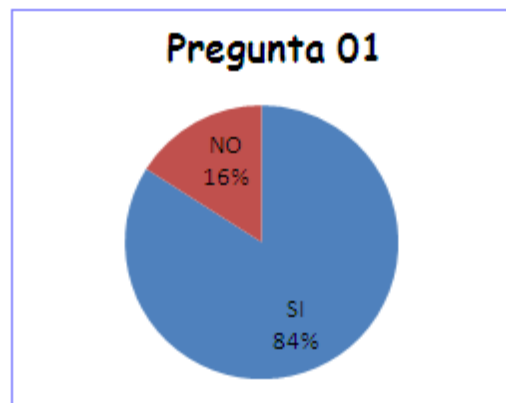


Figura 4.1: Pregunta 01

En función de los datos obtenidos y mostrados en la tabla 4.1 y figura 4.1 el 84% de los ciudadanos encuestados afirmaron que los postes del centro de la ciudad de Ambato hoy en día se encuentran sobresaturados de cables; y un 16% responde que no esta de acuerdo.

La maraña de cables que se encuentran amarrados o colgados en los postes del centro de la ciudad causa un impacto visual e inclusive es un peligro para los ciudadanos ya que en caso de un choque todos estos cables quedarían colgados o tirados por el suelo provocando un accidente de tráfico o golpeando a los transeúntes, para evitar este problema es necesario que los responsables de las empresas de telecomunicaciones junto con el Municipio de Ambato tomen la decisión de reubicar los cables mediante canalizaciones.

4.1.1.2 Pregunta 2

¿Está usted de acuerdo que empresas como CNT, Empresa Eléctrica, Telconet, etc. Sigam tendiendo cables por los postes y paredes de los edificios?.

Alternativas	Respuestas	Porcentaje (%)
SI	10	20
NO	40	80
Total	50	100

Tabla 4.2: Pregunta 02

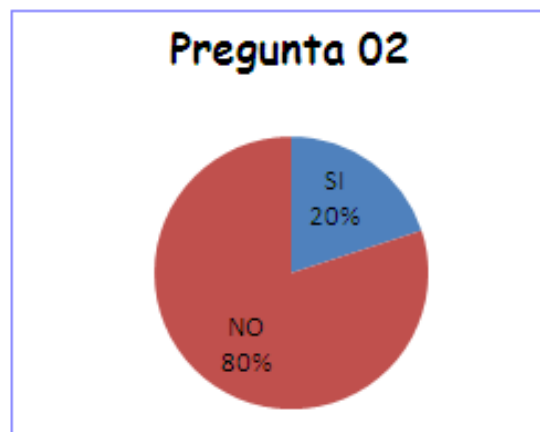


Figura 4.2: Pregunta 02

Mediante los datos obtenidos y mostrados tanto en la tabla 4.2 como en la figura 4.2 el 80% de los ciudadanos no están de acuerdo con que se sigan tendiendo los cables por los postes del centro de la ciudad de Ambato por lo molesto y el mal aspecto que se ve al estar cruzados los cables de un lado a otro formando una tela araña sobre las vías, y el 20% responde estar de acuerdo pero a la vez opinaban que sería una buena opción que el Municipio tome decisiones al respecto evitando que sigan colocando más cables en los postes.

4.1.1.3 Pregunta 3

¿Cree usted que las empresas que tienden los cables por la ciudad deberían preocuparse más por la estética de la misma y buscar nuevas alternativas para que no se encuentren estos cables causando peligro a la ciudadanía?

Alternativas	Respuestas	Porcentaje (%)
SI	50	100
NO	0	0
Total	50	100

Tabla 4.3: Pregunta 03

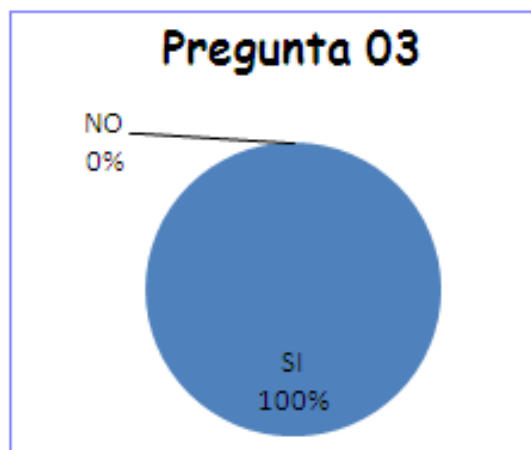


Figura 4.3: Pregunta 03

En base a los datos obtenidos y expuestos en la tabla 4.3 y figura 4.3 se refleja que un 100% de las personas encuestadas responden que las empresas de telecomunicaciones deberían buscar otra opción de tendido de los cables como por ejemplo por ducterías subterráneas individuales para cada empresa con su respectiva identificación, aportando de esta manera con la estética del centro de la ciudad de Ambato

4.1.1.4 Pregunta 4

¿Usted permitiría que los cables sean tendidos por la fachada de su edificio, vivienda o local comercial?

Alternativas	Respuestas	Porcentaje (%)
SI	15	30
NO	35	70
Total	50	100

Tabla 4.4: Pregunta 04

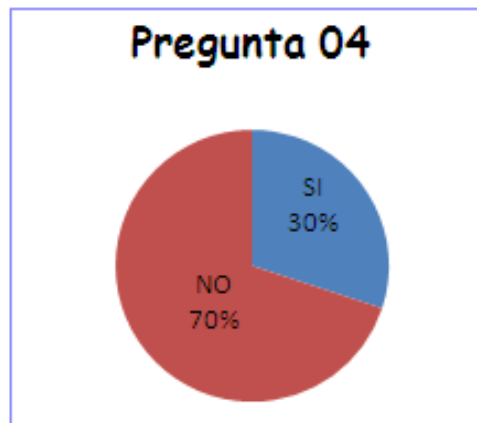


Figura 4.4: Pregunta 04

En base a la tabla 4.4 y figura 4.4 el 70% respondió que no esta de acuerdo con que se sigan tendiendo los cables por las fachadas de los edificios sin obtener ningún beneficio y el 30% contesta estar de acuerdo ya que no existe por el momento otra opción de tendido.

4.1.1.5 Pregunta 5

¿Si los cables se reubicaran cree usted que sería un avance estético para nuestra ciudad?

Alternativas	Respuestas	Porcentaje (%)
SI	38	76
NO	12	24
Total	50	100

Tabla 4.5: Pregunta 05

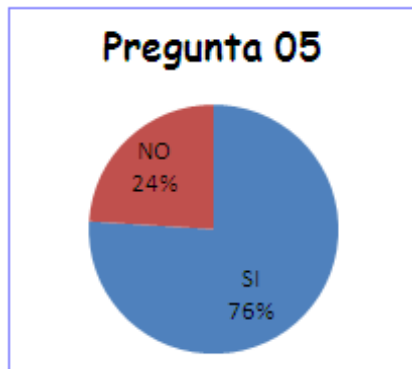


Figura 4.5: Pregunta 05

En base a los resultados mostrados en la tabla 4.5 y figura 4.5 se observa que un 76% de las personas encuestadas consideran que si sería un gran avance para el embellecimiento de la ciudad de Ambato; un 24% consideran que no sería un avance para la misma.

4.1.1.6 Pregunta 6

¿Esta de acuerdo con que se retiren todos los postes del centro de la ciudad de Ambato?

Alternativas	Respuestas	Porcentaje (%)
SI	28	56
NO	22	44
Total	50	100

Tabla 4.6: Pregunta 06

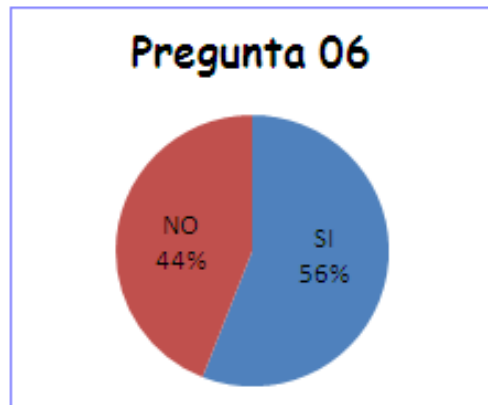


Figura 4.6: Pregunta 06

De los resultados obtenidos y mostrados en la tabla 4.6 y figura 4.6 se deduce que el 56% está de acuerdo con el retiro de los postes del centro de la ciudad de Ambato; el 44% responde no estar de acuerdo.

Algunos postes de hormigón tienen años de estar plantados y por los factores ambientales se han deteriorado siendo un peligro para los ciudadanos y vehículos que transitan por las calles y peor aun si se encuentran sobresaturados de cables, para ello sería necesario que los cables sean reubicados para que la Empresa Eléctrica proceda con el retiro de los postes especialmente del centro de la ciudad de Ambato.

4.1.1.7 Pregunta 7

¿Estaría usted de acuerdo que todos los cables aéreos sean llevados por ducterías subterráneas?

Alternativas	Respuestas	Porcentaje (%)
SI	44	88
NO	6	12
Total	50	100

Tabla 4.7: Pregunta 07

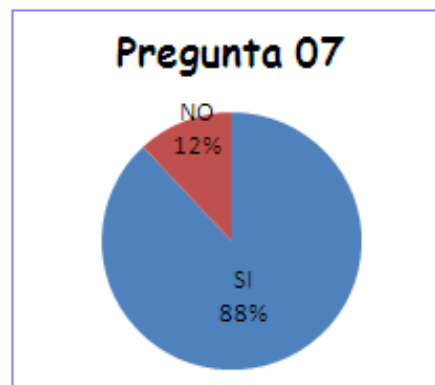


Figura 4.7: Pregunta 07

Según los resultados mostrados en la tabla 4.7 y figura 4.7 el 88% responde que si sería una buena opción que el tendido de cables sean llevados por ducterías subterráneas; el 12% dice que no.

Las ducterías subterráneas con protección ayudarían que los cables estén protegidos de los factores climáticos, y principalmente ya no existirían cortes de cables.

4.1.1.8 Pregunta 8

¿Conoce usted de los servicios de telecomunicaciones que brinda la empresa TELCONET al Ecuador?

Alternativas	Respuestas	Porcentaje (%)
SI	27	54
NO	23	46
Total	50	100

Tabla 4.8: Pregunta 08

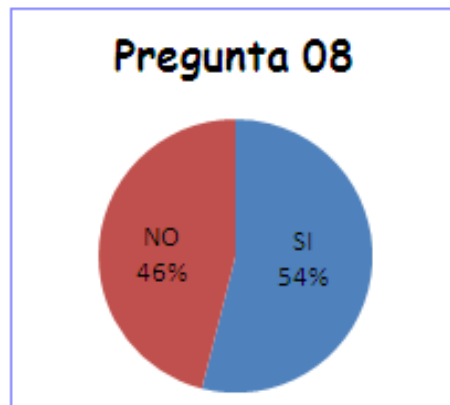


Figura 4.8: Pregunta 08

En función de los datos expresados en la tabla 4.8 y figura 4.8 se refleja que el 54% de los ciudadanos del centro de la ciudad de Ambato en especial del sector corporativo conoce de los servicios que brinda la empresa TELCONET en la ciudad de Ambato y en el país, el 46% no ha escuchado de la Empresa TELCONET.

4.1.1.9 Pregunta 9

¿Ha escuchado usted de los beneficios que tiene la fibra óptica en cuanto a servicios de telecomunicaciones?

Alternativas	Respuestas	Porcentaje (%)
SI	11	22
NO	39	78
Total	50	100

Tabla 4.9: Pregunta 09

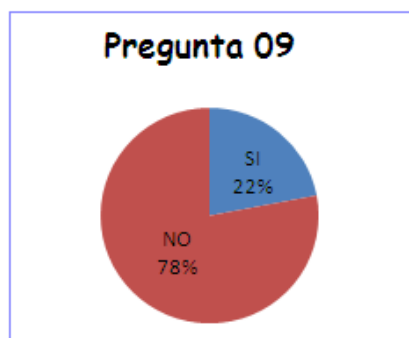


Figura 4.9: Pregunta 09

En base a los resultados mostrados en la tabla 4.9 y visualizados en la figura 4.9 el 78% de los ciudadanos encuestados responden que no tienen conocimiento de la fibra óptica y sus aplicaciones; y el 22% afirman que si han escuchado y conocen de sus aplicaciones.

4.1.1.10 Pregunta 10

¿Si usted es cliente de TELCONET, que opina del servicio que brinda la misma?

Alternativas	Respuestas	Porcentaje (%)
Muy buena	26	92,85714286
Buena	2	7,142857143
Regular	0	0
Mala	0	0
Total	28	100

Tabla 4.10: Pregunta 10

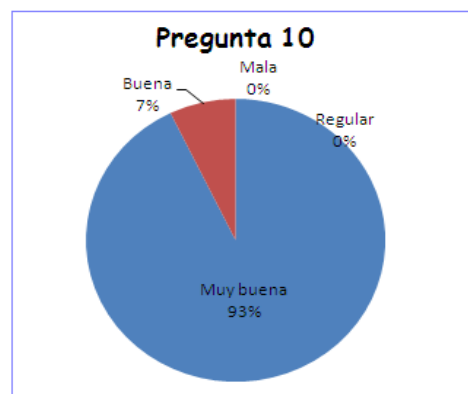


Figura 4.10: Pregunta 10

Según la tabla 4.10 y figura 4.10 se deduce que las personas que fueron encuestadas 28 personas pertenecen a empresas que son clientes de TELCONET; el 93% afirma que los servicios que brinda y ofrece la empresa (internet y transmisión de datos) son muy buenos y el 7% responde que no ya que ellos tienen el servicio con radio enlace y en ocasiones ha presentado problemas debido a interferencia que existe en el centro de la ciudad.

4.2 Verificación de la Hipótesis

Basándonos en los datos obtenidos en las encuestas realizadas a los ciudadanos del centro de la ciudad de Ambato se comprueba la hipótesis de manera contundente: “La técnica de microzanjado es una buena opción para rediseñar la red de fibra óptica actual en dicho sector de la ciudad de Ambato”.

La anterior comprobación la verificamos a expensas de los resultados que se observan en las gráficas correspondientes a las preguntas anteriores; por ejemplo en la pregunta 03 el 100% de ciudadanos pretenden que todas las empresas de telecomunicaciones busquen otra opción de tendido de los cables, en la gráfica de la pregunta 7 el 88% de los encuestados están de acuerdo que los cables se deben tender por ducterías subterráneas.

TELCONET para satisfacer las necesidades de los clientes actuales y futuros llevará sus cables por ducterías subterráneas utilizando la técnica de microzanjado.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- La fibra óptica utilizada como medio de transmisión en el transporte de información y datos, presenta una gran cantidad de ventajas tales como: gran ancho de banda, baja atenuación, inmunidad electromagnética y seguridad.
- La competitividad de los servicios de Telecomunicaciones actualmente se da a nivel mundial y nacional, ya que trae consigo la necesidad de disponer de una red escalable, adaptable, confiable y de gran capacidad como la del presente proyecto, con la cual se podrá ofrecer y brindar servicios a los clientes de la ciudad de Ambato de mejor calidad.
- La demanda de servicio de transmisión de datos e internet en la ciudad de Ambato crece día a día, esto se debe a los requerimientos de las instituciones corporativas, institucionales educativas, sector comercial, etc.
- La forma de tendido del cable de fibra óptica mediante microzanjado, es una de las opciones más recomendadas por diferentes razones, entre ellas; es mucho más sencilla frente a otras formas de tendido del cable, su tendido presenta menos curvaturas, y cortes de fibra garantizando de esta manera la confiabilidad y seguridad del servicio.

5.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar el diseño y seleccionar el tipo de cable de fibra óptica más apropiado para el diseño de la red, por ejemplo la fibra óptica de tipo mono modo ya que esta ofrece un ancho de banda mucho mayor así como también la velocidad de transmisión que sería de mucha utilidad para aquellas empresas cuya demanda de transportación de la información sea mayor.
- Es recomendable tomar en cuenta la descripción y características de los equipos (multiplexor-demultiplexor, router, switches) y materiales (conectores, empalmadoras, cable de fibra óptica, etc) que se van a utilizar en el enlace de fibra óptica ya que de ellos depende la confiabilidad del servicio.
- Para el diseño de la Red de Fibra Óptica mediante microzanjado se recomienda tomar en cuenta a los clientes actuales y futuros entre ellos los clientes que migrarían de radio enlaces a fibra óptica
- Explorar la ruta por la que se va a realizar el diseño de la red de fibra óptica mediante la técnica de microzanjado y analizar la ubicación de las cajas de distribución tomando en cuenta parámetros como la cantidad de clientes que se encuentren a su alrededor y la factibilidad de su instalación.

CAPÍTULO VI

PROPUESTA

6.1 Tema de la Propuesta

“Estudio y diseño de la red de fibra óptica mediante la técnica de microzanjado para la empresa TELCONET S.A. en el centro de la ciudad de Ambato”.

6.2 Datos Informativos

- Estudiante: María Violeta Miranda Pozo
- Tutor: Ingeniero Julio Cuji
- Decano: Ingeniero M.Sc. Oswaldo Paredes Ochoa
- Tutor de la empresa: Ingeniero Edison Terán

6.3 Antecedentes

TELCONET es una empresa que cuenta con la más avanzada tecnología de telecomunicaciones en el Ecuador, Proveedora de Servicios de Internet y Transmisión de datos a través de enlaces radiales, satelitales y de fibra óptica.

En la ciudad de Ambato la empresa TELCONET Ambato cuenta con su propia infraestructura de red de Fibra Óptica brindando así a los clientes un servicio alta calidad y confiabilidad en lo que se refiere a transmisión de datos o internet dedicado.

Realizada la investigación en el centro de la ciudad de Ambato se pudo observar, estudiar y analizar la situación actual de la red de fibra óptica con sus respectivos

nodos, mangas, reservas de cable de fibra óptica, acometidas hacia los clientes, etc.

También se analizó el tendido actual del cable de fibra, siendo un tendido aéreo haciendo uso de los postes de la Empresa Eléctrica Ambato S.A. y tendido por fachada es decir por las paredes de los edificios llegando de esta manera a los clientes (Ver figura 6.1)



Figura 6.1: Avenida Cevallos

Además por falta de postes la empresa TELCONET Ambato no ha podido dar servicio a varios clientes corporativos mediante fibra óptica sino por medio de radio enlaces los mismos que han causado muchos inconvenientes por la interferencia de frecuencias que existe especialmente en el centro de la ciudad de Ambato.

En la actualidad la EEASA ordenó que se retiren los postes en especial del centro de la ciudad con la finalidad de mejorar la estética de la misma; causando de esta manera grandes problemas ya que los cables de fibra óptica se quedan en el suelo o colgados siendo estropeados por los vehículos que transitan, cortando de esta manera el servicio a los clientes, además los propietarios de los edificios no permiten que los cables queden colgados o pegados en su pared; razón por la que las empresas como EEASA, CNT han optado por instalar su propia canalización o ductería, de esto nace la necesidad de diseñar la nueva red de Fibra óptica basada en la técnica de microzanjado, permitiendo a la Empresa TELCONET renovar su infraestructura de red.

6.4 Justificación

En base a varias alternativas de solución de dichas causas y efectos, la mejor solución, no siendo la única, es rediseñar la red de fibra óptica mediante la técnica de microzanjado siendo una excavación angosta que se realizará por las calles del centro de la ciudad de Ambato y en ella quedara tendido el cable de fibra óptica interurbana de 48 hilos con su respectiva protección, llegando de esta manera a las cajas de distribución que serán colocadas a cierta distancia dependiendo del número de clientes actuales y futuros que existan por el sector.

Con el diseño y futura implementación tanto la empresa TELCONET Ambato como los clientes se beneficiaran ya que los usuarios que poseen el servicio con radio enlace migrarán a fibra óptica, además de esta manera se aporta con la estética a la ciudad de Ambato ya que se retirarían todos los postes y no habría cables colgados dando un mal aspecto a la misma.

6.5 Objetivos

6.5.1 Objetivo General

Diseñar la red de fibra óptica mediante la técnica de microzanjado para la empresa TELCONET S.A. en el centro de la ciudad de Ambato.

6.5.2 Objetivos Específicos

- Analizar los requerimientos técnicos para el diseño de la red de fibra óptica.
- Analizar la mejor ruta para el diseño de Red de Fibra Óptica.
- Estimar la distancia de las cajas de distribución para la ubicación de las mismas.
- Diseñar la última milla para los clientes actuales tanto de fibra óptica como de enlaces de radio.

6.6 Análisis de factibilidad

Esta propuesta es posible y tiene la aceptación por parte de las autoridades de la empresa TELCONET S.A., puesto que sienten la necesidad de migrar la fibra

óptica aérea a subterránea mediante la implementación de microzanjado llegando a las cajas de distribución, y repartiendo a los clientes mediante un cable de fibra óptica especial de 2 hilos.

6.7 Metodología

a) Análisis de la Red actual de la ciudad de Ambato

En esta ciudad se dispone de 6 nodos ubicados en sitios estratégicos para poder proporcionar servicios a varios clientes a lo largo de la ciudad, estos son los siguientes:

- Nodo DWDM Ambato (principal).
- Nodo Mall de los Andes.
- Nodo Cevallos.
- Nodo Ficoa.
- Nodo Atahualpa
- Nodo Andes

Previamente se detalla cada uno de los nodos para ello es necesario aclarar que el backbone o anillo está alimentado por fibra óptica desde el Nodo Latacunga llegando al Nodo DWDM Ambato.

La forma de interconexión de cada uno de los respectivos nodos lo detallamos a continuación:

Empezando desde el nodo DWDM Ambato hacia el nodo Mall de los Andes por medio de fibra óptica urbana monomodo de 12 hilos utilizando equipos Transceiver que opera a una longitud de onda de 1310nm para la transmisión y 1550nm para recepción, conectados a un puerto del Switch CISCO Catalyst 3550 de 48 puertos ubicado en el nodo DWDM Ambato y llegando a dos Switch CISCO Catalyst 3550 de 24 puertos cada uno ubicado en el nodo DWDM Ambato.

A continuación la red se dirige al **Nodo Cevallos** (punto principal para el estudio del presente proyecto), del Nodo Cevallos al Nodo Ficoa, del Nodo Ficoa al Nodo

Atahualpa, del Nodo Atahualpa al Nodo Andes para culminar con el cierre del anillo, del Nodo Andes hacia el nodo DWDM Ambato; de igual forma se conectan mediante fibra óptica urbana monomodo de 12 hilos utilizando equipos Transceiver 1310nm y 1550nm para la transmisión y recepción respectivamente llegando a los Switch CISCO Catalyst 3550 de 48 puertos en cada uno de los nodos.

El diagrama lógico del enlace anteriormente detallado lo presentamos en la figura 6.2.

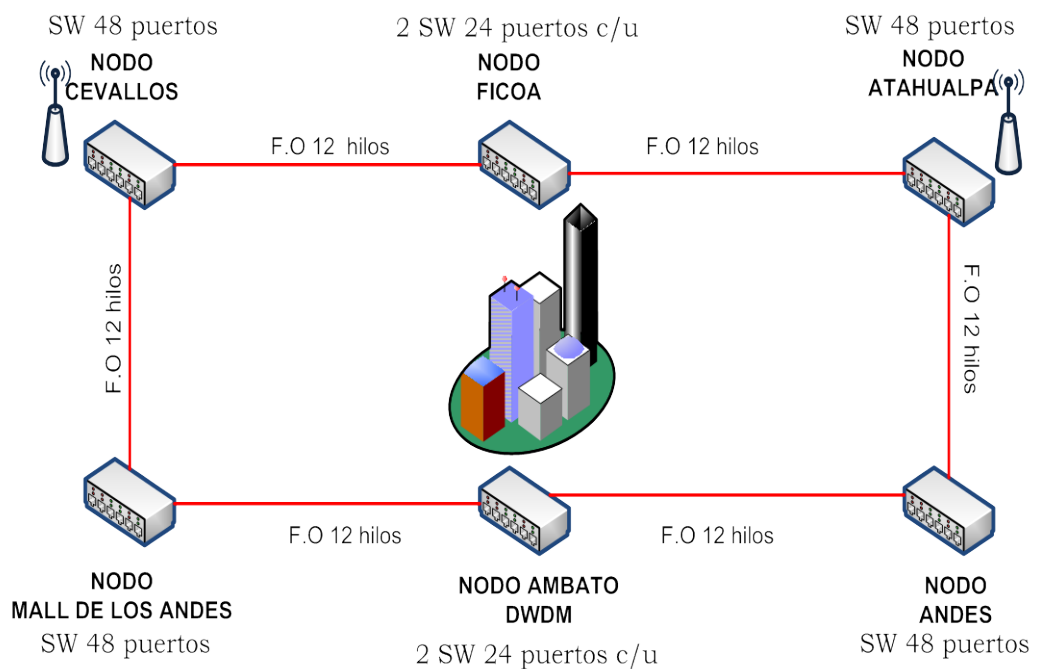


Fig.6.2. Distribución de nodos de Fibra Óptica en Ambato

1. Nodo DWDM Ambato.- Este nodo se rige como el nodo principal, ya que aquí se encuentran los equipos de interconexión con la red nacional de TELCONET S.A.

A continuación en la figura 6.3 presentamos los clientes que se encuentran anexados al presente nodo.

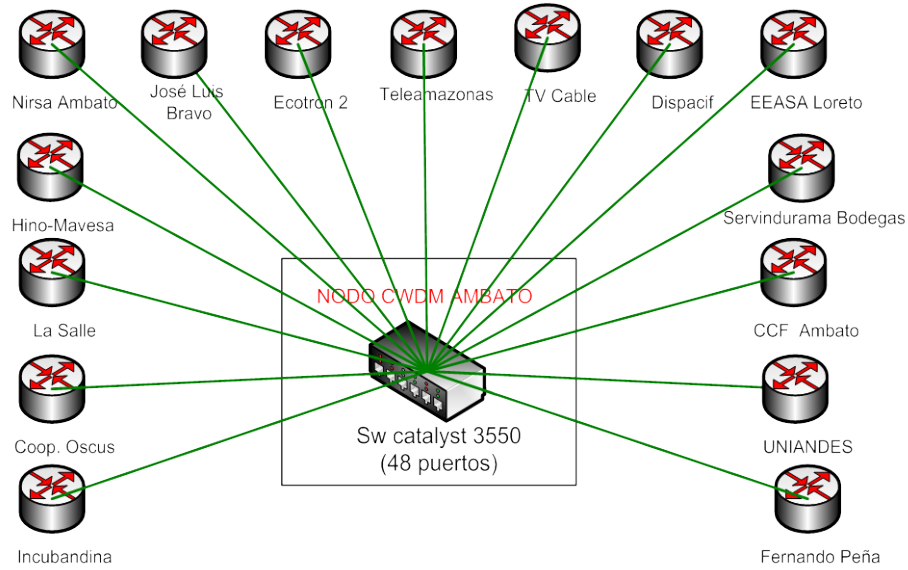


Figura 6.3: Clientes del Nodo DWDM Ambato

Nodo Ficoa.- Este nodo presenta conexiones solamente de fibra óptica urbana de 12 hilos como podemos observar en la figura 6.4.

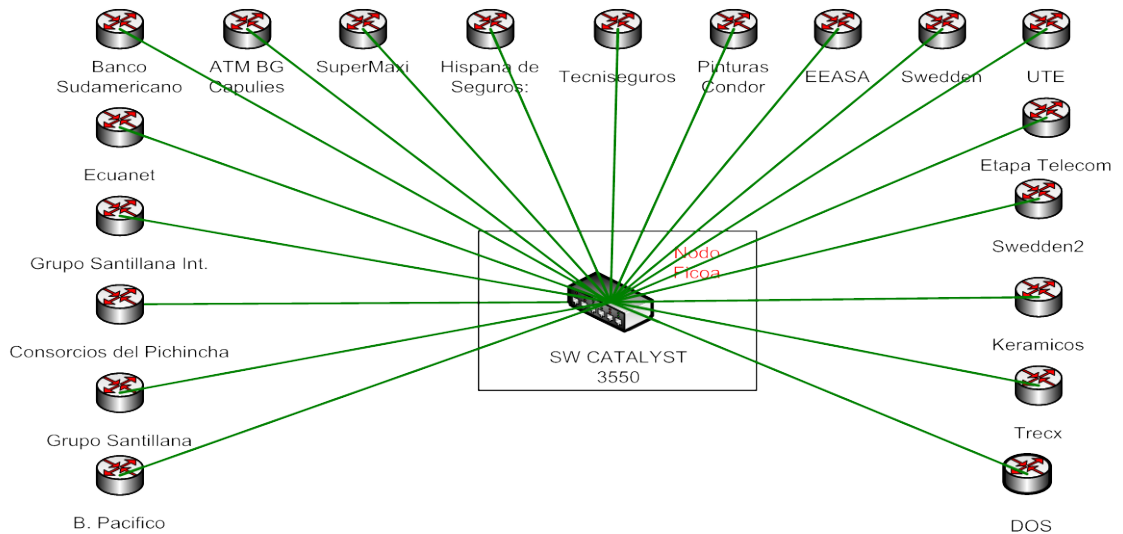


Figura 6.4: Clientes del Nodo Ficoa

Nodo Cevallos.- En este nodo también se presentan conexiones tanto de fibra óptica, como de radio enlaces como se puede observar en la figura 6.5.

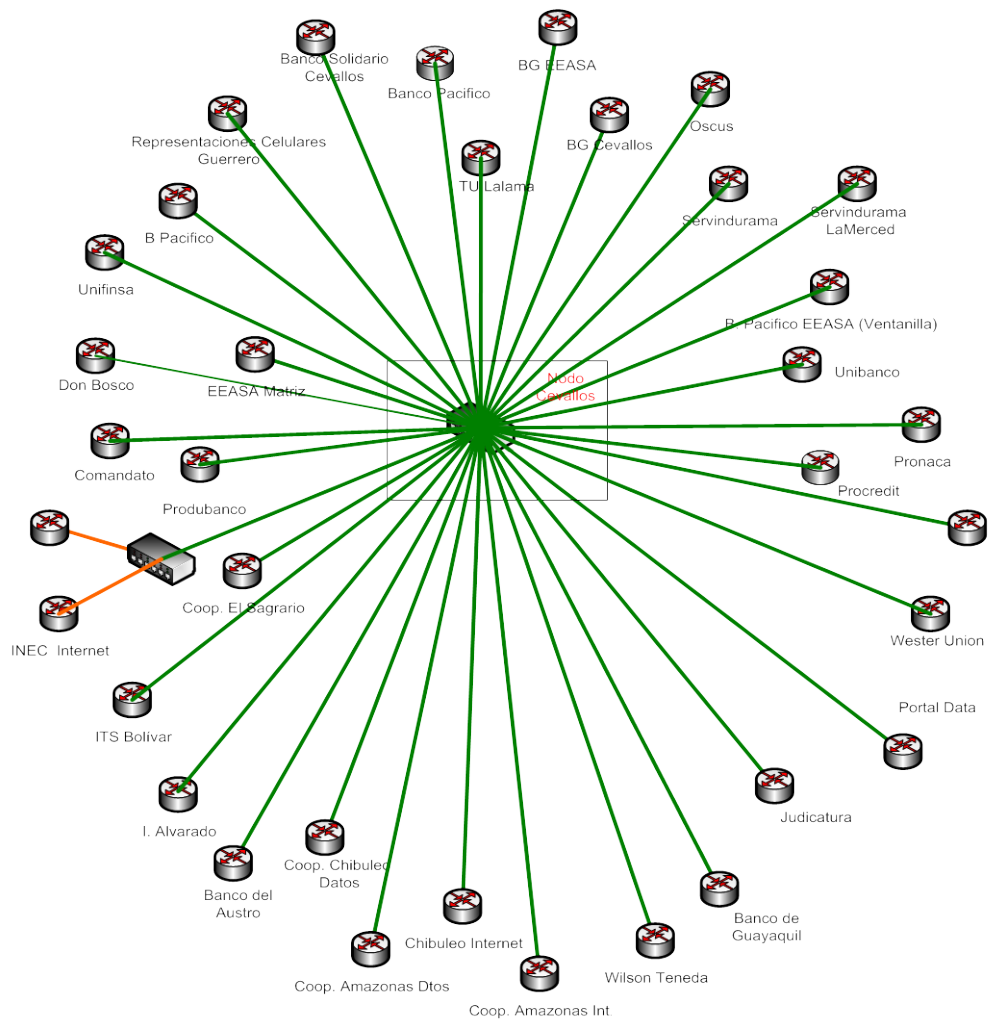


Figura 6.5: Clientes del Nodo Cevallos

Nodo Mall de los Andes.- Este nodo presenta conexiones solamente de fibra óptica como observamos en la figura 6.6.

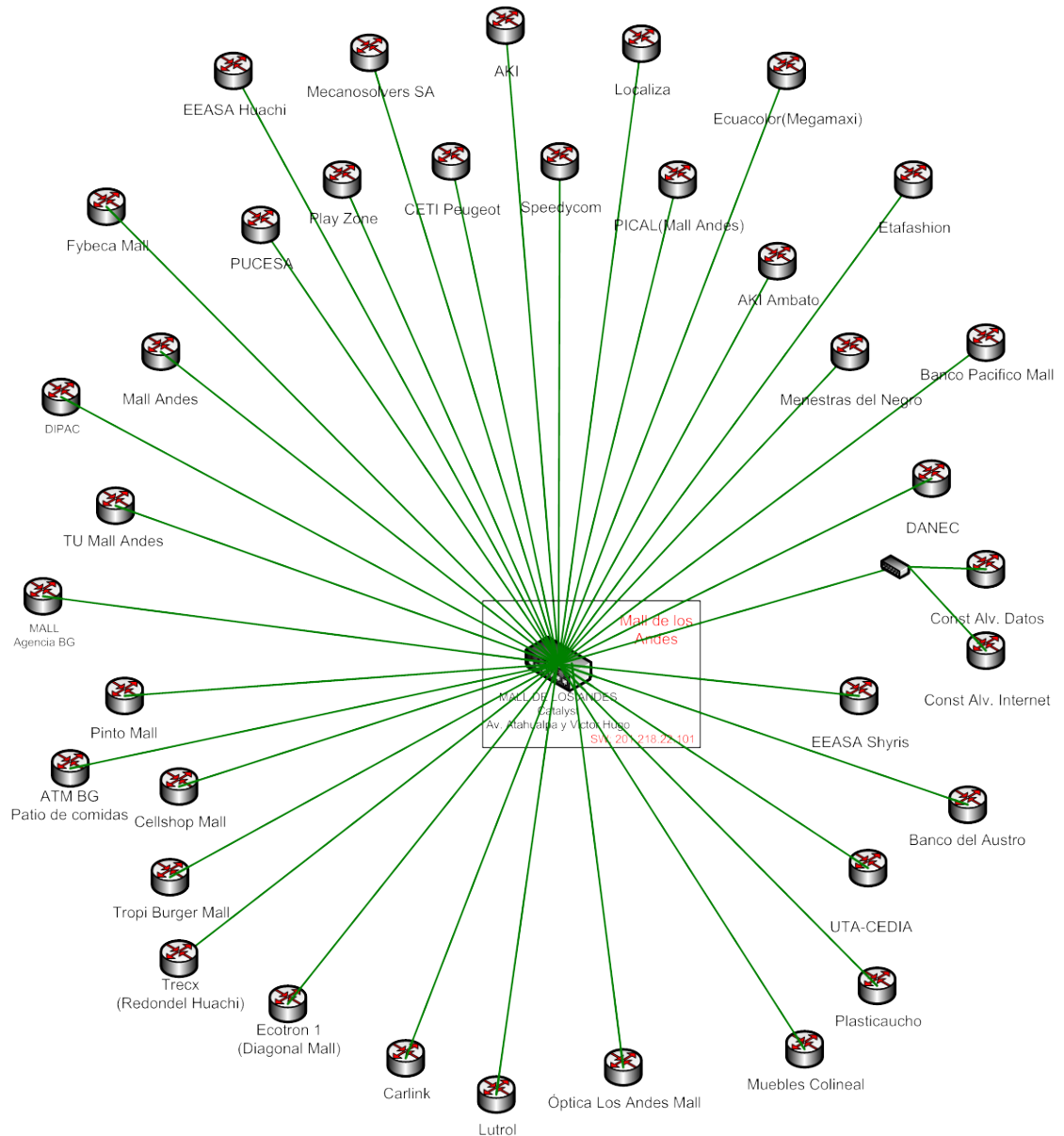


Figura 6.6: Clientes del Nodo Mall de los andes

Nodo Atahualpa.- Este nodo presenta conexiones tanto de fibra óptica, como de radio enlaces teniendo el Punto de Acceso de la ciudad con el que se da servicio hacia los clientes a través de un enlace a una frecuencia de 5.7GHz con equipos Motorola Canopy AP; a su vez, los clientes reciben el servicio con equipos Canopy SM (Subscriber Module) como un enlace de tipo punto – multipunto, también se tiene enlaces punto a punto.

Los clientes de radio enlaces están distribuidos por el centro de la ciudad los mismos que en un futuro migrarían a fibra óptica.

b) Requerimientos para el diseño de la red de Fibra Óptica basado en la técnica de microzanjado

Los requerimientos que se plantean para el diseño de la red de fibra óptica mediante microzanjado para el centro de la ciudad de Ambato son los siguientes:

- ✓ Se requiere un modelo de red, escalable y flexible, de manera que se pueda ir incrementando la capacidad de la red sin la necesidad de aumentar nuevos equipos y fibra óptica.
- ✓ La red debe ser capaz de manejar cualquier tipo de servicio, entre ellos tenemos: Ethernet, GigabitEthernet, SONET/SDH, TDM, ATM.
- ✓ La red propuesta debe captar la mayor cantidad de aplicaciones actuales y futuras de los usuarios, por ejemplo: datos, voz, video, servicios de vpn, video conferencia, Ipv6, etc. Brindando servicio a diferentes sectores, por ejemplo: sector bancario, sector comercial, educativo, industrial, público, etc.
- ✓ Los equipos de conmutación que se emplearán en la red óptica deben manejar las tecnologías propuestas como GMPLS y DWDM ya que necesitan tener la capacidad de manejar los distintos tipos de aplicaciones tales como Ethernet, SONET/SDH, TDM, ATM.
- ✓ El diseño debe contar con equipos de gestión, es decir con equipos de monitoreo constante de la red.
- ✓ Los enlaces deben estar diseñados para soportar las necesidades actuales y futuras de tráfico (por ejemplo, ancho de banda y velocidad).
- ✓ El trazado de la red de fibra y la ubicación de las cajas de distribución debe basarse en un estudio topológico del área y de la demanda.

c) Criterios técnicos para el diseño de la red de fibra óptica

Los criterios técnicos a considerarse en el diseño de la red de fibra óptica basada en la técnica de microzanjado son los siguientes:

- Estudio topológico del área y de la demanda
- Localización geográfica y cobertura de la red
- Determinación de la topología de la red

- Análisis de tráfico
- Detalle de la ruta y recorrido de la fibra
- Tipo de Fibra a utilizar en el proyecto
- Selección de las longitudes de onda en el diseño
- Criterios para la selección de los equipos de conmutación, diagrama de bastidores,etc.
- Criterios para la selección de los accesorios de terminación y conectorización de fibra óptica como conectores, ODF, cordones de conexión y latiguillos.

Además, se considera aspectos lógicos como:

- Especificaciones para la administración de la red
- QoS
- Protección de los equipos (ups)

1. Estudio topológico del área y de la demanda

El estudio topológico del área en la cual se va a implementar la red de fibra óptica sirve para tener conocimiento de ¿Cómo se va a realizar el tendido de la fibra óptica?, en la actualidad el tendido de los cables de fibra óptica es aérea, utilizando los postes de alumbrado público y/o los postes de hormigón que llevan los cables de energía eléctrica.

En las siguientes imágenes 6.8, 6.9, 6.10 se puede observar el tendido aéreo de la fibra óptica en el centro de la ciudad de Ambato.



Figura 6.8: Cableado aéreo



Figura 6.9: Cables de FO colgados



Figura 6.10: Mangas de cables de FO sobre postes

En lo que respecta a la demanda, se puede decir que es el incrementado del número de clientes y el ancho de banda requerido para cubrir las necesidades de las empresas que día a día van creciendo.

2. Localización geográfica y cobertura de la red

El presente diseño debe dar cobertura a todo el centro de la ciudad, y la ubicación de las cajas de distribución tiene que ser estratégica para captar el mayor número de clientes, especialmente para el sector comercial, bancario, educativo. Ver figura 6.11



Fig. 6.11. Centro de la ciudad de Ambato

3. Determinación de la topología de red

La topología de la red fibra óptica actual de la empresa TELCONET en la ciudad de Ambato se basa en la topología anillo, siendo la misma para el nuevo diseño de red de fibra óptica.

4. Análisis de tráfico

En este diseño es importante dimensionar el ancho de banda de la red principal y administrar adecuadamente el ancho de banda de los clientes.

En la tabla 6.1 se muestra análisis del tráfico de los clientes actuales que son administrados desde el Switch CISCO Catalyst 3550 ubicado en el Nodo Cevallos, este análisis está distribuido de acuerdo al tipo de clientes y su ancho de banda ya sea para transmisión de datos y/o internet.

Tipo de Cliente	Número de clientes	Ancho de banda	Total de AB
Corporativo	40	1 Mbps	40 Mbps
Educativo	4	512 Kbps	2 Mbps
Comercial	10	512 Kbps	5 Mbps
ISP's	4	512 Kbps	2 Mbps
TOTAL DE TRÁFICO			49 Mbps

Tabla 6.1. Análisis de tráfico

La administración del ancho de banda del cliente se lo hace mediante una configuración en los routers CISCO serie 100, 800, 2600, etc. de acuerdo a los requerimientos de los clientes, tanto el switch catalyst como los routers son administrados remotamente por el personal de soporte de la Empresa TELCONET Quito.

En la figura 6.12 se observa por ejemplo el router Cisco Systems serie 800 el mismo que es instalado donde el cliente.



Fig. 6.12. Cisco Systems serie 800

5. Detalle de la ruta y recorrido de la fibra

El trazado o ruta del cable de fibra óptica mediante el microzanjado en el centro de la ciudad de Ambato se lo realiza estratégicamente por Av. Cevallos, ya que

ésta, recorre grandes tramos a lo largo y ancho de la ciudad con el objetivo de cubrir los clientes existentes y futuros.

6. Criterios para la selección de la fibra óptica

Para seleccionar el tipo de fibra óptica se debe tomar en cuenta, la dispersión cromática, la dispersión por modo de polarización y los efectos no lineales.

Por esta razón no es posible utilizar cualquier tipo de fibra monomodo, por ejemplo la mayoría de fibra utilizada es la estándar monomodo (G.652).

Fibra Óptica Monomodo por Standard ITU-T (CCITT) G.652 (Ver tabla 6.2)

- Núcleo 9/125u
- Transmite por Láser
- Ancho de Banda Ghz/Km.
- Longitud de onda 1310 – 1550nm
- Distancia menor a 13Km por Standard
- Revestimiento de vidrio mejorado

FIBRA MONOMODO ESTANDAR E9	ITU-T G.652
Diámetro del campo modal	9,3 (8 a 10) μm (+/- 10%)
Error de circularidad del revestimiento	2%
Diámetro del revestimiento (Cladding)	125 μm (+/- 1 μm)
Longitud de onda de aplicación	1310 -1550 nm
Atenuación para 1550 nm	de 0,25 a 0,5 dB/km

Tabla 6.2: Standard ITU-T (CCITT) G.652 FO Monomodo

Para el presente proyecto utilizaremos fibra óptica 9/125 monomodo interurbana de 48 hilos para el tendido subterráneo mediante el microzanjado.

La fibra de 48 hilos en su interior esta compuesta por 12 tubos (Buffers), cada tubo tiene 4 hilos de fibra óptica como se observa en la figura 6.13.



Fig. 6.13. Fibra óptica de 48 hilos

Para la última milla desde las cajas de distribución hacia los clientes se utilizará fibra óptica 9/125 monomodo de 2 fibras protegida para instalaciones exteriores, antirrayos UV y protección contra humedad, ver figura 6.14. En el interior dispone de 2 cables de fibra óptica con protección exterior de tipo adherente o apretada (light buffer) y diámetro de 3.0 mm. Se trata de fibras ópticas monomodo con núcleo y revestimiento de sección 9/125 micrones (um). En el eje central se disponen los cables de fibra óptica y un alambre de refuerzo. Los cables de fibra óptica de 3.0mm disponen de 3 tipos de recubrimiento: funda mylar (similar al celuloide), funda PALP (Polietileno Aluminio Polietileno) y vaina externa protectora. Este cable será tendido por las fachadas de los edificios y sujetadas por grapas.



Figura 6.14: Fibra óptica 9/125 monomodo 2 fibras

Adicional también se utilizar fibra óptica 9/125 monomodo de 24 hilos para llegar a una caja de distribución, como se observa en la figura 6.15.



Figura 6.15: Fibra óptica 9/125 monomodo 24 fibras

7. Criterios para la selección de equipos

Para una buena selección del equipo, se debe tener en cuenta las características de los mismos y de esta manera garantizar la eficiencia del servicio que brinda la empresa a los clientes.

d) Diseño de la Red de Fibra Óptica mediante microzanjado en el centro de la ciudad de Ambato

La presente propuesta de Diseño de la Red de Fibra Óptica mediante microzanjado tiene como objetivo cubrir los clientes del centro de la ciudad de Ambato, para ello el nodo principal para este proyecto es el Nodo Cevallos ubicado en la Av. Cevallos y Tomas Cevilla, sus coordenadas son $1^{\circ} 14' 22.27''$ S / $78^{\circ} 37' 29.27''$ O.

En este nodo existen equipos como switch catalyst 3550 el mismo que permite la administración física y remota de los puertos, transceivers, ODFs, equipos de ventilación, ver figura 6.16 y baterías de respaldo como se observa en la figura 6.17, para de esta manera garantizar el servicio que se brinda a los clientes.



Figura 6.16: Rack del Nodo Cevallos



Figura 6.17: Baterías de respaldo de energía

La elaboración del diseño de la red de Fibra Óptica está realizada en AUTOCAD 2007 la misma que está dividida en tres partes:

1. Diseño de la ruta del microzanjado.

Para el diseño de la ruta del microzanjado se tomó en cuenta los requerimientos y criterios técnicos anteriormente mencionados.

La ruta del microzanjado recorre toda la Avenida Cevallos, desde la Av. Unidad Nacional hasta la calle Quito, también en el tramo entre la Avenida Cevallos y Bolivar, además mediante el microzanjado se tenderá tuberías para cruce de calles para el paso de la fibra de última milla.

Luego del microzanjado para proteger la fibra óptica se colocará un tubo PVC de 3 pulgadas y dentro de este irán el cable o los cables de fibra óptica hacia las cajas de distribución.

El diseño del microzanjado con la ubicación de los armarios de distribución se puede observar en el **ANEXO I** detallando en él sus dimensiones, tipo de fibra óptica a utilizar, etc.

2. Ubicación de las cajas de distribución.



Figura 6.18: Caja o armario de distribución

Para la ubicación de las cajas de distribución en el diseño se tomó en cuenta la cantidad de clientes existentes a su alrededor, para ello se ha colocado 6 cajas o armarios de distribución por el centro de la ciudad de Ambato cubriendo a los clientes actuales tanto de Fibra óptica como de Radio enlace. A continuación en la

tabla 6.3 se presenta los datos de ubicación de las mismas para el presente proyecto.

DESIGNACIÓN	UBICACIÓN	COORDENADAS
CDA	Av. Cevallos y Unidad Nacional	1° 14' 11.35'' S / 78° 37' 16.85'' O
CDB	Av. Cevallos y Aillon	1° 14' 17.43'' S / 78° 37' 23.79'' O
CDC	Av. Cevallos y Tomás Sevilla	1° 14' 23.62 S / 78° 37' 29.61'' O
CDE	Av. Cevallos y Mera	1° 14' 28.33'' S / 78° 37' 42.48'' O
CDF	Av. Cevallos y Quito	1° 14' 38.42 S / 78° 37' 45.94'' O
CDG	Av. Mera y Bolívar	1° 14' 28.33'' S / 78° 37' 42.48'' O

Tabla 6.3: Datos de ubicación de las cajas de distribución

A las cajas de distribución llegará el cable de fibra óptica tendida subterráneamente, dentro de las mismas se colocará un rack al cual se empotrará 2 ODF de 24 puertos con 2 organizadores de cables como se observa en las figuras 6.19 y 6.20 además se ubicará una regleta de energía.



Figura 6.19: ODF



Figura 6.20: Organizador de cables

Adicional se colorará la regleta metálica desde la caja por la pared para que los cables de fibra óptica de última milla tengan salida para ser llevados hacia los clientes.

La descripción del armario de distribución lo podemos observar en el **ANEXO III**.

3. *Diseño de recorrido de ultima milla*

En base a lo anunciado anteriormente el nodo principal que cubre el centro de la ciudad de Ambato es el Nodo Cevallos.

Del SWITCH CISCO 3550 ubicado en el Nodo Cevallos se distribuirá la fibra óptica de 48 hilos que llegará a las cajas de distribución las mismas que estarán ubicadas en las veredas de la avenida Cevallos, en estas cajas se colocará un ODF de 24 puertos; de cada puerto del ODF saldrá un cliente, llegando al mismo

mediante un tendido mural por las paredes de los edificios sostenido por grapas o cáncamos.

Para este mural se utilizará el cable de fibra óptica de dos hilos como se puede observar en el siguiente diseño presentado en la figura 6.21.

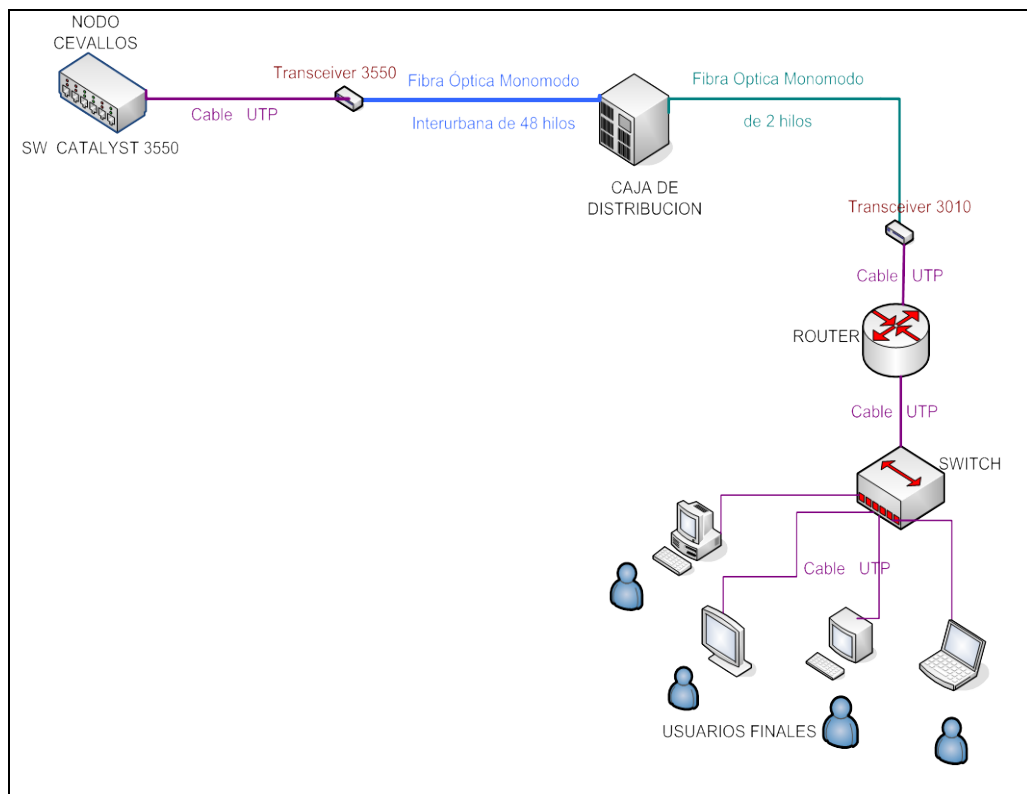


Figura 6.21: Diseño de última milla

El proceso de ultima milla entre el Nodo Cevallos - ODF - Cliente se lo realiza mediante la fusión de los hilo de fibra óptica para ello se debe tomar en cuenta el orden de los colores de los tubos e hilos de fibra óptica.

e) Código de Colores Estándares TIA-598-A Fibras Ópticas (Ver tabla 6.4)

		Fibra											
		AZUL	NARANJA	VERDE	CAFE	GRIS	BLANCO	ROJO		AMARILLO	VIOLETA	ROSA	CELESTE
Tubo													
	AZUL	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	NARANJA	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	VERDE	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
	CAFE	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
	GRIS	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
	BLANCO	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
	ROJO	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84
		85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96
	AMARILLO	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108
	VIOLETA	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120
	ROSA	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132
	CELESTE	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144

Tabla 6.4: Código Estándares TIA-598-A Fibras Ópticas

La fibra óptica monomodo interurbana de 48 hilos que usa la empresa TELCONET S.A. está constituida por 12 tubos (Buffers), cada tubo tiene 4 hilos de fibra óptica como muestra la figura 6.22.



Figura 6.22: Fibra óptica de 48 hilos

Tanto los tubos como los hilos se identifican por colores, los mismos que deben ser respetados de acuerdo al Estándar de Código de colores dispuesto por la Empresa TELCONET.

En la tabla 6.5 se muestra el orden de los colores tanto de los tubos como de los hilos de fibra óptica a tomar en cuenta:

TUBOS	FIBRA			
	Naranja	Azul	Café	Verde
Rojo	1	2	3	4
Blanco	5	6	7	8
Amarillo	9	10	11	12
Verde	13	14	15	16
Anaranjado	17	18	19	20
Celeste	21	22	23	24
Café	25	26	27	28
Negro	29	30	31	32
Azul	33	34	35	36
Gris	37	38	39	40
Lila (Violeta)	41	42	43	44
Rosado	45	46	47	48

Tabla 6.5: Código Estándares TELCONET Fibras Ópticas

Para la repartición de los hilos de fibra óptica en las cajas de distribución se lo puede dividir mediante el número de tubos tomando en cuenta que cada tubo tiene 4 hilos de fibra óptica por ejemplo si en la caja CDA necesitamos 12 hilos y en la caja CDB 24 hilos o que se haría es dejar 3 tubos en la caja CDA y 6 tubos en la caja CDB, los tubos no utilizados seguirían su recorrido hasta llegar a la próxima caja. Ver **ANEXO IV**.

Vale insistir que se debe tomar muy en cuenta el código de los colores tanto de los tubos como de los hilos de Fibra óptica dispuesto por la empresa TELCONET.

Los hilos de fibra al llegar al las cajas de distribución se debe fusionar con un patch cord SC y colocarlos en los puertos del ODF tomando en cuenta el orden de los colores de los hilos de la fibra óptica y la numeración de los puertos del ODF.

Para evitar confusiones tanto en el orden de los hilos como de los puertos del ODF es recomendable etiquetarlos.

De igual manera se fusionará un patch cord SC y un hilo de la fibra de dos hilos que saldrá hacia el cliente, para que exista comunicación esta patch cord deberá ser introducido en el puerto del ODF individualmente, además tanto en el nodo como donde el cliente el hilo respectivo se fusionará con un Patch Cord SC de fibra óptica para conectar a los transceivers 1310nm y 1550nm respectivamente comprobando de esta manera que haya link de fibra. (Ver figuras 6.23, 6.24)

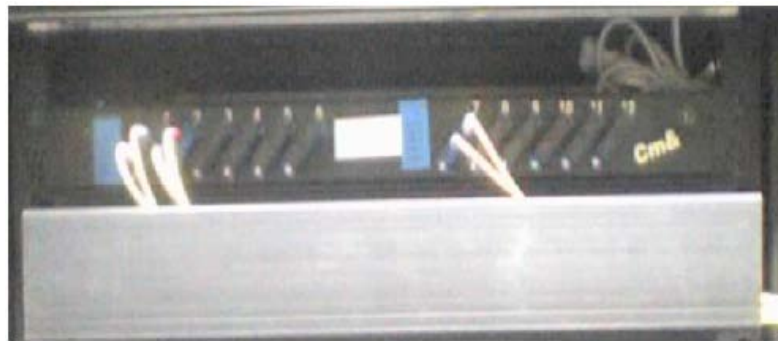


Figura 6.23: ODF



Figura 6.24: Transceivers

El diseño de última milla es decir el cableado desde las cajas de distribución hacia los clientes podemos observar en el **ANEXO V**.

Para la determinación de la cantidad de fibra óptica de 2 hilos a utilizar en el presente proyecto en la tabla 6.6 se detalla las distancias desde las cajas de

distribución hacia los clientes. Vale aclarar que se tomó en cuenta los clientes actuales tanto de fibra óptica como de radio enlace.

CD	CLIENTE	ESTADO ACTUAL	DISTANCIA(metros)
CDA	Banco Solidario	Fibra Óptica	45.16
	Importadora Alvarado	Fibra Óptica	68.26
	Banco de Guayaquil	Fibra Óptica	73.3
	Banco del Pacifico	Fibra Óptica	28.16
	Servientrega	Fibra Óptica	298.61
	Pronaca	Fibra Óptica	298.61
	Codesarrollo	Radio enlace	157.22
	Banco Internacional	Radio enlace	60.93
CDB	LNS	Fibra Óptica	287.68
	Comandato	Fibra Óptica	56.73
	Almacenes Japón	Fibra Óptica	24.59
	Marcimex	Radio enlace	29.67
	Jaher	Fibra Óptica	39.32

	Porta	Fibra Óptica	135.99
	CBN	radio enlace	45.35
CDC	MARCIMEX	Fibra Óptica	25
	Cooperativa Amazonas	Fibra Óptica	41.25
	Tranfer Unior	Fibra Óptica	89.36
	Empresa Eléctrica Ambato	Fibra Óptica	383.1
	Cooperativa Chibuleo	Fibra Óptica	334
	Cajero BG porta	Radio enlace	320
	ESPOCH	Radio enlace	226.55
	Farmacia Sana Sana	Radio enlace	276
CDD	Unifinsa	Fibra Óptica	50
	Pical	Radio enlace	55.34
	Laberinto net	Fibra Óptica	126.24
	Banco Subamericano	Fibra Óptica	135.95
	Mushuruna	Radio enlace	233.15

	Coop. San Francisco	Fibra Óptica	269.62
	El portal	Fibra Óptica	245.28
	Ricardo Soria	Fibra Óptica	315.87
	Produbanco	Fibra Óptica	131.62
	Tv cable	Fibra Óptica	126.5
CDE	Delgado Travel	Fibra Óptica	86.02
	Banco del austro	Fibra Óptica	76.51
	Banco internacional	Fibra Óptica	37.43
	Sri	Fibra Óptica	160.18
	Cooperativa Oscus	Fibra Óptica	248.67
	Transfer Unior	Fibra Óptica	242.97
	Colegio Bolívar	Fibra Óptica	278
	Banco Pichincha	Fibra Óptica	326.62
	Servientrega	Radio enlace	135.97
	Recaudadora Ecuador	Radio enlace	145.97

	Ecuacolor	radio enlace	100
	Aseguradora Ambato	radio enlace	336.62
	Banco de Guayaquil matriz	Fibra Óptica	110.64
CDF	UNIBANCO	Fibra Óptica	227.27
	SINCONTAC	Radio enlace	225.68
	Grupo k	Radio enlace	227.16
	Municipio de Ambato	Fibra Óptica	327.87
	ASAPTEL	Fibra Óptica	357.19
	Universidad Indoamerica	Fibra Óptica	266.27
	Cooperativa Sagrario	Fibra Óptica	121.77
	Cooperativa 24 de Octubre	Fibra Óptica	286.49
	Servientrega	Fibra Óptica	486.34
	Juricatura	Radio enlace	215.82
	DANEC	Radio enlace	200

Tabla 6.6: Distancia entre CD-Cliente

f) Fusión de los hilos de FO

Los empalmes de los hilos de fibra óptica se lo realiza mediante fusión, para su realización se requiere una maquina empalmadora especializada, que pueden ser manual o automática.

Una máquina empalmadora automática alinea los núcleos de las dos fibras enfrentadas con motores servocontrolados por una cámara que realimenta su posición. Una vez logrado esto, se produce un arco eléctrico generado por dos electrodos, con lo cual se logra la fusión de las fibras. Ver figura 6.25



Figura 6.25: Fusionadora

1. Proceso de fusión de la Fibra óptica

- Se Identifica el tipo de fibra con el cual se trabajara, MM o SM, para seleccionar en el menú de la fusionadora el tipo de fusión de acuerdo al tipo de fibra.
- Se retiran los recubrimientos de protección, aproximadamente unos 10 cms, se utiliza una pinza especial con el cuidado de no cortarla y de extraer por completo la cubierta de protección.
- Se coloca el protector del empalme en uno de los cables de FO con la precaución de no dañar.
- Se coloca cada FO en la máquina de corte, a una longitud deseada. La herramienta de corte está basada en el rayado del vidrio y partido por presión,

la fibra debe por tanto estar completamente limpia, sin residuos de recubrimiento, lo cual nos impedirá que la fibra sea cortada. Ver figura 6.26



Figura 6.26: Cortadora de Fibra Óptica

- Una vez cortada cada FO, se deberá mantener en lugar limpio.
- La fibra se coloca dentro de la maquina fusionadora una en cada extremo, a las distancias indicadas en el equipo como se observa en la figura 6.27. Una vez asegurados las dos fibras, se coloca la tapa y se presiona el botón de set, se inicia de esta manera el proceso automático de fusión



Figura 6.27: Ubicación de fibras en ambos extremos

- Imágenes comunes, que se observan en el proceso de fusión sea este efectivo o no, son:
 - Alineamiento, si la fibra óptica se ha colocado adecuadamente y esta se encuentra sin contaminación se enfrentan las dos fibras en un proceso automático. Ver figura 6.28

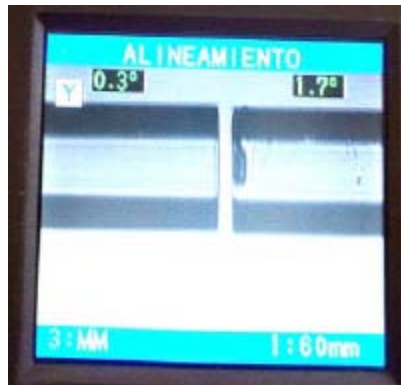


Figura 6.28: Alineamiento de fibras

- A partir de un alineamiento efectivo se produce la fusión por arco eléctrico, la imagen muestra la unión final de la fibra, como muestra la figura 6.29. Si por alguna razón el equipo detecta la existencia de alguna partícula, en este punto del procedimiento, la fusión tendrá problemas y el equipo despliega el mensaje de burbuja en la fibra. Para corregir este problema hay que repetir todo el procedimiento de limpieza y corte para evitar que la fibra óptica tenga impurezas que impidan la unión con otra fibra óptica.



Figura 6.29: Calibración por arco

- Terminada la fusión se debe colocar la protección o tubo y proceder a quemar.
- Luego con cuidado se debe colocar en las cajas de empalmes.

2. Problemas durante la fusión de la fibra óptica

Prueba de motor pasado: sucede cuando las fibras se colocan en la zapata de la fusionadora superando la longitud indicada por el equipo, para solucionarlo, con

mucho cuidado se retira la fibra que se ha pasado y se ajusta a la longitud requerida, se coloca la tapa e iniciamos el proceso de fusión.(Ver figura 6.30)



Figura 6.30: Motor pasado

g) **Técnica de microzanjado**

Para la realización del microzanjado en el centro de la ciudad de Ambato se debe tomar en cuenta los siguientes ítems:

- Inspección y delimitación de área de trabajo
- Limpieza
- Trazado y replanteo
- Corte con máquina
- Tendido de FO
- Relleno de zanja (reposición material original)
- Limpieza y desalojo
- Revisión final después del proceso concluido

La inspección, limpieza y trazado de la ruta se efectuará con anterioridad al proceso del corte del pavimento hormigonado con la técnica del microzanjado, mediante la utilización de la máquina cortadora zanjadora Core Cute CC3500, esta máquina utiliza discos para cortar el pavimento como se observa en la figuras 6.31 y 6.32.



Figura 6.31: Zanjadora CC3500



Figura 6.32: Disco diamante para microzanjado

Para el manejo de la maquina zanjadora observar el manual para operar la cortadora CC3500 en el **ANEXO VI**.

El corte del pavimento se realizará por la junta de la calle a una distancia de 15 cm de la vereda con un ancho de 8cm y profundidad de 16 cm como se detalla en el **ANEXO II** y se puede observar en la figura 6.33.

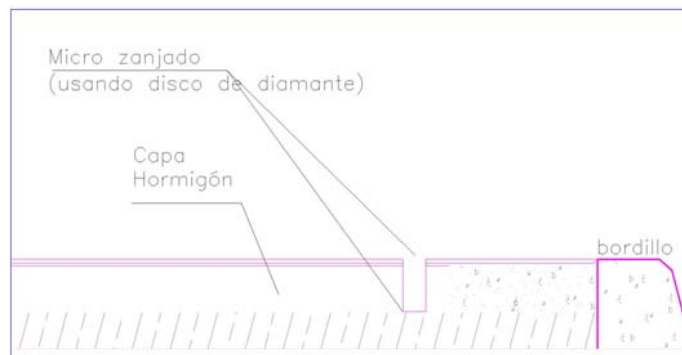


Figura 6.33: Diseño de corte del pavimento



Figura 6.34: Microzanjado

El reducido tamaño de la microzanja permite realizar la instalación de la fibra tanto en áreas urbanas como interurbanas sin necesidad de paralizar el tráfico y ocasionar molestias a los peatones y conductores. (Ver figura 6.34)

Posterior a esto se tenderá el cable de fibra óptica interurbana de 48 hilos, dentro de la tubería de PVC para proteger al cable de la humedad y por último la microzanja será sellada con el material adecuado como muestra la figura 6.35.

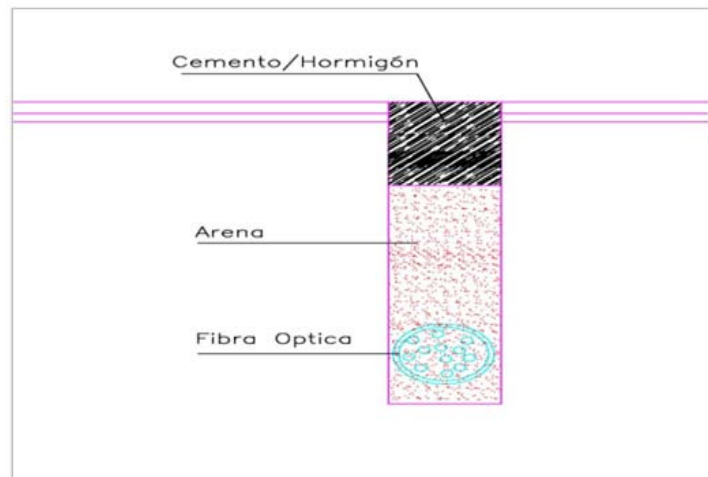


Figura 6.35: Micozanja sellada

h) ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA PROPUESTA

A continuación presentamos el análisis de costos de inversión del presente proyecto, detallando los materiales y equipos para el microzanjado (tabla 6.7), los equipos que se utilizarán en las cajas de distribución (tabla 6.8), los materiales a utilizarse en la implementación de la última milla (tabla 6.9) y los accesorios a utilizar (tabla 6.10) .

El detalle de precios de cada uno de los materiales y equipos permitirá obtener un costo total del proyecto de acuerdo a los requerimientos del mismo, por último se realiza el estudio de rentabilidad o factibilidad para el presente proyecto.

ELEMENTOS PARA EL MICROZANJADO					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT.	P. UNIT.	P. TOTAL
1	Fibra monomodo interurbana de 48 hilos	c/ km	1,25 km	518,70	648,48
2	Fibra monomodo de 24 hilos	c/ m	100	3.08	308
3	Tubo PVC 3”	c/ m	1300	4,30	5590
4	Cable eléctrico gemelo	c/m	1200	0,40	480
5	Codos PVC 3”	c/u	20	2,05	41
6	Desag 3”	c/u	10	3,15	31,50
7	Zanjadora CC3500	c/u	1	3180	5180
SUB – TOTAL					\$ 10478,98

Tabla 6.7: Costos de los elementos para el microzanjado

ELEMENTOS PARA EL ARMARIO DE DISTRIBUCIÓN					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT.	P. UNIT.	P. TOTAL
1	Caja metálica de pared 86*60*60 cm	c/u	6	160	960
2	Rack de 19" 4U	c/u	6	85,00	510
3	ODF de 24 Puertos G.652 (inc. Bandejas de empalmes, protectores térmicos, material adicional para fusión) marca TYCO AMP	c/u	6	295,00	1770
4	Organizador de cables	c/u	12	25	300
5	Regleta eléctrica de 6 tomas	c/u	6	2.18	13.08
6	Patch cord SC	c/u	100	40,50	4050
SUB – TOTAL					\$ 7603,08

Tabla 6.8: Costos de los elementos para la caja de distribución

ELEMENTOS PARA LA ÚLTIMA MILLA					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT.	P. UNIT.	P. TOTAL
1	Fibra óptica 9/125 monomodo 2 fibras	100 m	10389,96	190,24	19765,86
2	Cable UTP Nivel 5E, 4 Pares, sólido	305 m	1	135,00	135
3	Conectores RJ45	c/u	100	0.25	25
4	Botas protectoras para plug RJ45	c/u	100	0.25	25
SUB – TOTAL					\$ 19950,86

Tabla 6.9: Costos de los elementos para la última milla

ACCESORIOS					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT.	P. UNIT.	P. TOTAL
1	Grapas cable redondo	c/u	1000	0,02	20
2	Manguitos protectores de fusión	c/u	500	1,80	900
3	Amarras plásticas 10cm	c/u	500	0,03	15
4	Amarras plásticas 15cm	c/u	500	0,03	15
5	Amarras plásticas 20cm	c/u	500	0,03	15
6	Amarras plásticas 25cm	c/u	500	0,03	15
7	Cinta doble fas	c/u	3	7,80	23,40
8	Pernos de expansión 4"*42"	c/u	30	0.66	19,80
9	Tacos fije F6	c/u	1000	0.02	20
10	Tifón para tacos	c/u	1000	0.08	80
11	Cáncamos	c/u	500	0,30	150
12	Adhesivo alfanumérico	c/u	2	6,25	12,50
13	Cinta etiquetadora	c/u	3	5,00	15
SUB – TOTAL					\$ 1300,70

Tabla 6.10: Costos de los accesorios

Para la ejecución del presente proyecto el personal debe contar con herramientas de trabajo las mismas que dispone la empresa TELCONET.

Equipos:

- Fusionadora
- OTDR
- Etiquetadora
- Router
- Transceiver 1550-1330

Materiales:

- Kit de limpieza para fibra óptica
- Peladora y cortadora de fibra óptica
- Chaveta o cuchilla retráctil
- Ponchadora
- Kit de rachas
- Juego de llaves
- Taladro
- Kit de brocas
- Cizalla
- Escalera

El personal de trabajo debe contar con los mecanismos de seguridad como banderolas, conos, señalización de mensaje, etc. para ubicarlos en las vías o sitios donde se este realizando el trabajo, además la gente debe llevar la ropa adecuada o cómoda, cascos, botas, etc.

Costo total del proyecto

El costo total del sistema diseñado lo resumimos finalmente en la TABLA 6.11,

DESCRIPCION	COSTO TOTAL (USD)
Costo de los elementos para el microzanjado	10478,98
Costo de los elementos para el armario de distribución	7603,08
Costo de los elementos para la última milla	19950,86
Costo de accesorios	1300,70
Costo de mano de obra e ingeniería	4500,00
Extras	300,00
TOTAL	\$ 45933,62

TABLA 6.11: Costo total del Proyecto

Por lo tanto, la ejecución del proyecto tal como se lo propone, es factible desde el punto de vista técnico y económico.

GLOSARIO

Absorción: Proceso por el cual una radiación disminuye su intensidad (pérdida) cuando atraviesa una materia.

Ángulo de aceptación: Máximo ángulo de acoplamiento posible $\max \theta$, también llamado ángulo de apertura, dentro del cual se puede acoplar luz al núcleo de un conductor de fibra óptica y conducirlo por el mismo.

Ancho de banda: Frecuencia de transmisión a la que la magnitud de la señal decrece a la mitad de su potencia óptica (-3dB).

Ángulo de Incidencia: El ángulo formado entre el rayo incidente y la normal a la superficie de contorno del medio.

Ángulo de reflexión: El ángulo formado entre el rayo reflejado y la normal a la superficie de contorno del medio.

Apertura Numérica: Seno del ángulo máximo que puede formar el rayo incidente con el eje de simetría a la entrada de una fibra óptica, para que ésta lo acepte y se pueda propagar a su través.

Atenuación: Disminución de luz en una fibra óptica. Se expresa generalmente sin su signo negativo en dB o dB/Km. La atenuación en una fibra óptica es diferente para distintas longitudes de onda.

BER (Tasa de error de Bit): Relación de bits recibidos con error respecto a los bits enviados.

bps: Bits por segundo

Caja de empalmes: Recinto cerrado para albergar los empalmes de la fibra óptica y las bandejas de empalmes.

Conector (fibra óptica): Dispositivo que une dos fibras ópticas, de manera repetible y con bajas pérdidas ópticas de conexión.

Cordones de conexión: Pequeños trozos de fibra óptica, de diámetros pequeños y manejables, que portan conectores en ambos extremos. Puede utilizarse para conectar equipos entre si, conectar un equipo a un panel de conexiones o efectuar puentes sobre otros paneles.

dB: Decibelio. Medida logarítmica de la potencia óptica.

dBm: Decibelio referido a un miliwatio; $dBm=10 \log(\text{salida potencia miliwatios}/1 \text{ miliwatio})$.

Dispersión: Distorsión de un pulso de luz originada por las características de propagación a diferentes longitudes de onda y por los distintos caminos que sigue cada modo.

Empalme: Unión permanente entre dos fibras originada por la fusión de sus extremos o por el método de unión mecánica.

Fibra Oscura: Fibras ópticas que no están conectadas a un módulo, (frecuentemente las fibras libres sobrantes). Estas fibras son ofrecidas por algunos distribuidores para permitir al usuario la instalación de su propio equipamiento de transmisión óptica.

Fluido adaptador de índice: Líquido o gel con un índice de refracción adecuado que adapta óptimamente el núcleo de la fibra.

Longitud de onda de corte: Longitud de onda más corta que se propagará por una fibra; especificada en fibras monomodo.

Luz, fibra óptica: Espectro de luz a 850 nm, 1310 nm o 1550 nm de longitud de onda.

Microcurvaturas (pérdidas): Pérdidas en una fibra originadas por curvaturas agudas del núcleo con desplazamientos de unas pocas micras. Tales dobleces pueden estar causados por la protección primaria, funda, empaquetada, instalación y otros.

OTDR (Optical Time Domain Reflectometer): Un reflectómetro óptico con base de dominio en el tiempo es un instrumento de ensayos que envía cortos impulsos de luz a través de una fibra óptica a fin de determinar sus características, atenuación y longitud.

Radio de Curvatura Mínimo: Radio mínimo con el que puede doblarse un cable fibra óptica o una fibra óptica sin originar efectos adversos en las características de los cables o de las fibras.

Sensibilidad: Mínima cantidad de potencia óptica que un equipo óptico necesita recibir para poder manejar señales de transmisión de acuerdo a las especificaciones del equipo.

BIBLIOGRAFÍA:

TEXTOS CONSULTADOS:

- MARTINEZ, Baltasar, **Introducción a la Ingeniería de la Fibra Óptica**, Primera Edición RA-MA 2000, Editorial Addison-Wesley Iberoamericana, Buenos Aires Argentina, 414 páginas.
- PERADA, Martín, **Sistemas y redes ópticas de comunicaciones**, PEARSON EDUCACIÓN, S.A., Madrid, 2004, 600 paginás.

INTERNET:

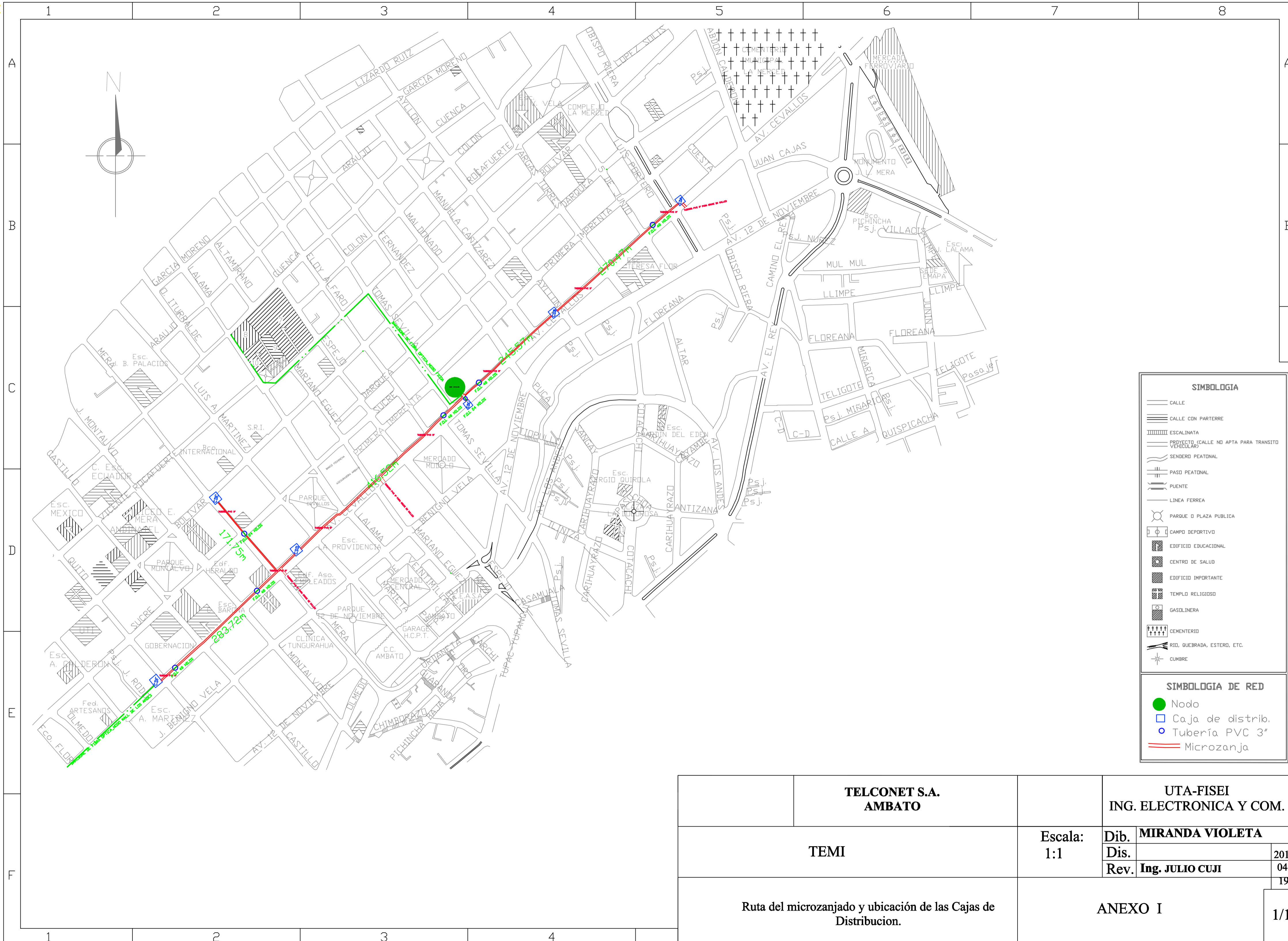
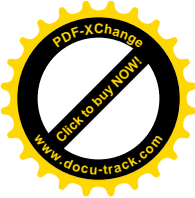
Fundamento teórico:

- www.fibra-optica.org
- http://wikitel.info/wiki/Fibra_%C3%B3ptica
- <http://www.textoscientificos.com/redes/fibraoptica/calculo-enlace>
- <http://www.monografias.com/trabajos69/normas-fibra-optica/normas-fibra-optica2.shtml>
- <http://www.monografias.com/trabajos13/fibropt/fibropt.shtml>
- http://es.wikipedia.org/wiki/T%C3%A9cnicas_de_verificaci%C3%B3n_de_fibra_%C3%B3ptica
- http://ramcir_cjm.tripod.com/Mvg3.htm
- <http://www.ingeborda.com.ar/biblioteca/Biblioteca%20Internet/Articulos%20Tecnicos%20de%20Consulta/Fibra%20optica/Empalmes%20de%20Fibra%20Optica%20por%20Fusion.pdf>

Presupuesto de materiales y equipos

- <http://www.peatsa.com/productos.html>
- <http://www.peatsa.com/cableado/p-accevarios.htm>
- <http://www.peatsa.com/cableado/p-cablesobre.htm>

ANEXOS



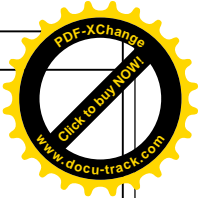
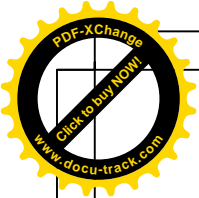
SIMBOLOGIA

- CALLE
- CALLE CON PARTERRE
- ||||| ESCALINATA
- PROYECTO CALLE NO APTA PARA TRANSITO VEHICULAR
- SENDERO PEATONAL
- PASO PEATONAL
- PUENTE
- LINEA FERREA
- PARQUE O PLAZA PUBLICA
- ⊕ CAMPO DEPORTIVO
- ▨ EDIFICIO EDUCACIONAL
- ▨ CENTRO DE SALUD
- ▨ EDIFICIO IMPORTANTE
- ▨ TEMPLO RELIGIOSO
- ▨ GASOLINERA
- ⊕ CEMENTERIO
- RIO, QUEBRADA, ESTERO, ETC.
- ⊙ CUMBRE

SIMBOLOGIA DE RED

- Nodo
- Caja de distrib.
- Tubería PVC 3"
- Microzanja

	TELCONET S.A. AMBATO		UTA-FISEI ING. ELECTRONICA Y COM.	
	TEMI	Escala: 1:1	Dib. MIRANDA VIOLETA	
			Dis.	2010
			Rev. Ing. JULIO CUJI	04
	Ruta del microzanjado y ubicación de las Cajas de Distribucion.		ANEXO I	
				19
				1/1



1

2

3

4

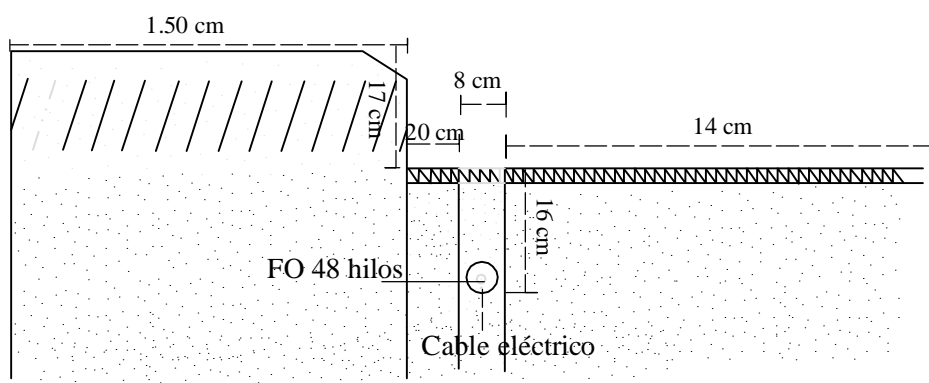
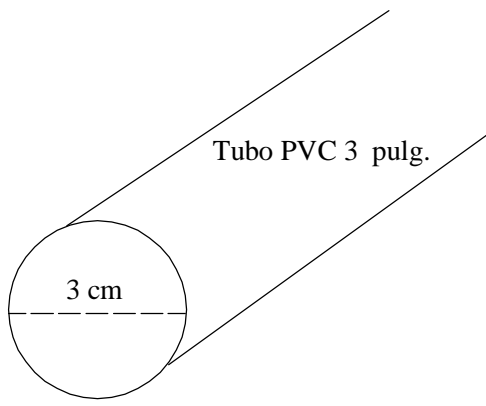
A

B

C

D

E



TELCONET S.A.
AMBATO



UTA-FISEI
ING. ELECTRONICA Y COM.

TEMI

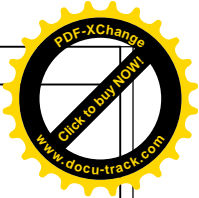
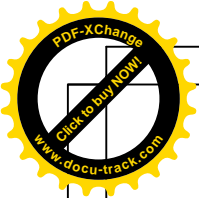
Escala:
1:1

Dib.	MIRANDA VIOLETA	
Dis.		2010
Rev.	Ing. JULIO CUJI	04
		19

Detalle de distancias para el microzanjado

ANEXO II

1/1



A

B

C

D

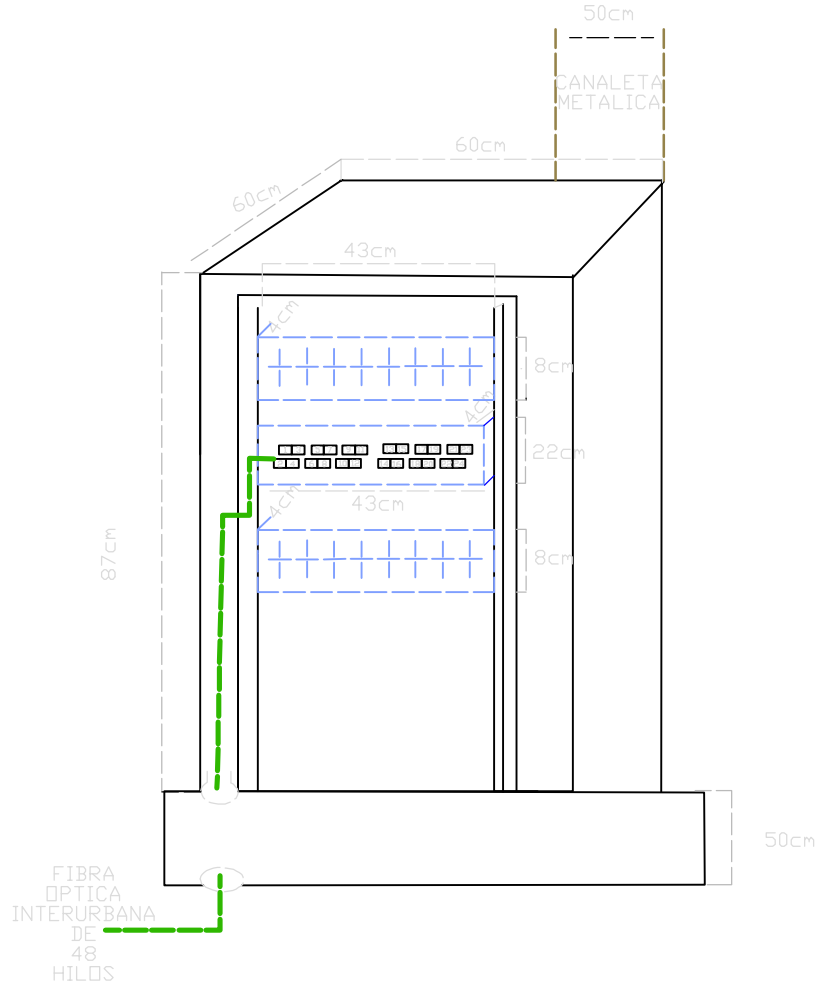
E

1

2

3

4



TELCONET S.A.
AMBATO



UTA-FISEI
ING. ELECTRONICA Y COM.

TEMI

Escala:
1:1

Dib. **MIRANDA VIOLETA**

Dis.

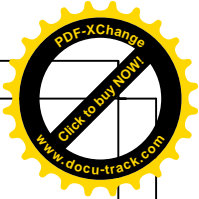
2010
04
19

Rev. **Ing. JULIO CUJI**

Descripción de la Caja de Distribución

ANEXO III

1/1

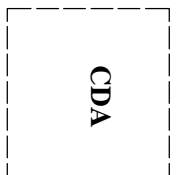


1

2

3

4

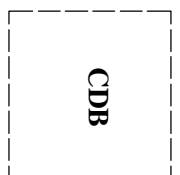


24 hilos = 6 tubos

- Rojo
- Blanco
- Amarillo
- Verde
- Anaranjado
- Celeste

Cada **TUBO** =4 hilos

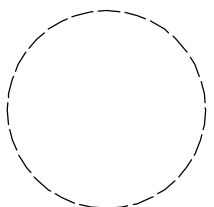
- Naranja
- Azul
- Café
- Verde



24 hilos = 6 tubos

- Café
- Negro
- Azul
- Gris
- Lila
- Rosado

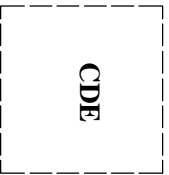
F.O.I. 24 hilos



1 Fibra =24 hilos

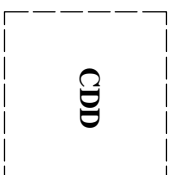
- Rojo
- Blanco
- Amarillo
- Verde
- Anaranjado
- Celeste
- Café
- Negro
- Azul
- Gris
- Lila
- Rosado

NODO CEVALLOS



16 hilos = 4 tubos

- Celeste
- Café
- Negro
- Azul



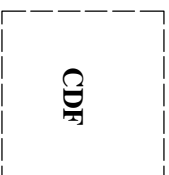
20 hilos = 5 tubos

- Rojo
- Blanco
- Amarillo
- Verde
- Anaranjado

Los sig. el mismo orden con pintas negras

Cada **TUBO** =4 hilos

- Naranja
- Azul
- Café
- Verde



12 hilos = 3 tubos

- Gris
- Lila
- Rosado



TELCONET S.A.
AMBATO



UTA-FISEI
ING. ELECTRONICA Y COM.

TEMI

Escala:
1:1

Dib. MIRANDA VIOLETA

Dis.

2010

Rev. Ing. JULIO CURI

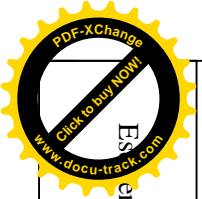
04

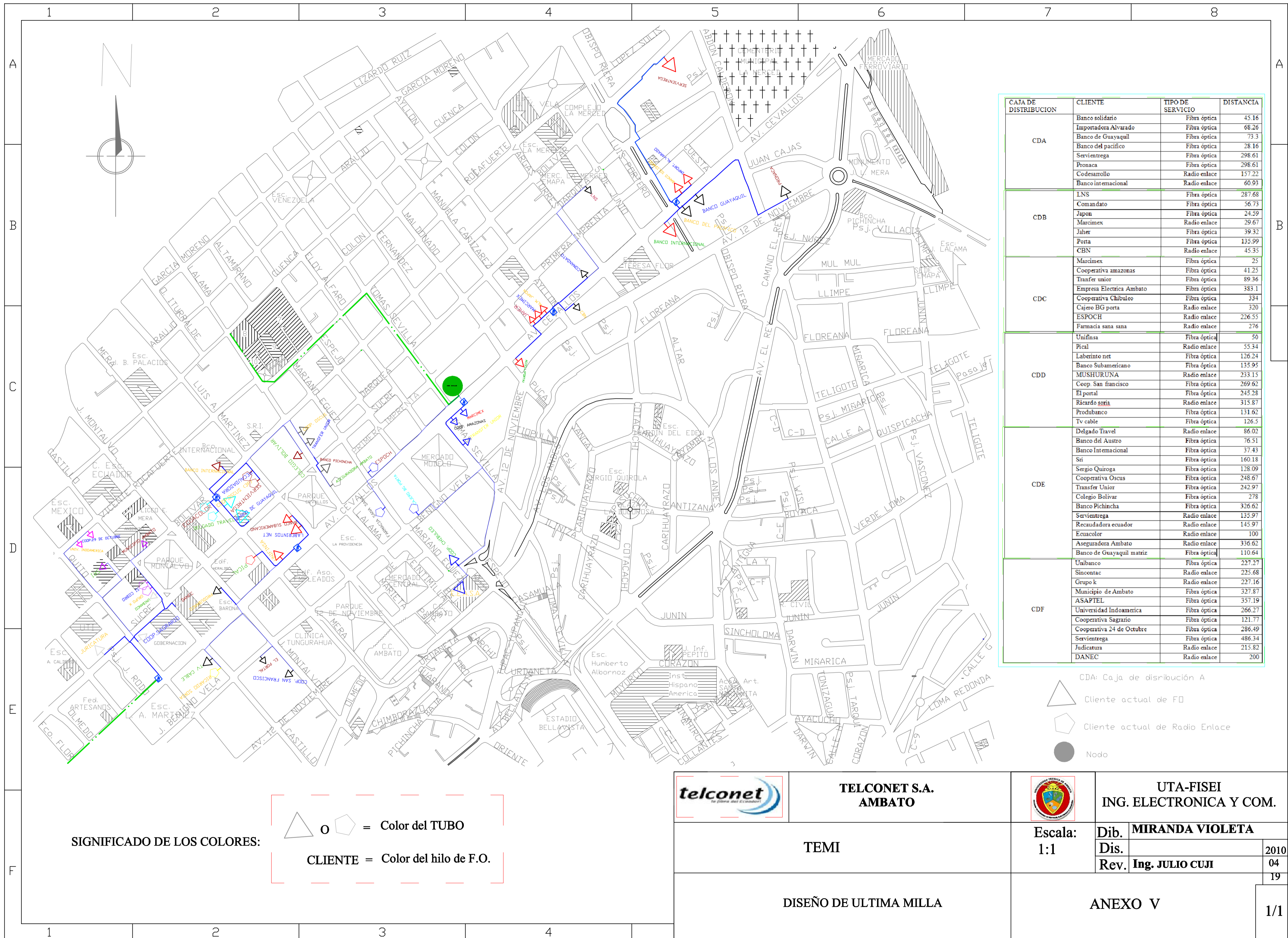
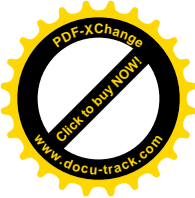
19

ANEXO IV

1/1

ES una de repartición de hilos de Fibra Óptica





CAJA DE DISTRIBUCION	CLIENTE	TIPO DE SERVICIO	DISTANCIA
CDA	Banco solidario	Fibra óptica	45.16
	Importadora Alvarado	Fibra óptica	68.26
	Banco de Guayaquil	Fibra óptica	73.3
	Banco del pacifico	Fibra óptica	28.16
	Servientrega	Fibra óptica	298.61
	Pronaca	Fibra óptica	298.61
CDB	Codesarrollo	Radio enlace	157.22
	Banco internacional	Radio enlace	60.93
	LNS	Fibra óptica	287.68
	Comandato	Fibra óptica	56.73
	Japon	Fibra óptica	24.59
	Marcimex	Radio enlace	29.67
CDC	Jaher	Fibra óptica	39.32
	Porta	Fibra óptica	135.99
	CBN	Radio enlace	45.35
	Marcimex	Fibra óptica	25
	Cooperativa amazonas	Fibra óptica	41.25
	Transfer unior	Fibra óptica	89.36
CDD	Empresa Electrica Ambato	Fibra óptica	383.1
	Cooperativa Chibuleo	Fibra óptica	334
	Cajero BG porta	Radio enlace	320
	ESPOCH	Radio enlace	226.55
	Farmacia sana sana	Radio enlace	276
	Unifinsa	Fibra óptica	50
CDE	Pical	Radio enlace	55.34
	Laberinto net	Fibra óptica	126.24
	Banco Subamericano	Fibra óptica	135.95
	MUSHURUNA	Radio enlace	233.15
	Coop. San francisco	Fibra óptica	269.62
	El portal	Fibra óptica	245.28
CDF	Ricardo soria	Radio enlace	315.87
	Produbanco	Fibra óptica	131.62
	Tv cable	Fibra óptica	126.5
	Delgado Travel	Radio enlace	86.02
	Banco del Austro	Fibra óptica	76.51
	Banco Internacional	Fibra óptica	37.43
CDF	Sri	Fibra óptica	160.18
	Sergio Quiroga	Fibra óptica	128.09
	Cooperativa Oscus	Fibra óptica	248.67
	Transfer Unior	Fibra óptica	242.97
	Colegio Bolívar	Fibra óptica	278
	Banco Pichincha	Fibra óptica	326.62
	Servientrega	Radio enlace	135.97
	Recaudadora ecuador	Radio enlace	145.97
	Ecuacolor	Radio enlace	100
	Aseguradora Ambato	Radio enlace	336.62
	Banco de Guayaquil matriz	Fibra óptica	110.64
	Unibanco	Fibra óptica	227.27
	Sincontac	Radio enlace	225.68
	Grupo k	Radio enlace	227.16
Municipio de Ambato	Fibra óptica	327.87	
ASAPIEL	Fibra óptica	357.19	
Universidad Indoamerica	Fibra óptica	266.27	
Cooperativa Sagrario	Fibra óptica	121.77	
Cooperativa 24 de Octubre	Fibra óptica	286.49	
Servientrega	Fibra óptica	486.34	
Judicatura	Radio enlace	215.82	
DANEC	Radio enlace	200	

- CDA: Caja de distribución A
- Cliente actual de FO
- Cliente actual de Radio Enlace
- Nodo

SIGNIFICADO DE LOS COLORES:
 = Color del TUBO
 CLIENTE = Color del hilo de F.O.

	TELCONET S.A. AMBATO		UTA-FISEI ING. ELECTRONICA Y COM.
TEMI		Escala: 1:1	Dib. MIRANDA VIOLETA
DISEÑO DE ULTIMA MILLA			Dis. 2010 Rev. Ing. JULIO CUJI 04 19
		ANEXO V	1/1