



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES
ESCUELA DE ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED DE FIBRA
ÓPTICA FTTH UTILIZANDO EL ESTÁNDAR GPON ENTRE
LA FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES Y
SUS LABORATORIOS EN LA UNIVERSIDAD ESTATAL
PENÍNSULA DE SANTA ELENA.”**

**TRABAJO DE TITULACIÓN
Previa a la obtención del Título de:
INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

Autor: Jefferson Stalin Alcívar Ponce

Tutor: Ing. Víctor Fuentes Dumes, M.S.c

**LA LIBERTAD – ECUADOR
2015**

UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES
ESCUELA DE ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED DE FIBRA
ÓPTICA FTTH UTILIZANDO EL ESTÁNDAR GPON ENTRE
LA FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES Y
SUS LABORATORIOS EN LA UNIVERSIDAD ESTATAL
PENÍNSULA DE SANTA ELENA.”**

★ TRABAJO DE TITULACIÓN
Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

Autor: Jefferson Stalin Alcívar Ponce

Tutor: Ing. Víctor Fuentes Dumes, M.S.c

LA LIBERTAD – ECUADOR
2015

La Libertad, 31 de Junio del 2015

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del trabajo de investigación, “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA FTTH UTILIZANDO EL ESTÁNDAR GPON ENTRE LA FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES Y SUS LABORATORIOS EN LA UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA”, elaborado por el Sr. ALCÍVAR PONCE JEFFERSON STALIN, egresado de la Carrera de Electrónica y Telecomunicaciones, Escuela de Electrónica y Telecomunicaciones, Facultad de Sistemas y Telecomunicaciones de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, previo a la obtención del Título de Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones, me permito declarar que luego de haber orientado, estudiado y revisado, lo apruebo en todas sus partes.

.....
Ing. Victor Fuentes Dumes, M.S.c

TUTOR

CERTIFICACIÓN GRAMATICAL Y ORTOGRÁFICA

En mi calidad de Licenciado de la especialidad de Lengua y Literatura, luego de haber revisado y corregido la tesis “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA FTTH UTILIZANDO EL ESTÁNDAR GPON ENTRE LA FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES Y SUS LABORATORIOS EN LA UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA”, previa la obtención del Título de INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES, del egresado de la Carrera de Electrónica y Telecomunicaciones , Escuela de Electrónica y Telecomunicaciones, Facultad de Sistemas y Telecomunicaciones de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, ALCÍVAR PONCE JEFFERSON STALIN, certifico que está habilitada con el correcto manejo del lenguaje, claridad en la expresión, coherencia en los conceptos, adecuado empleo de la sinonimia, corrección ortográfica y gramatical.

Es cuanto puedo decir en honor a la verdad.

La Libertad, Junio del 2015

Lcd... ..

LICENCIADA EN LITERATURA Y PEDAGOGÍA

TRIBUNAL DE GRADO

Ing. Walter Orozco Iguaznia, MSc.
Decano de la Facultad de
Sistemas y Telecomunicaciones

Ing. Washington Torres Guin, MSc.
Director de Escuela

Ing. Víctor Fuentes Dumes, MSc.
Profesor Tutor

Ing. Daniel Gómez Alejandro
Profesor de Área

Ab. Joe Espinoza Ayala
Secretario General

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación se lo dedico a Dios por haberme dado fuerza y fortaleza para culminar el proceso universitario, a mis padres y familia, por su apoyo sincero e incondicional, a mis compañeros y docentes por brindarme confianza y apoyo.

AGRADECIMIENTO

En el presente trabajo de investigación, dejo constancia mis más sinceros agradecimientos a mi familia quienes siempre han estado a nuestro lado animándome y apoyándome en todo momento y circunstancias.

A los Docentes de la carrera de Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, por compartir sus conocimientos y experiencias.

ÍNDICE GENERAL

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	iii
CERTIFICACIÓN GRAMATICAL Y ORTOGRÁFICA.....	iv
TRIBUNAL DE GRADO.....	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
ÍNDICE GENERAL.....	viii
RESUMEN.....	xiv
INTRODUCCIÓN.....	1
MARCO REFERENCIAL.....	3
1. MARCO REFERENCIAL.....	3
1.1. Identificación del problema.....	4
1.2. Situación actual del problema.....	4
1.3. Justificación del tema.....	5
1.4. Objetivos.....	7
1.4.1 Objetivo General.....	7
1.4.2 Objetivos Específicos.....	7
1.5. Hipótesis.....	8
CAPÍTULO 2.....	10
MARCO TEÓRICO.....	10
2. MARCO TEÓRICO.....	10
2.1 Antecedentes.....	10
2.1.1 Antecedentes históricos.....	11
2.1.2 Antecedentes referenciales.....	13
2.2. PON: Red Óptica Pasiva.....	13
2.2.1. Las Redes PON.....	14
2.2.2 ELEMENTOS DE UNA RED PON.....	15
2.2.2.1 ODN (Optimar Distribution Network).....	16

2.2.2.2	OLT (Optical Line Terminal).....	16
2.2.2.3	ONT (Optical Network Termination).....	16
2.2.2.4	ONU (Optical Network Unit).....	17
2.2.2.5	MDU (Multi-DwellingUnit).....	17
2.2.2.6	SPLITTERS (Divisores Ópticos Pasivos.....	17
2.2.2.7	ODF (Optical Distribution Frame).....	17
2.2.3.	Arquitectura de las redes xPON.....	17
2.3.	Tecnología FTTx.....	19
2.3.1.	Descripción.....	19
2.3.2	Topologías de la Red.....	20
2.3.2.1	Configuración Punto a Punto.....	21
2.3.2.2.	Configuración Punto a Multipunto.....	21
2.3.3	Instalación de la red FTTH.....	25
2.3.3.1	Instalaciones en el terreno.....	25
2.3.3.2	Instalaciones aéreas.....	26
2.3.4	Servicios FTTH.....	27
CAPÍTULO 3.....		29
DETERMINACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....		29
3. REVISIÓN DEL ENTORNO.....		29
3.1.	Diagrama situación actual.....	30
3.2	Determinación de la propuesta.....	31
3.2.1	Causas y efectos.....	31
3.2.2	Medios y fines.....	32
3.3.	Servicios.....	33
3.4	Lineamientos de la situación actual de la red.....	34
3.4.1	Análisis Técnico.....	34
3.4.2	ANÁLISIS DE COSTOS.....	35
CAPÍTULO 4.....		41
DISEÑO.....		41
4. DISEÑO.....		41
4.1	Descripción del área de implementación para el diseño de la red FTTH.....	42

4.1.1 Descripción del proceso.....	43
4.2 Descripción de la ruta y ubicación de los elementos de conexión...	45
4.2.1 ODF de 24 hilos.....	45
4.2.2 Transceivers.....	46
4.2.3 Caja de Dispersión Modelo BMX.....	46
4.2.4 Mini ODF.....	47
4.3 Topología de la Red de Fibra óptica.....	47
4.4 Arquitectura de la Red FTTH.....	48
4.4.1 Diagrama de componentes.....	49
4.4.2 Diagrama de distribución de la Fibra Óptica.....	50
CAPÍTULO 5.....	51
IMPLEMENTACIÓN Y MEDICIONES.....	51
5. DESARROLLO DE LA IMPLEMENTACIÓN.....	51
5.1 Tendido y fusión de la fibra óptica ADSS.....	52
CONCLUSIONES.....	66
RECOMENDACIONES.....	68
BIBLIOGRAFÍA.....	70

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Principales componentes de redes ópticas pasivas.....	14
Ilustración 2: Elementos de redes ópticas pasivas.....	15
Ilustración 3: Arquitectura de una red Gpon.....	18
Ilustración 4: Tecnología FTTx.....	19
Ilustración 5: sistema FTTH PON básica.....	20
Ilustración 6: Topología en estrella o árbol.....	22
Ilustración 7: Topología en bus.....	23
Ilustración 8: Topología en anillo.....	24
Ilustración 9: Topología en anillo.....	24
Ilustración 10: Área de estudio.....	30
Ilustración 11: Árbol de problemas.....	31
Ilustración 12: Árbol de Objetivos.....	32
Ilustración 13: Enlace actual de conexiones de la Facultad.....	33
Ilustración 14: Recorrido de la FO ADSS.....	43
Ilustración 15: Topología de la red de fibra óptica.....	47
Ilustración 16: Arquitectura de red FTTH.....	48
Ilustración 17: Diagrama de red FTTH.....	49
Ilustración 18: Diagrama de distribución de la FO.....	50
Ilustración 19: Instalación del tubo Bajante.....	52
Ilustración 20: Paso de FO por los postes.....	53
Ilustración 21 Proceso para fusionar de la FO en el BMX –paso 1.....	54
Ilustración 22 Fusión de la FO en el BMX –paso 2-.....	54
Ilustración 23: Fusión de la FO en el BMX - paso 3.....	55
Ilustración 24: Ubicación final del BMX.....	55
Ilustración 25: Ingreso de la FO al Laboratorio de Electrónica.....	56
Ilustración 26: Manipulación de la FO.....	56
Ilustración 27: Manipulación de los Patch Cords.....	57
Ilustración 28: Fusionadora de Fibra óptica.....	57
Ilustración 29: Hilos de fibra.....	60

Ilustración 30: Organizador de fibra óptica.....	60
Ilustración 31: Pacht de fibra cortados y etiquetados.....	60
Ilustración 32: Fusión de odf.....	61
Ilustración 33: Armado de la caja de BMX de distribución de hilos de fibra	62

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Características y estándares de redes ópticas pasivas.....	15
Tabla 2: Hardware necesario para la implementación.....	34
Tabla 3: Herramienta para la implementación.....	35
Tabla 4: Costos de Hardware para el desarrollo.....	36
Tabla 5: Gastos de suministros.....	36
Tabla 6: Costo total en el desarrollo e implementación del proyecto.....	36
Tabla 7: Financiamiento.....	37
Tabla 8: Costo de Operación Anual.....	37
Tabla 9: Gastos Generales Anuales.....	37
Tabla 10: Cuadro de justificación de ingreso.....	38
Tabla 11: Tabla de Amortización e interés.....	38
Tabla 12: Estado de Pérdidas y Ganancias.....	39
Tabla 13: Flujo de Cajas y Valor actual.....	39

**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES
ESCUELA DE ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA FTTH
UTILIZANDO EL ESTÁNDAR GPON ENTRE LA FACULTAD DE
SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES Y SUS LABORATORIOS EN LA
UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA”**

Autor: ALCÍVAR PONCE JEFFERSON STALIN

Tutor: Ing. VICTOR FUENTES DUMES, MSc.

RESUMEN

Los nuevos sistemas de transmisión de datos basados en fibra óptica se han constituido en el medio de comunicación más aceptable para la transmisión de video, audio, voz y datos, de manera especial para comunicaciones de alta velocidad, ya que estas brindan esenciales características como nitidez, versatilidad y un menor costo en base al tiempo y beneficios, en comparación con las antiguas tecnologías como son los basados en cobre, ya sea el cable coaxial y el cable par trenzado, la fibra óptica brinda beneficio.

En el presente trabajo se describe la situación en la que se encuentra el laboratorio para determinar el problema, se establecen los objetivos y se plantea la hipótesis. Se realiza un estudio el marco teórico que corresponde a la tecnología implementada, a saber, FTTH o fibra hasta el hogar empleando un enlace de fibra óptica ADSS con topología punto a multipunto. Se detalla la situación actual de la estructura de la red y los equipos con que cuenta la Facultad, a más de los gastos a sufragar en esta alternativa de solución para su posterior diseño e implementación. El diseño corresponde a una alternativa para poder implementar el sistema de video vigilancia en estudio. Y por último se implementa la solución, tomando los estándares correspondientes de construcciones y facilidades de fibra óptica con empalmes certificados y conexiones en ODF, BMX y mini ODF, realizando las respectivas mediciones de atenuaciones, medición de potencias de los hilos así como se comprueban las longitudes correspondientes. De esta forma se llega a cumplir con los objetivos planteados

INTRODUCCIÓN

Actualmente, el mundo se encuentra ante una creciente necesidad de intercambiar grandes volúmenes de información, tanto en los lugares de trabajo, como en el hogar, por lo que las tecnologías que intervienen en las Telecomunicaciones, siguen en constante desarrollo, tanto en los equipos de transmisión y recepción, así como el medio por el que se transmite. Este último se constituye en una verdadera súper pista de la información, diferenciándose por sus características y frecuencias de transmisión entre los diversos medios. El cobre como medio de comunicación presenta el limitante de soportar tasas de transmisión limitadas, en tales circunstancias, emerge la fibra óptica por la que se pueden transportar grandes cantidades de datos en un tiempo reducido.

Esta fibra, con una estructura tan delgada como un cabello humano y siendo un filamento compacto de alta pureza, ha contribuido de gran manera para que las comunicaciones cada día sean más rápidas y eficientes. Al desarrollarse la fibra óptica como el medio que lo permite, aparecen los Sistemas de Comunicaciones por fibra óptica, a saber, los equipos de transmisión y recepción ópticos, con los que se efectúan las conexiones.

En la parte de la transmisión, inicialmente se convierte la señal analógica en digital, y después de ser modulada, un conversor de voltaje-corriente genera mayor energía activando un diodo o fuente de luz, el cual se enlaza con el acople del núcleo de la fibra y se emite la señal. En la recepción, el fin de la fibra se acopla a un diodo detector de luz, altamente sensible, lo que permite generar un flujo de corriente cuya variación es medible. A esta se la denomina corriente oscura, convirtiéndola en señal de voltaje para posteriormente ser de-modulada y por medio de un conversor digital-analógico recomponer la señal original.

El FTTH, o fibra hasta el hogar, es una tecnología de telecomunicaciones con sistemas de transmisión ópticos que soportan servicios como el triple play, el cual demanda altos anchos de banda. Las redes de fibra óptica pasiva, conocidas por sus siglas en inglés, PON, Passive Optical Network, tienen un dispositivo divisor óptico o splitter, el cual elimina los componentes activos de las redes tradicionales, permitiendo reducir costos en las implementaciones de las comunicaciones.

Este proyecto diseña e implementa una red FTTH usando el estándar GPON el cual permitirá velocidades de un gigabit por segundo y superiores en la red de datos de la Facultad de Sistemas y Telecomunicaciones y sus laboratorios, con lo que se dispondrá de una estructura de comunicación que soportará un tráfico de voz, datos, video y transmisiones en altas tasas. Este enlace entre las oficinas de la facultad, la sala de profesores y los laboratorios de Electrónica y Telecomunicaciones, tendrá un margen para las futuras ampliaciones que se podrán implementar, garantizando una estructura de red más versátil y ágil con un mayor ancho de banda y mejor calidad de servicio por ser inmune a interferencias electromagnéticas.

CAPÍTULO 1

MARCO REFERENCIAL

1. MARCO REFERENCIAL

En este apartado se describe la situación actual de interconexión de los elementos de red, entre las áreas que corresponden a la Facultad de Sistemas y Telecomunicaciones, con lo que se determinan los objetivos e hipótesis de este proyecto de fin de carrera, para proyectar el alcance de la solución a proponerse.

1.1. Identificación del problema

Para efectos de la comunicación interna, la Universidad Estatal Península de Santa Elena, posee una estructura de red dividida en: alámbrica, cuyo medio principal es el par de cobre, e inalámbrica con pequeñas coberturas dadas por puntos de acceso. En tal virtud, las comunicaciones de la red de datos del campus, brindar una intranet para el manejo de correo interno, principalmente y con una salida restringida al internet.

De esta manera, el servicio que disponen actualmente tanto el personal administrativo, como de profesores y de estudiantes, colapsa en ciertos momentos. Esto permite identificar el problema al no contar con una red de datos que permita una conexión entre las diferentes áreas de la Facultad de manera eficiente, así como la interconexión con el resto de las facultades y oficinas administrativas del alma mater.

1.2. Situación actual del problema

En el año 2007 se creó la carrera de Electrónica y Telecomunicaciones, que junto con la de Informática, formaban parte, inicialmente de la Facultad de Ciencias Administrativas para posteriormente conformar la Facultad de Sistemas y Telecomunicaciones.

La estructura de red que posee el campus universitario es basado en un backbone¹ con equipos ubicados en la sala de comunicación, en cuanto al medio de transmisión principalmente es alámbrico, el cual usa el par trenzado de cobre categoría 5e con lo que se

¹ Backbone, es el enlace principal de una red, es el cableado que comunica todos los cuartos de telecomunicaciones con el cuarto de equipos

interconectan las computadoras y las impresoras de las oficinas administrativas del rectorado y de las facultades, así como de la sala de profesores y de los laboratorios de informática. En cada área mencionada está ubicado un mini rack².

La Facultad de Sistemas y Telecomunicaciones tiene un área administrativa donde se ubican las oficinas del decano, los directores de carrera y sus asistentes, así como la sala de profesores, los laboratorios de computadoras para las clases prácticas y el laboratorio de Electrónica y Telecomunicaciones, mismas que están interconectadas con un mini rack en cada uno de los sitios mencionados.

La otra forma de conexión es inalámbrica con pequeñas áreas wifi³ repartidas dentro del campus para el uso de la comunidad universitaria las mismas que tienen restringido el tiempo y la velocidad de conexión.

1.3. Justificación del tema

Con lo expuesto anteriormente, se pone de manifiesto que la red del campus tiene limitaciones y debido a la ausencia de una de red que soporte altas tasas de transmisión de forma eficiente y que agilice la fluida comunicación entre las áreas de nuestra facultad, surge la necesidad de realizar un trabajo de fin de carrera, en el cual se demostrará los conocimientos adquiridos en todos estos años de

2 Rack, soporte metálico para alojar equipamiento electrónico, informático y de comunicaciones

3 Wifi, tecnología de comunicación inalámbrica mediante ondas electromagnéticas

estudios en lo referente a Redes y Comunicaciones, con lo que se pueda dar solución a este problema.

Cabe resaltar también que se descongestionará la red en la subida de datos y sobre todo en la bajada, por la constante descarga de información por parte de los estudiantes de la Facultad, al momento de realizar los diferentes trabajos de investigación, obteniendo una mejora considerable en la calidad de servicio.

Por tanto, para dar solución al problema se empleará la tecnología FTTH⁴ con el estándar GPON⁵, con lo que se comprenderá el funcionamiento de las redes ópticas pasivas y se conocerán las tecnologías que intervienen. Debido a la naturaleza pasiva de las redes FTTH con tecnología GPON, los dispositivos electrónicos se ubican solo en los extremos de la red, lo que facilita la implementación y la posterior reparación de los sistemas con mantenimientos menos complicados

Entre las principales ventajas que representa aplicar este diseño en la Facultad de Sistemas y Telecomunicaciones de la UPSE se puede citar:

- Grandes velocidades de transferencia y elevadas capacidades de envío de datos.
- La fibra óptica es inmune a los ruidos electromagnéticos.

4 FTTH, Fiber to the home, fibra hasta la casa

5 Gpon, Red Óptica Pasiva con Capacidad de Gigabit

- Seguridad en los datos, no puedan ser captados desde el exterior de la fibra óptica.
- Estabilidad frente a variaciones de temperatura
- Soporta los servicios de video, voz y datos.
- Poseen un alcance de 20 kilómetros pudiendo alcanzar unos cuantos más.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General

Diseñar e implementar una red de fibra óptica FTTH utilizando el estándar GPON entre la Facultad de Sistemas y Telecomunicaciones y sus laboratorios en la Universidad “Estatad Península de Santa Elena” para el uso de las comunicaciones entre docentes, estudiantes y personal administrativo.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Detallar los fundamentos técnicos y teóricos de las tecnologías FTTH.
- Describir las redes ópticas pasivas xPON dentro de las tecnologías de las redes de acceso de fibra óptica.
- Analizar las ventajas de las redes de acceso de fibra óptica.
- Diseñar una red de acceso de fibra óptica FTTH utilizando la tecnología GPON para la Facultad de Sistemas y Telecomunicaciones.
- Implementar la red de fibra óptica diseñada para dar solución al problema analizado.

1.5. HIPÓTESIS

La presentación de un diseño e implementación de una red de acceso FTTH estandarizada con la tecnología GPON permitirá llegar hasta la Facultad de Sistemas y Telecomunicaciones y así poder mejorar el servicio de comunicación. Lo que representa un avance considerable con respecto a las redes de acceso convencionales y la prestación optima de servicios de banda ancha.

1.6. VARIABLES

- **Variable independiente:**

Red de fibra óptica FTTH utilizando el estándar GPON.

- **Variable dependiente:**

Servicios de comunicaciones.

Mejora la red de acceso.

Actualización de Técnicas y tecnología

1.7. RESULTADOS ESPERADOS

Esta investigación se direcciona hacia la caracterización de la red de fibra óptica y sus grandes beneficios como son las bajas tasas de pérdida de señal, gran capacidad de transmisión y un alto grado de confiabilidad en los distintos tipos de redes haciéndolas inmunes a las interferencias electromagnéticas de radio frecuencia, convirtiéndose en un medio sumamente seguro de transmisión de señales.

- Aplicar técnicas y tecnologías de comunicación utilizando como

medio la fibra óptica.

- Se tenderá un tramo de 400 metros de fibra óptica mono modo ADSS⁶ de 24 hilos.
- Facilitar de transmisión de manera bidireccional mediante el uso de la fibra óptica.
- Asegurar los datos de los usuarios al usar un medio de acceso seguro.
- Mejorar la productividad de los integrantes de la Facultad de Sistemas y Telecomunicaciones.
- Obtener una mayor cantidad de información en el menor tiempo posible.

⁶ ADSS, All Dielectric Self-Supported, cables ópticos auto-sustentados

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

Al revisar el fundamento teórico que corresponde a esta sección se va a resaltar el desarrollo y las aplicaciones de las comunicaciones por fibra óptica desde su aparición hasta el presente, haciendo hincapié en los estudios realizados en el área específica de la tecnología Fibra hasta el Hogar FTTH con la norma GPON, las tesis desarrolladas en este sentido y el avance alcanzado por esta tecnología. De esta manera se observa que el marco teórico nos proporciona la información necesaria para enfocar el conocimiento respectivo y ofrecer diferentes posibilidades de comprensión del problema tratado, con lo que posteriormente se diseñará la solución al mismo.

2.1.1 Antecedentes históricos

La fibra óptica es un elemento muy conocido hoy en día, siendo uno de los mayores inventos del siglo XX, dándose sus inicios y bases en los siglos XVIII y XIX. En los años 50 del siglo anterior, Narinder Singh Kapany, desarrolló una teoría para obtener un material a

través del cual la luz pudiera viajar, y en caso de presentarse alguna curvatura, la luz pudiese adaptarse y viajar. En el artículo “Flexible Fibrescope using static scaning”, en el que habían logrado conducir un haz de luz a través de un agregado de fibras de 75 centímetros de largo, en donde las pérdidas toleradas en el traspaso eran insignificantes, inclusive en sus curvaturas[CITATION Har54 \l 12298].

Los estudios anteriores sirvieron para que unos estudiantes de la Universidad de Michigan, dieran los primeros usos prácticos a la fibra óptica y años después fabricaron un elemento óptico con el que realizaron una endoscopia, presentando muchas pérdidas y atenuaciones todavía.[CITATION Hir56 \l 12298], en el mismo año el padre de la fibra óptica mediante su tesis doctoral predijo que la atenuación no debía exceder los 20 decibelios por kilómetro para transmisiones de datos[CITATION Cha56 \l 12298]. Con estos aportes la industria empezó a concientizarse de que el porvenir de las comunicaciones estaba, en gran medida, en el paso de la luz a través del vidrio.

Ellos desarrollaron un estudio teórico presentando los procesos de fabricación y purificaron las fibras fabricadas detectando impurezas en los cristales. Para su manejo y facilidad de instalación encamisaron las fibras con nylon y una cubierta resistente.

Con todo este antecedente se dieron importantes avances en la fibra óptica en la década del 70 como son:

- Corning en el año de 1970 logró conseguir fibras que tenían una atenuación de 20 decibeles.
- En el año de 1972 se inventa la fibra óptica con núcleo de manera líquida y una atenuación de 8 decibeles.

- Nuevamente Corning en 1973 logra conseguir una fibra óptica de SiO₂, de gran pureza logrando atenuaciones de 0,5 dB/km
- Luego en 1976 NTT y Fujicura consiguen la Fibra Óptica con atenuación 0,47 dB/km en 1.300 nm.
- Los Laboratorios Bell desarrollaron láseres que los hicieron funcionar a temperatura ambiente y en abril de 1977, General Telephone and Electronics lograron una transmisión telefónica a través de fibra óptica con una tasa de 6 Mbps.
- En 1979 se alcanzan atenuaciones de 0,12 dB/km con fibras mono modo en 1550 nm.

En cuanto a las tecnologías que han hecho uso de la Fo⁷, a fines de los 90, aparecieron las Redes Ópticas Pasivas PON por las cuales se ha podido ofrecer servicios de telecomunicaciones por este medio hasta los hogares de los usuarios. Por su conexión punto a multipunto, desaparecen algunos dispositivos entre el proveedor y el abonado o usuario, abaratando los costos de implementación y mantenimiento. Luego de esto aparece un organismo denominado FSAN⁸ (Full Service Access Network), para estandarizar los requerimientos básicos y mejorar la interoperabilidad con lo que se reducen los precios de los equipos, y entre el 2001 y el 2004 se define el estándar GPON.

Por su adelantada tecnología en los últimos años, ha logrado imponerse como el principal medio de intercambio de información. Este material vino a impulsar las telecomunicaciones, con lo que se alcanzan grandes tasas de transferencia y se disminuyen los ruidos y las interferencias en las transmisiones. Después de todo esto, las comunicaciones han evolucionado de tal manera que actualmente la fibra óptica ha cruzado

⁷ Fo, Fibra óptica

⁸ FSAN, Full Service Access Network, Red de servicios de acceso completo o total

todo el mundo, formando una gran malla tejida en las ciudades, hasta llegar a los hogares de los usuarios.

2.1.2 Antecedentes referenciales

Dentro del marco referencial de la investigación se debe realizar la comparación de las investigaciones tecnológicas realizadas sobre este tema, y para este caso de estudio, en las universidades, de las que se han revisado las siguientes:

“Diseño Básico de Redes de Acceso FTTH utilizando el estándar GPON”, elaborado por Ing. Cristhian Oswaldo Añazco Aguilar en el año 2013, en donde se analiza el diseño de una red de acceso de fibra óptica para dar servicios convergentes conocidos como Triple Play.

“Estudio y diseño de una red FTTH en un campus Universitario y una vivienda residencial”, realizada por Arturo Osvaldo Ojeda Sotomayor (2009), proporcionando al campus y a la residencia los servicios de video, voz y de datos..

Las características que ofrece la tecnología GPON son, entre otras, una estructura de trama escalable de 622 Mbps hasta 2.5 Gbps. Dicha red de fibra óptica, facilita la transmisión bidireccional de información en una sola fibra llamada PON. El estándar que se maneja en los equipos GPON está entre los 2,4 Gbps en el canal de bajada y 1,2 Gbps en el de subida y gracias a estas velocidades de transferencia de datos permite ofrecer videoconferencias o televisión digital de gran calidad.

2.2. PON: Red Óptica Pasiva

Como se indica en las recomendaciones ITU-T las Redes Ópticas Pasivas prescinden de los elementos activos de una red entre un proveedor y un usuario, por componentes pasivos llamados divisores ópticos pasivos también conocidos como splitters. [CITATION UIT08 \l 3082]

Las redes ópticas pasivas tienen entre sus componentes:

- Un módulo OTL, Terminal de línea Óptica, ubicado en el nodo central, y transporta datos desde allí hasta el splitter.
- Un divisor óptico o splitter, el cual divide la señal de la fibra.
- Las Unidades de Redes Ópticas o ONU y cuya ubicación está en el domicilio de los destinatarios, los que reciben la señal de los splitters.

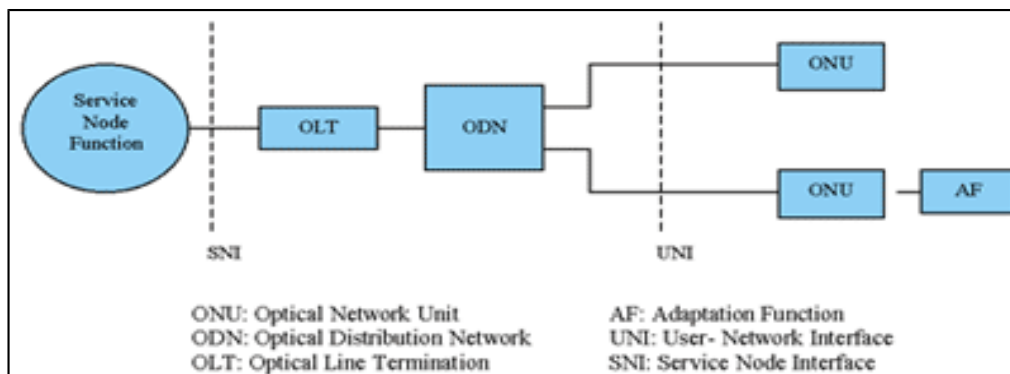


Ilustración 1 Principales componentes de redes ópticas pasivas

Fuente: <http://www.eetimes.com>

2.2.1. Las Redes PON

La unión Internacional de telecomunicaciones ITU-T y la IEEE⁹ hacen referencia a las siguientes redes PON:

TIPO	ESTANDAR	CARACTERÍSTICAS
APON ¹⁰	ITU-T G.983	1. Transmisión basada en ATM

⁹ IEEE, Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

¹⁰ APON, ATM ((Asynchronous Transfer Mode) Passive Optical Network

		2. Tasa máx. 155Mbps, distribuida entre ONUs 3. Hasta 622 Mbps
BPON¹¹	ITU-T G.983	1. Basada en APON 2. Soporta otros estándares de banda ancha
EPON¹²	IEEE 802.3	1. Se basa en tráfico Ethernet 2. Diseñada para aprovechar el EFM, última milla ethernet 3. Opera con velocidades hasta de 1,25 Gbps 4. Reduce costos al no usar elementos ATM y SDH
GPON	ITU-T G.984	1. Desarrollado sobre ATM 2. Basado en la arquitectura BPON 3. Cobertura hasta 20 Km 4. Da soporte global multiservicio 5. Soporta velocidades hasta 2,5 Gbps
GEPON¹³	IEEE 802.3av	1. Desarrollado sobre Ethernet 2. Con similares características del GPON
HGPON¹⁴	ITU-T G.894	1. Basado en transmisión ATM 2. Características similares a la GPON 3. Tiene mayor capacidad de ancho de banda

Tabla 1: Características y estándares de redes ópticas pasivas

Fuente: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/>

2.2.2 ELEMENTOS DE UNA RED PON.

Los principales elementos que conforman una red PON se describen en la figura a continuación referidos por INTECH [CITATION Net15 \l 3082].

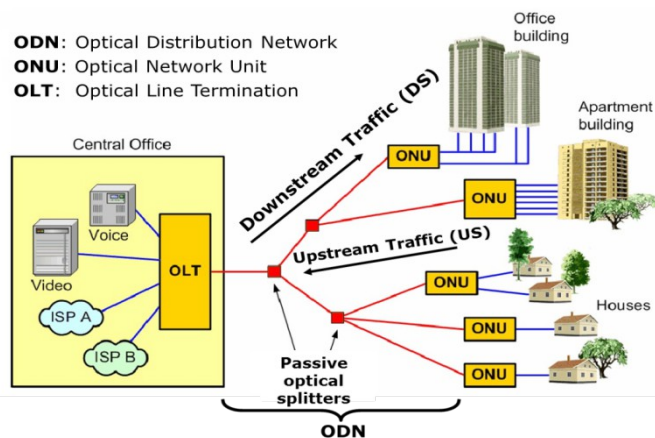


Ilustración 2: Elementos de redes ópticas pasivas

Fuente: <http://www.intechopen.com/books>

¹¹ BPON, Broadband PON - Red Óptica Pasiva de Banda Ancha

¹² EPON, Ethernet PON – Red Óptica pasiva basada en ethernet

¹³ GEPON, Gigabit EPON – EPON que soporta velocidades de transferencia de Gigabits por segundo

¹⁴ HGPON,

2.2.2.1 ODN (Optimar Distribution Network).

Esta red de distribución mantiene la comunicación constante entre las OLT y el usuario.

Existen dos tipos de ONT según la función que desempeñen:

- H-OLT: conocida como ONT de la casa está situado solamente dentro del lugar de vivienda para de esta manera otorgar brindar servicios a un beneficiario particular.
- B-ONT: ONT de edificio tiene capacidad para ser conectado en empresas o edificios donde se necesita brindar el servicio a varios usuarios a la vez.[CITATION ONT13 \l 12298]

2.2.2.2 OLT (Optical Line Terminal).

El OLT es el encargado de gestionar el intercambio de datos hacia los beneficiarios. Además cumple con funciones de encaminar los datos para entregar los servicios solicitados por los usuarios de manera eficiente. Está ubicado cerca del operador, compuesta de varios puertos de línea y cada uno de ellos soportan hasta 64 ONT.

2.2.2.3 ONT (Optical Network Termination).

Está ubicado cerca del cliente, al finalizar el tramo de FO, son construidas para soportar las más duras condiciones del ambiente y tienen baterías incorporadas. Como refiere Ramon Millar Tejedor [CITATION Mil15 \l 3082], en las FTTN las ONT son reemplazadas por MDU¹⁵, reutilizando así el par de cobre emplazado pero, a su vez, alcanzando las imperceptibles distancias necesarias para adquirir velocidades equilibradas de hasta 100 Mbps por usuario.

¹⁵ MDU, Unidad Multi alojamiento

2.2.2.4 ONU (Optical Network Unit).

La unidad de red óptica es conocida como el mecanismo que funciona como nudo entre el beneficiario y la OAN, conectada a la ODN.

2.2.2.5 MDU (Multi-DwellingUnit).

Es uno de los componentes más importantes de la red PON, ya que ofrece algunos servicios. Usan de mejor manera las redes de cobre presentes y uno de sus puntos débiles es que no soporta transmisiones de gran velocidad en grandes distancias.

2.2.2.6 SPLITTERS (Divisores Ópticos Pasivos).

Es un dispositivo que se encuentra ubicado entre el OLT y sus respectivos ONT a los cuales suministra el servicio. Sus funciones elementales son multiplexar y de-multiplexar las señales recibidas. Son unidades de repartición óptica bidireccional y pueden además combinar potencias. Los splitters se dividen en esenciales y suplentes, y esto es por la ubicación de la red.

2.2.2.7 ODF (Optical Distribution Frame).

Se denomina ODF a aquel componente pasivo que provee el vínculo y límite de un fragmento de fibra mediante conectores con el propósito de optimizar la maniobra, clasificación, sostenimiento y resguardo de dicho fragmento. Brinda a la red la posibilidad de alcanzar un crecimiento adecuado y en orden.

2.2.3. Arquitectura de las redes xPON

Como indica Ramón Millan [CITATION Mil15 \l 3082], las redes xPON generalmente, y específicamente las Gpon, tienen una estructura formada por un OLT ubicada dentro de las oficinas del proveedor, y las ONT en las cercanías del hogar. La OLT posee varios puertos GPON, con los que

conecta a 64 ONT, pudiendo tener más puertos dependiendo del equipo. Si se requiere enlazar una OLT con ONT enviando datos, la fibra óptica transporta una longitud de onda *downstream*. Los datos *upstream* desde la ONT hasta la OLT, son llevados en una longitud de onda distinta para evitar colisiones. El splitter permite las dos direcciones de tráfico.

La fuente antes señalada refiere que se realiza un broadcast óptico para el downstream con técnicas de seguridad AES (Advanced Encryption Standard), y para el upstream el tráfico se basa en TDMA (Time Division Multiple Access) permitiendo transmitir sin colisiones entre la ONT y la OLT. Esta forma de transmitir se la efectúa cuando es necesario, a diferencia de las tecnologías TDM la cual maneja un período temporal para transmitir de manera periódica. El gráfico siguiente muestra la arquitectura punto a multipunto, llamada también como una topología en árbol.

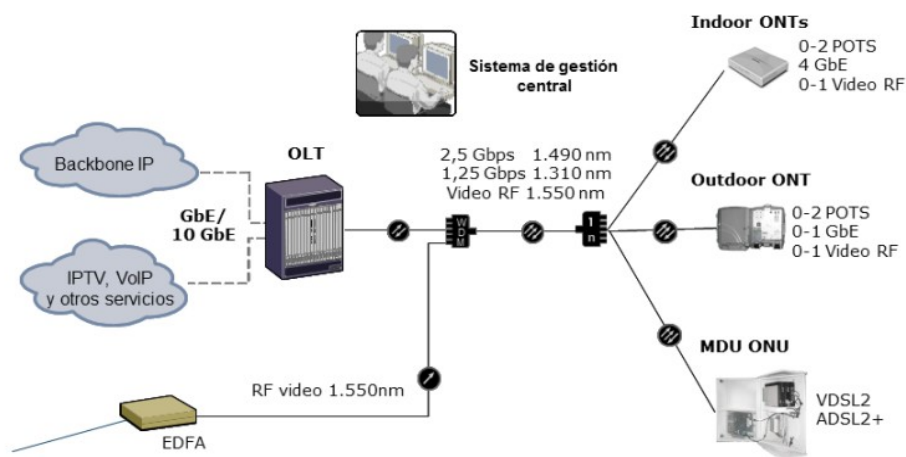


Ilustración 3: Arquitectura de una red Gpon

Fuente: <http://www.ramonmillan.com/tutoriales/gpon.php>

“Cuando los usuarios lo necesitan si el canal está disponible, conociéndose como DBA (Dynamic Bandwidth Allocation) o sea ubicación dinámica del ancho de banda que se da en una PON punto a

multipunto. La longitud de onda en la red GPON para el tráfico de datos en el canal downstream es de 1.490 nm y para el tráfico upstream es 1.310 nm. Con el uso de WDM (Wavelength Division Multiplexing) se logra una tercera longitud de onda de 1.550 nm”. [CITATION Mil15 \l 12298]. Entonces en una red GPON podemos transmitir en diferentes longitudes de onda como 1.490 nm, 1.310 nm y 1.550 nm de acuerdo a la necesidad presentada.

2.3. Tecnología FTTx

2.3.1. Descripción

La aportación que hace la universidad de Alicante [CITATION Ber14 \l 3082] menciona que se pueden distinguir distintos tipos de redes FTTx dependiendo de la distancia entre el tramo de fibra y el usuario final.

Básicamente consideran las siguientes:

- FTTN (Fiber-to-the-node): El tramo de fibra termina en una cabina situada en la calle de entre 1,5 a 3 km del usuario.

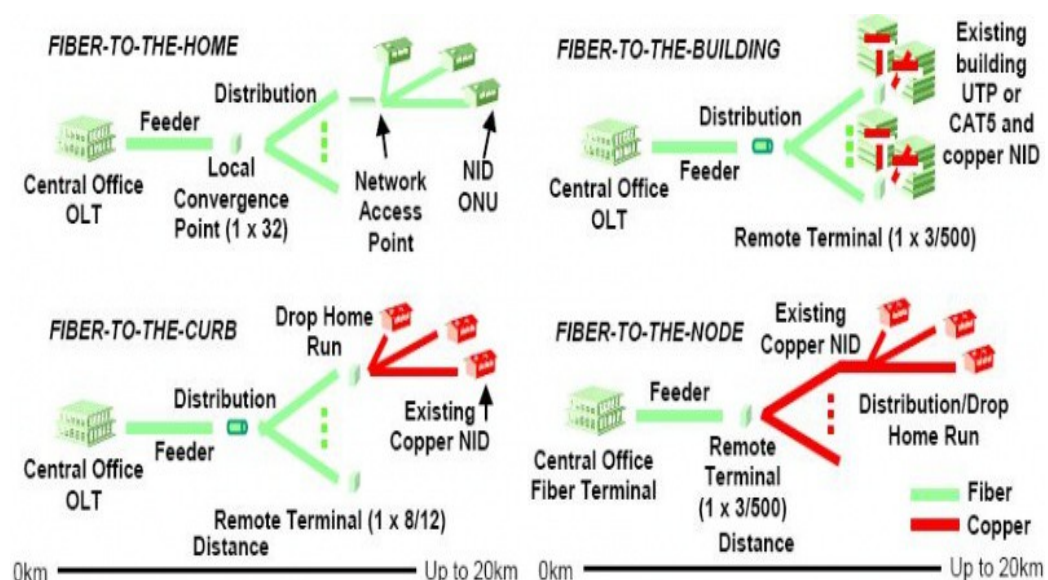


Ilustración 4: Tecnología FTTx

Fuente: http://wikitel.info/wiki/Imagen:Ftx_arquitecturas.jpg

- FTTC (Fiber-to-the-curb): hasta la acera. En este caso la cabina se encuentra más próxima al usuario, a una distancia entre 300 y 600 metros.
- FTTB (Fiber-to-the-building o Fiber-to-the-basement): el proveedor de servicio llega hasta el cuarto de distribución del edificio. A partir de este punto se llega hasta el usuario normalmente utilizando par de cobre.
- FTTH (Fiber-to-the-home): la fibra llega al interior o a la fachada de la vivienda.

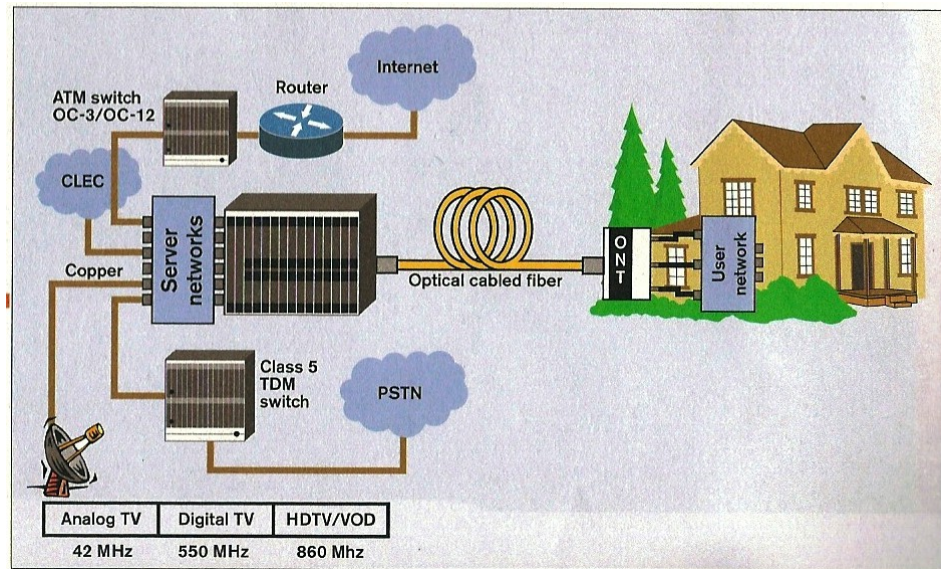


Ilustración 5: sistema FTTH PON básica
Fuente: http://wikitel.info/wiki/UA-FTTX_PON

2.3.2 Topologías de la Red

A continuación se van a describir las distintas configuraciones de las redes FTTH, como se refiere Cisco en la certificación CCNA¹⁶ 1.

¹⁶ CCNA, Cisco Certified Network Association

2.3.2.1 Configuración Punto a Punto

Las denominadas redes punto a punto se caracterizan porque cada canal de datos se utiliza para contactar únicamente dos nodos, entre el OLT y los ONT a través de cables de fibra óptica. Este tipo de red no es muy requerida en las instalaciones, hasta las casas, debido al gran costo de implementación. Este tipo de servicio, por lo general es usado por las instituciones que requieran una conexión entre los diversos departamentos y soliciten un servicio de telecomunicación con una determinada capacidad. Es de resaltar que son sencillas de instalar y su operación no requiere de mayores conocimientos en redes, pero si las interconexiones crecen, las relaciones entre punto se vuelven complicadas de coordinar.

Los enlaces que ayudan a interconectar los nodos se clasifican de la siguiente manera: Simplex, Half dúplex y Full dúplex.

En el tramo entre el OLT y el ONT es común que se use un sistema bidireccional. En el caso de la transmisión se usan variadas longitudes de onda por cada dirección para evitar las reflexiones indeseadas dentro de la propia fibra.

2.3.2.2. Configuración Punto a Multipunto

En la configuración punto a multipunto, se manejan estructuras fáciles y con precios accesibles, razón por la cual la tecnología FTTH utiliza esta configuración, comúnmente llamada PON o Red Óptica Pasiva. Como se revisó en líneas anteriores las redes PON constan de OLT, ONT, ODN y divisores ópticos. Con este tipo de arquitectura se disminuyen los costos al utilizar elementos pasivos sencillos, logrando dividir los costos entre los diversos segmentos de la red. De esta manera los abonados

comparten un solo cable de fibra que llega hasta el splitter, donde la señal es repartida a los respectivos destinos.

Las redes ópticas pasivas pueden adoptar distintas topologías como son, en estrella o árbol, en anillo y en bus. La elección de una topología óptima va a depender de la condición geográfica y del emplazamiento de los usuarios.

Arquitectura en estrella o en árbol

Es el más utilizado en las redes FTTH y esto se debe a que su costo de instalación es más bajo que el de las demás arquitecturas y por su probada eficiencia. Su estructura está compuesta por la interconexión del nodo central con un divisor óptico unido tan solo un tramo de fibra. El divisor es el encargado de racionar la señal, enviándola a sus destinatarios. Este divisor requiere unas funciones especiales para la privacidad y seguridad. En el caso de las tareas de conmutación al divisor se asignan unos intervalos de tiempo específicos para los ONTs, basándose en la demanda de ancho de banda de cada uno de estos.

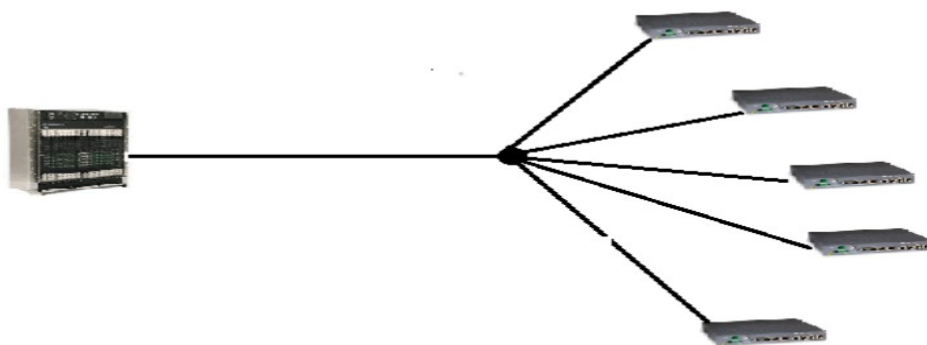


Ilustración 6: Topología en estrella o árbol
Fuente: CNNA 1, Cisco

En el canal ascendente se utiliza normalmente multiplexación por división en el tiempo (TDM). Puede modificarse con facilidad, es decir, si crece la cantidad de abonados, la red en estrella puede dividirse en varias subredes, demostrando de esta manera la flexibilidad de la arquitectura. Pero presentan así mismo debilidades en cuanto a la fiabilidad. La rotura del tramo principal de fibra o un fallo divisor óptico supondría la caída completa del todo el sistema. También se debe prevenir de los fallos en los amplificadores de la conexión de los puertos de los nodos de acceso originados por un fallo del láser o del corte de sintonización.

Arquitectura en bus

Su característica principal es que el nodo central está conectado a otros nodos mediante un enlace común, que comparten todos los nodos de la red. Esta red maneja dos direcciones: una de izquierda hacia la derecha, donde los nodos insertan tráfico, y otra de derecha hacia la izquierda, donde los nodos solo tienen dos funciones: leer o leer y eliminar el tráfico.

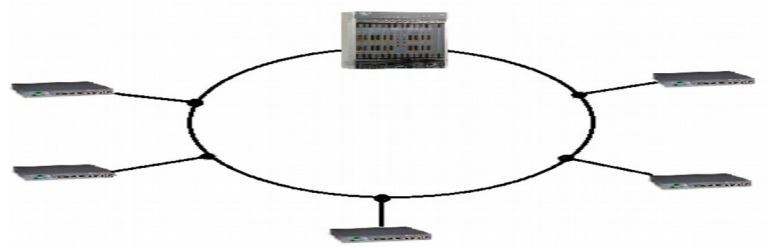


Ilustración 7: Topología en bus

Fuente: CNNA 1, Cisco

Evidentemente, el gran inconveniente de estos sistemas es la fiabilidad de la transmisión. La ruptura del enlace de fibra en un punto determinado del circuito deja sin comunicación a todos los usuarios situados en el tramo posterior a la rotura del cable.

Arquitectura en Anillo

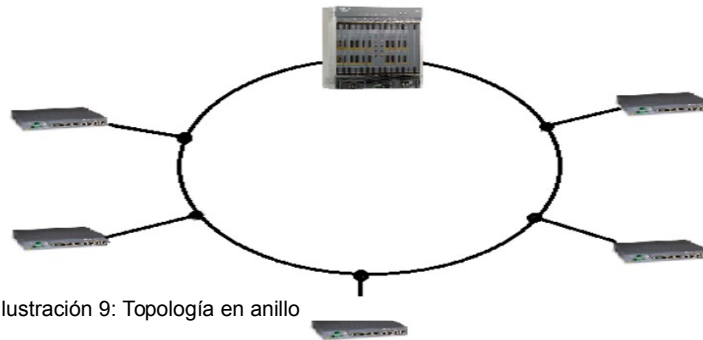


Fuente: CNNA 1, Cisco
Ilustración 8: Topología en anillo

Este tipo de arquitectura, es básicamente un enlace común para todos los nodos en forma del anillo. Las topologías en anillo son interesantes por su robustez y son la base de muchas arquitecturas LAN y MAN para conseguir una comunicación fiable. Los anillos para rescatar la información después de un fallo manejando dos tipos de técnicas de protección:

- la protección de ruta
- y el enlace/nodo de recuperación.

La primera radica en reenviar el intercambio desde el OLT en el sentido contrario al sentido anterior. La segunda técnica es similar, pero en este caso el tráfico se re direcciona en el nodo/enlace donde se ha producido la rotura.



Fuente: Ilustración 9: Topología en anillo
Cisco

CNNA 1,

Este tipo de topología de fibra óptica asegura el tráfico al enviarlo por distintos cables de fibra, por si se rompe el cable principal. También se conoce de otra técnica de recuperación un poco más compleja que la anterior, y es la basada en WDM. Esta consiste en enviar la información por varios cables a distintas longitudes de onda.

2.3.3 Instalación de la red FTTH

En el trabajo “Estudio y diseño de una red FTTH en un campus Universitario y una vivienda residencial” [CITATION Oje09 \l 3082], se destacan tres métodos de instalación en las redes FTTH, que son escogidos en función de consideraciones económicas, derechos de paso, características de la red, estética y cuidado del entorno, entre otras. Estos tres métodos son:

- Directamente enterrado
- Subterránea con ductos
- Instalación aérea

A su vez se pueden clasificar como:

- Instalaciones en el terreno: Métodos que enrutan el cableado por el subsuelo:
 - Directamente enterrado
 - Subterránea con ductos
- Instalaciones aéreas: Métodos que enrutan el cableado por encima del nivel del suelo mediante postes. Pertenecen a este grupo:
 - Instalación aérea

2.3.3.1 Instalaciones en el terreno

El trabajo antes mencionado resalta, que en la instalación directamente enterrada es necesaria maquinaria pesada para la excavación de una zanja, donde el cable de fibra es introducido directamente sin ninguna protección; otra posibilidad es que se inserte el cable de fibra a medida que se vaya realizando la excavación de la zanja, para lo cual será necesario maquinaria especializada.

En la instalación subterránea con ductos se requiere la colocación previa de ductos que conducirá uno o varios cables entre cámaras subterráneas, sean estas cámaras de paso o de registro. Para realizar este tipo de instalación se requiere previamente esparcir sobre la superficie de la fibra óptica un lubricante compatible con la misma, con el fin de reducir la fricción con el ducto. Posteriormente, se procede al empleo de un mecanismo de introducción del cable dentro del ducto, pudiendo ser éste del tipo manual o a través de un dispositivo mecánico. Además, se requerirá de un instrumento de medida de tensión para verificar que no se sobrepase la fuerza máxima permisible sobre la fibra óptica al momento del tendido.

Las cámaras subterráneas sirven como puntos de acceso para la manipulación de la fibra en un tendido subterráneo; estas pueden ser tan grandes como para la entrada de una persona facilitando el tendido subterráneo de la fibra e instalación de los ductos; o tan solo para la entrada de los brazos, permitiendo la manipulación de las fibras a la entrada de los edificios.

2.3.3.2 Instalaciones aéreas

De igual manera, la fuente antes mencionada también indica que la instalación de cable aérea se realiza sobre postes y torres, los cuales permiten el tendido sobre el nivel del terreno. El método más común es el

devanado con mensajero de acero, que consta de un cable metálico guía entre los postes o torres que servirá de soporte duradero para el cable de fibra óptica, el cual se sujeta al mensajero mediante el entrelazado con otro cable. Sin embargo, este método no se utiliza cuando se tiene una compartición de infraestructura aérea: postes, con otras empresas; donde el peso del cable juega un rol importante para los postes que los soportan. Para este caso, es recomendable realizar una instalación simple mediante el empleo de un cable ADSS (del inglés All Dielectric Self Supporting). Este es un cable totalmente dieléctrico que lleva integrado en el mismo cable tanto las fibras ópticas, como el mensajero dieléctrico; por lo tanto, es el ideal para este tipo de instalaciones donde el peso del cable se reduciría, y debido a su naturaleza totalmente dieléctrica del cable evita posibles interferencias con los cables de luz en caso de compartición de infraestructura aérea con las empresas eléctricas.

2.3.4 Servicios FTTH

La red con tecnología FTTH brinda diversas mejoras de los servicios actuales respecto a otros métodos de acceso ofertados. Estas mejoras van relacionadas con el aumento de la velocidad de transferencia de datos, lo que convierte a esta tecnología en la de mayor calidad e interés para el abonado.

Entre las mejoras de los servicios ofrecidos cabe resaltar:

- La posibilidad de abrir el acceso a diferentes proveedores de servicios de Internet simultáneamente.
- Una excelente relación calidad-precio en vídeo por IP, HDTV (del inglés *HighDefinition TV*).
- VOD (del inglés *Video On Demand*).
- Alta calidad de portadoras de voz.
- Alta velocidad de acceso de banda ancha.
- Domótica.

Los servicios ofrecidos en FTTH son los correspondientes a un servicio de telecomunicaciones de abonado de banda ancha, y se pueden clasificar en tres grandes grupos:

- Servicios de voz: En esta categoría pertenecen servicios como Telefonía IP y VoIP.
- Servicios de video: En esta categoría pertenecen servicios como Video-conferencia, Domótica, IPTV.
- Servicios de datos: En esta categoría pertenecen servicios como gestión y control de instalaciones de Domótica, aplicaciones de investigación en tiempo real, entre otros.

CAPÍTULO 3

DETERMINACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

3. REVISIÓN DEL ENTORNO

La revisión previa de los servicios de red que disponen actualmente los edificios a interconectarse, hace que se pueda dimensionar los requerimientos que son necesarios para posteriormente diseñar e Implementar el sistema de Red, tomando en cuenta la cobertura requerida para interconectar el área en mención y su conectividad.

3.1 Diagrama situación actual

El área comprendida del presente estudio es:

- El área de la Facultad de Sistemas y Telecomunicaciones donde está el Decanato, la Secretaria de la facultad y la sala de los docentes.
- El área de los Laboratorios de Informática.
- El área del Laboratorio de Electrónica y Comunicaciones.

Fuente: UPSE- Google Maps

Ilustración 10: Área de estudio



3.2 Determinación de la propuesta

3.2.1 Causas y efectos

La figura 3.2 muestra simplíficadamente las causas y los efectos del problema que se desea resolver en esta propuesta de tesis:

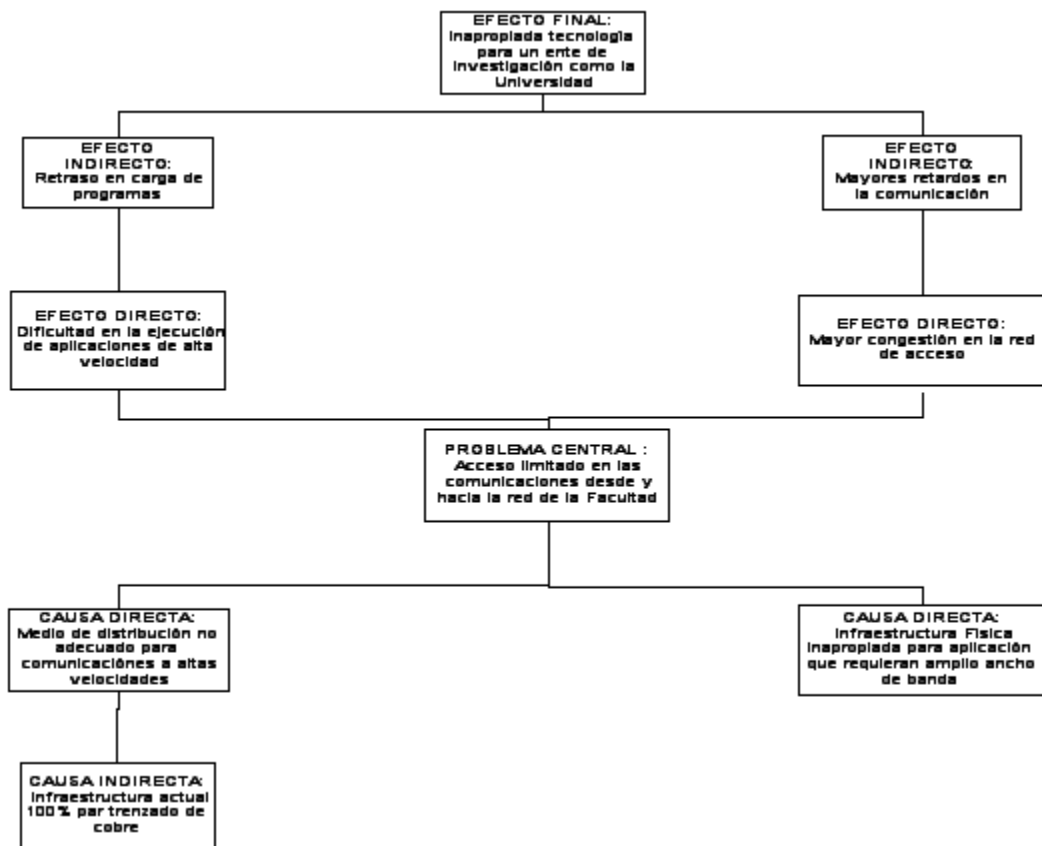


Ilustración 11: Árbol de problemas

Fuente: Análisis de tesis

3.2.2 Medios y fines

En la siguiente figura se detalla el árbol de objetivos planteando una alternativa de solución:

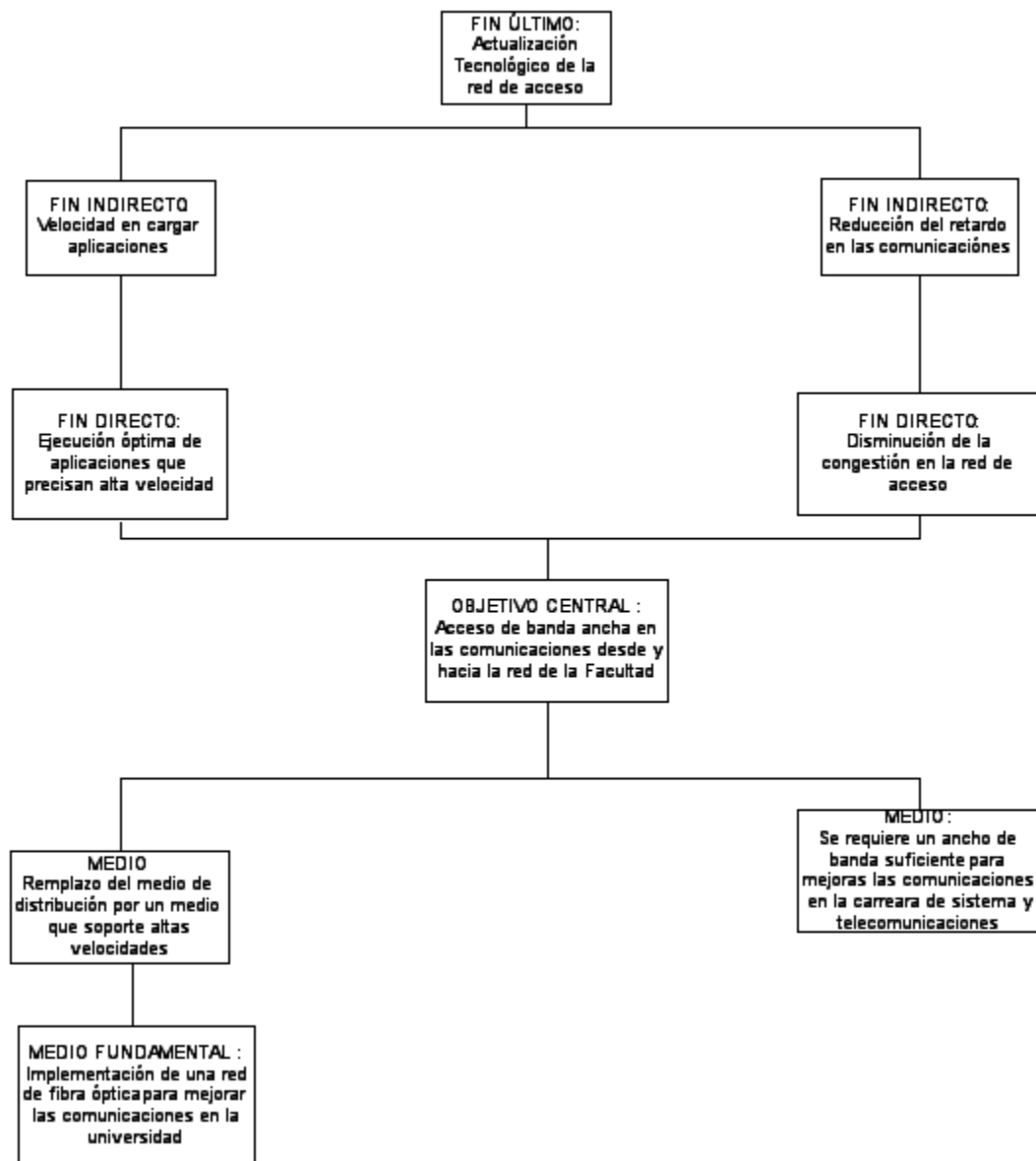


Ilustración 12: Árbol de Objetivos

Fuente: Análisis de tesis

3.3. Servicios

Dentro de los servicios que esta estructura tecnológica brinda, se puede citar:

- En el área de oficinas de la Facultad y sus anexos, al estar dentro de la red del campus, forma parte de la intranet universitaria y los mantiene comunicados permanentemente, con las limitaciones

anotadas. Su enlace principal viene del departamento de sistemas ubicado en el pabellón administrativo y de recursos humanos ubicado a 2° 13' 56,19" Sur y 80° 52' 45,47" Oeste, por medio de una fibra que sale de un switch administrable capa 3, el que se conecta a otro switch en un mini rack en el edificio 1 de aulas de la facultad ubicado a 2° 13' 57,45" Sur y 80° 52' 47,55" Oeste , que a su vez se conecta con el laboratorio de Informática situado en 2° 13' 58,58" Sur y 80° 52' 47,25" Oeste llegando también a través de una fibra a un switch administrable, del cual se distribuye vía UTP hacia las oficinas administrativas, sala de profesores y laboratorio de informática.

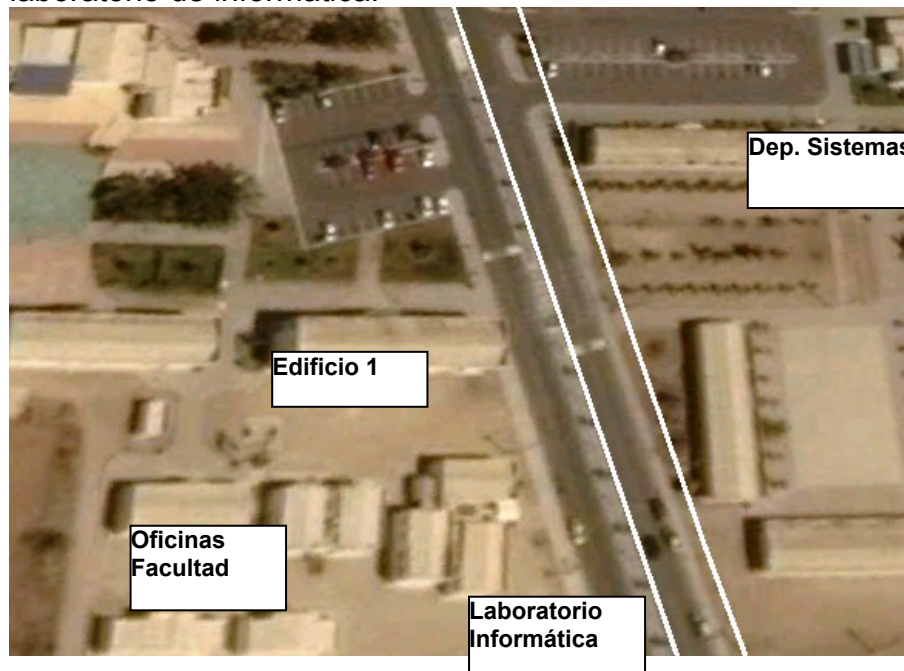


Ilustración 13: Enlace actual de conexiones de la Facultad

Fuente: Google Map

- Dentro del área de Laboratorio de Electrónica y Comunicaciones, se observa que las computadoras no están conectadas a la red a pesar de tener de contar con un mini rack donde llegan cables UTP cat 5e. El departamento de sistemas indica que a futuro se enlazaría vía radio enlace

3.4 Lineamientos de la situación actual de la red

Con lo expuesto en las secciones previas de este capítulo, se deja ver que toda la estructura de la Facultad está supeditada a la intranet del campus, con el único fin de acceder al internet y al servicio de correo empresarial, es decir en este caso al correo de la Universidad, con las dificultades de acceso por equipamiento, medios de transmisión, topología de la red, que no permite comunicaciones a altas velocidades.

3.4.1 Análisis Técnico

A partir de la revisión de la estructura tecnológica con que se cuenta, se determinan los requerimientos de hardware necesarios para el diseño e implementación del sistema de red de FO determinándose las necesidades que se presentan a continuación:

Hardware y comunicaciones

CANTIDAD	HARDWARE	DESCRIPCIÓN
400 m	Fibra óptica	Mono-modo ADSS de 24 hilos
1	BMX	Kit Caja de dispersión BMX
15	Patch	Patch cord SC de 2 m
10	Herraje	Para FO tipo A base con doble tensor
20	Guardacabo	Herraje timble
2	RETENCIÓN	PARA FIBRA ADSS 11.4MM V200
1	ODF	DE 24 PUERTOS
24	ADAPTADOR SC	ADAPTADOR SC DUPLEX
50	FIBER PROTECTION SLEEVES	Mangas de protección de FO
1	Mini- ODF	Mini-ODF de 2 – 4 puertos
4	SPLICE ORGANIZER TRAY	Bandeja organizador de empalmes 2524 SR

Tabla 2: Hardware necesario para la implementación

Fuente: Fuente: Análisis de Tesis

HERRAMIENTAS A EMPLEARSE:

Cantidad	DESCRIPCION
1	Caja de herramientas eléctricas
1	Equipo para Fusión de fibra óptica
1	Taladro
1	medidor de Potencia de fibra(otdr)

Tabla 3: Herramienta para la implementación

Fuente: Análisis de Tesis

3.4.2 ANÁLISIS DE COSTOS

Cabe indicar que se va a realizar un análisis de costos con valores de una red FTTH puesta en funcionamiento en su totalidad, el análisis servirá para que alguna empresa, a futuro, se interese en la implementación y pueda hacerlo sin problemas posteriores. Debido a que la Universidad, por ser entidad pública, no puede percibir las ganancias que demanda el proyecto, el análisis de costos se realizó bajo el supuesto de una contratación particular.

Los requerimientos expuestos en la sección anterior determinan la inversión a realizar para desarrollar el proyecto, los mismos que a continuación se detallan:

Costo de la implementación de la solución.

En esta tabla se detalla la inversión a realizar en la implementación de la red:

Cantidad	Hardware	Descripción	V/u (\$)	V total (\$)
400 m	Fibra óptica	Mono-modo ADSS de 24 hilos	1.05	420
1	BMX	Kit Caja de dispersión modelo BMX	60.00	60.00
15	Patch	Patch cord SC de 2 m	3.50	52.50
10	Herraje	Para FO tipo A base con doble tensor	4.40	44
20	Guardacabo	Herraje timble	4.83	96.60
2	RETENCIÓN	PARA FIBRA ADSS 11.4MM V200	8.05	16.10
1	ODF	DE 24 PUERTOS	142.19	142.19
24	ADAPTADOR	ADAPTADOR SC DUPLEX	0.62	14.88
50	SLEEVES	Mangas de protección de FO	0.15	7.50
1	Mini- ODF	Mini-ODF de 2 – 4 puertos	15.86	15.86
4	ORGANIZER	Bandeja organizador de empalmes 2524 SR	12.68	50.72
		TOTAL		920.35

Tabla 4: Costos de Hardware para el desarrollo

Fuente: Análisis de tesis

Cantidad	Descripción	Valor	Meses	Subtotal
1	Útiles de Oficina	35	4	140

1	Movilización y varios	35	4	140
1	Conexión a Internet	30	4	120
TOTAL				400

Tabla 5: Gastos de suministros

Fuente: Análisis de tesis

Cantidad	Hardware	Descripción	V/u (\$)	V total (\$)
1	OLT	8-PORT gpon olt Interface Board	16140	16140
100	Onu		46.80	4680
100	Router Wifi	Cisco modelos e900	69.90	6990
TOTAL				27810

Tabla 6: Equipos Tecnológicos

Fuente: Análisis de tesis

Descripción	Subtotal
Hardware desarrollo	920.35
Suministros	400.00
Equipos Tecnológicos	27810
TOTAL	29130.35

Tabla 6: Costo total en el desarrollo e implementación del proyecto

Fuente: Análisis de tesis

Con los detalles antes expuestos se procederá a realizar el diseño a implementarse. Cabe indicar que los equipos tecnológicos (olt, onu y router) no serán implementados debido al financiamiento

Tabla de Financiamiento		
Valor Total del Proyecto	29.130,35	100,00%
Préstamo ente Financiero	27.807,83	95,46%
Fondos Propios	1.322,52	4,54%

Tabla 7: Financiamiento

Fuente: Análisis de tesis

Detalle de Partidas		Variables	Fijos
Pólizas de Seguros 8%	2.224,63		CF
Varios e imprevistos de los demás	1.500,00	CV	
Depreciación activos de Operación	3.639,63		CF
SUMAN	7.364,25		
Costos Variables			
Varios e imprevistos	1.500,00		
SUMAN	1.500,00		
Costos Fijos			
Pólizas de Seguros 8%	2.224,63		
Depreciación activos de Operación	3.639,63		
SUMAN	5.864,25		

Tabla 8: Costo de Operación Anual
Fuente: Análisis de tesis

Detalle de Partidas		Variables	Fijos
Sueldo Administrador	19.440,00	GV	
Capacitación de personal	3.000,00		GF
Gastos de puesta en marcha	2.000,00		GF
Materiales de oficina	1.500,00		GF
Energía, agua, teléfono	6.000,00	GV	
Depreciación activos administrar.	1.366,67		GF
SUMAN	33.306,67		
Gastos Variables			
Sueldo Administrador	19.440,00		
Energía, agua, teléfono	6.000,00		
SUMAN	25.440,00		
Gastos Fijos			
Capacitación de personal	3.000,00		
Gastos de puesta en marcha	2.000,00		
Materiales de oficina	1.500,00		
Deprec. Activos administrar.	1.366,67	Fijos sin Dep.	
SUMAN	7.866,67	6.500,00	

Tabla 9: Gastos Generales Anuales
Fuente: Análisis de tesis

Cuadro de Justificación de Ingresos		
	Horas Disp.	Valor anual
Registro de conexiones en las facultades y oficinas administrativas		5.000,00
Disponibilidad de 62.400 horas para uso de internet en estudiantes con tarifa de 40 ctvs. la hora (52 semanas x 5 días x 12 horas x 20 máquinas)		20.960,00
Aportación de la Universidad al desarrollo del país mediante ley de formación profesional		25.000,00
SUMAN		50.960,00

Tabla 10: Cuadro de justificación de ingreso
Fuente: Análisis de tesis

Dividendos	C.I.P.	Intereses	Amortización	Dividendos
1	27.807,83	5.005,41	3.886,92	8.892,33
2	23.920,91	4.305,76	4.586,56	8.892,33
3	19.334,35	3.480,18	5.412,15	8.892,33
4	13.922,20	2.506,00	6.386,33	8.892,33
5	7.535,87	1.356,46	7.535,87	8.892,33
		16.653,81	27.807,83	
Tasa Interés anual		18%		
Plazo		5 años		
Periodo Gracia		0		

Tabla 11: Tabla de Amortización e interés
Fuente: Análisis de tesis

ESTADO DE PERDIDAS Y GANACIAS					
10% anual sobre todos los costos y gastos					
Detalle	año 1	año 2	año 3	año 4	año 5
Ingresos	50.960,00	56.056,00	61.661,60	67.827,76	74.610,54
Costos de Operación	7.364,25	8.100,68	8.910,74	9.801,82	10.782,00
Variables	1.500,00	1.650,00	1.815,00	1.996,50	2.196,15

Fijos	5.864,25	6.450,68	7.095,74	7.805,32	8.585,85
Utilidad Bruta	43.595,75	47.955,32	52.750,86	58.025,94	63.828,53
Gastos de Operación	33.306,67	36.637,33	40.301,07	44.331,17	48.764,29
Variables	25.440,00	27.984,00	30.782,40	33.860,64	37.246,70
Fijos	7.866,67	8.653,33	9.518,67	10.470,53	11.517,59
Utilidad Operacional	10.289,08	11.317,99	12.449,79	13.694,77	15.064,24
Gastos Financieros	5.005,41	4.305,76	3.480,18	2.506,00	1.356,46
Amortización Préstamo	3.886,92	4.586,56	5.412,15	6.386,33	7.535,87
Amortización Inv. Propia	264,50	1.512,27	1.512,27	1.512,27	1.512,27
Total Gastos Financieros	9.156,83	10.404,60	10.404,60	10.404,60	10.404,60
Utilidad del Ejercicio	1.132,25	913,39	2.045,19	3.290,17	4.659,64
(- 15% Utilidades)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Utilidad Liquida	1.132,25	913,39	2.045,19	3.290,17	4.659,64
(- Impuesto a la Renta)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Utilidad Neta	1.132,25	913,39	2.045,19	3.290,17	4.659,64
Total Renta /Ingresos	2,22%	1,63%	3,32%	4,85%	6,25%
Total Renta / Inversión T.	3,89%	3,14%	7,02%	11,29%	16,00%

Tabla 12: Estado de Pérdidas y Ganancias
Fuente: Análisis de tesis

Flujo de Caja y Valor Actual VA							
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	VAN
Ingresos		50.960,00	56.056,00	61.661,60	67.827,76	74.610,54	311.115,90
Costos Operativos Anuales							
Costos Fijos		-2.224,63	-2.224,63	-2.224,63	-2.224,63	-2.224,63	-11.123,13
Costos Variables		-1.500,00	-1.650,00	-1.815,00	-1.996,50	-2.196,15	-9.157,65
Gastos Fijos (sin depreciac.)		-6.500,00	-6.500,00	-6.500,00	-6.500,00	-6.500,00	-32.500,00
Gastos Variables		-25.440,00	-27.984,00	-30.782,40	-33.860,64	-37.246,70	155.313,74
UTILIDAD BRUTA		15.295,37	17.697,37	20.339,57	23.245,99	26.443,06	103.021,37
Impuesto a la Renta		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
UTILIDAD NETA		15.295,37	17.697,37	20.339,57	23.245,99	26.443,06	103.021,37
Depreciación Total		5.006,29	5.006,29	5.006,29	5.006,29	5.006,29	25.031,46
Inversión Financiera	-27.807,83	3.886,92	4.586,56	5.412,15	6.386,33	7.535,87	0,00
Inversión Propia	-1.322,52	264,50	1.512,27	1.512,27	1.512,27	1.512,27	4.991,08
FLUJO DE CAJA	-29.130,35	6.137,66	6.592,24	8.408,86	10.341,10	12.388,62	128.052,83

Tabla 13: Flujo de Cajas y Valor actual
Fuente: Análisis de tesis

VAN=	(\$ 28.510,80)
-------------	-----------------------

TIR=	13%
-------------	------------

PE =	7756,95
PE=	1 - 0,224

CAPÍTULO 4

DISEÑO

4. DISEÑO

En este capítulo se propone un diseño de red de FO empleando tecnología FTTH con el estándar GPON. Esta propuesta hace uso de los recursos tecnológicos referidos en el capítulo anterior para la implementación de la solución, que serán provisto por el tesista.

4.1 Descripción del área de implementación para el diseño de la red FTTH

Se propone el despliegue de una red FTTH para un solo escenario, desde la Facultad de Sistemas y Telecomunicaciones, con coordenadas: S 2° 13' 58,18", O 8° 52' 48.03", hasta el laboratorio de Electrónica y Telecomunicaciones, con coordenadas S 2° 14' 02,24", O 80° 52' 51,08". Se considera dicha ubicación, con el fin de centralizar el servicio suministrado por esta tecnología a un área específica y éste servicio pueda ser utilizado de manera eficiente por la comunidad universitaria.

Con esta nueva infraestructura que soportará banda ancha se tendrá la posibilidad de usar de distintas aplicaciones en tiempo real, teniendo la posibilidad de transmitir a grandes tasas como el servicio triple-play, Video bajo demanda en HD, etc.

A continuación se muestra el recorrido del tendido de la fibra mono-modo ADSS de 24 hilos



Ilustración 14: Recorrido de la FO ADSS

Fuente: UPSE Google Map

4.1.1 Descripción del proceso.

- **Requerimientos de diseño:** Se evalúan las necesidades más importantes para plantear el diseño de la red FTTH aplicando tecnología GEPON
- **Selección área de la implementación.**

Área 1: Laboratorio de Electrónica y Telecomunicaciones

- En esta área se ubicará el ODF de 24 hilos y es donde se instalarán todos los equipos de comunicaciones de las implementaciones. .

Área 2: Laboratorios de Informática

- Se escoge un lugar cercano a todos los laboratorios y oficinas administrativas de la facultad para colorar la BMX la misma que se fusionara los hilos que se necesiten de acuerdo a la demanda

Área 3: Secretaria y oficinas administrativas de la Facultad

- Dentro de las oficinas de la Facultad se llegará con una fibra óptica de acceso de 2 hilos desde el BMX hasta un mini-ODF.
- **Selección de Topologías de Red:** La tecnología GPON es básicamente punto a multipunto, y en nuestra implementación se va a trabajar con un backbone de red de fibra óptica y ramificada, por un extremo un distribuidor óptico ODF, y por el otro a una caja de dispersión óptica BMX. Desde estos puntos se distribuirá a diversos lugares, topología a utilizar es estrella.

- **Selección de equipos ópticos:** Desde los puntos de distribución óptica, tanto del ODF de 24hilos como de la caja de dispersión BMX, se convertirá la señal óptica en eléctrica a través de convertidores llamados Transceivers.
- **Selección de fibras ópticas:** Como nervio principal se usará una fibra óptica Mono-modo ADSS de 24 hilos la misma que se tendera 400mts desde el laboratorio de electrónica hasta la Bmx, Las fibras mono modo presentan características de transmisión superiores a las fibras multimodo, por lo que serían recomendadas para enlaces de alto tráfico, enlaces intercentrales o enlaces internodales. Para el extremo donde se ubica el BMX se distribuirá con Fibra de Acceso de 2 hilos.

4.2 Descripción de la ruta y ubicación de los elementos de conexión.

La FO ingresará al laboratorio de Electrónica por una BAJANTE, y a través de un ODF se dispondrán los 24 hilos. Por dicha bajante saldrá al poste de luz más cercano, como lo muestra el gráfico de la figura 4.1, haciendo todo el recorrido mostrado para llegar hasta las oficinas de la Facultad aterrizando en una BMX, la cual es una caja de dispersión que cumplirá con la misión de distribuir los 24 hilos para las necesidades que se requieran como internet de banda ancha, cámaras de video vigilancia, etc.

4.2.1 ODF¹⁷ de 24 hilos

El ODF de 24 hilos estará ubicado en el laboratorio de Electrónica y Telecomunicaciones, y servirá para distribuir las fibras que enlazan las cámaras que vigilarán las áreas de la secretaría de la facultad de Sistemas y Telecomunicaciones, la sala de profesores y el pasillo principal del laboratorio de informática.

4.2.2 Transceivers

El transceiver es un dispositivo convertidor de medios de comunicación, en nuestra aplicación, diseñado para convertir una señal óptica en señal eléctrica, en este caso la fibra 100BASE-FX a los medios de cobre 100BASE-TX o viceversa. Diseñado bajo las normas de IEEE 802.3u 10/100Base-TX y 100Base-FX, el MC111CM y 112 están diseñados para su uso con cables de fibra multi-modo y utiliza el conector tipo SC. El MC100CM es compatible con la especificación láser de onda larga (LX) a una velocidad de transmisión de cable rápida. Se trabaja en 1310 nm en los datos de transmisión y recepción. Se emplearán por cada hilo dos transceiver, uno para transmisión denominado TPLink 111 y otro para recibir el TPLink 112

4.2.3 Caja de Dispersión Modelo BMX

La caja de dispersión BMX será ubicada en el poste de alumbrado cercano al laboratorio de informática y secretaría de la Facultad, donde se

¹⁷ ODF, Caja de distribución óptica

fusionará la FO de 24 hilos con las mitades de patch cords SC de fibra. De los 24 hilos se emplearán inicialmente 3 hilos para las cámaras de secretaría (2), 2 hilos para la conexión con el data center y un hilo para el teléfono ip.

4.2.4 Mini ODF

Se emplearán dos mini ODFs, los que cumplirán con la función de ser el puente entre los transceiver con la fibra de acceso que se conecta al BMX y por ende a la FO ADSS del backbone principal.

4.3 Topología de la Red de Fibra óptica

El estándar GPON se desarrolla con topología punto a multipunto donde los usuarios comparten un solo cable de fibra que llega, por lado hasta un ODF de 24 puertos, y del otro hasta una caja de dispersión conocida como BMX, donde la señal es repartida a los respectivos destinos.

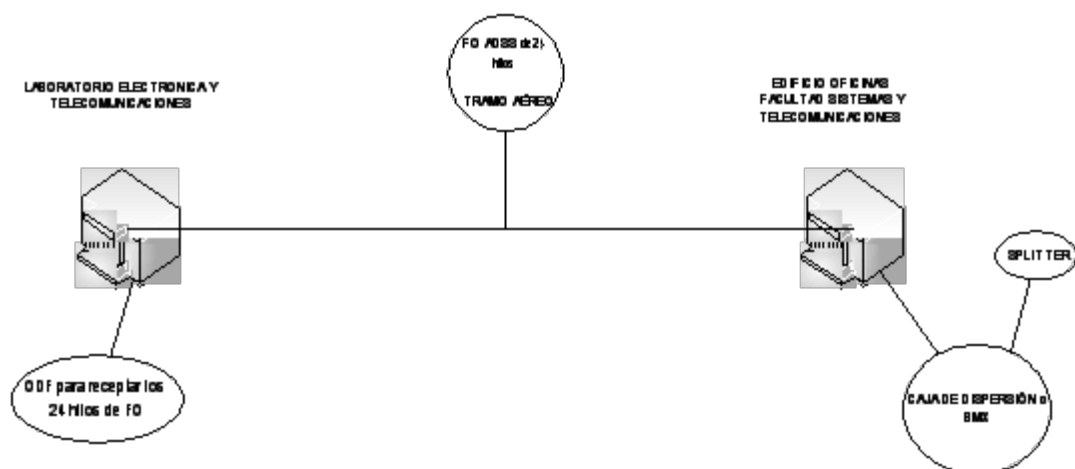


Ilustración 15: Topología de la red de fibra óptica

Fuente: Diseño de Tesis

4.4 Arquitectura de la Red FTTH

Tomando como referencia a la topología de la red de FO se diseña la arquitectura solución FTTH con estándar GPON como se muestra a continuación:

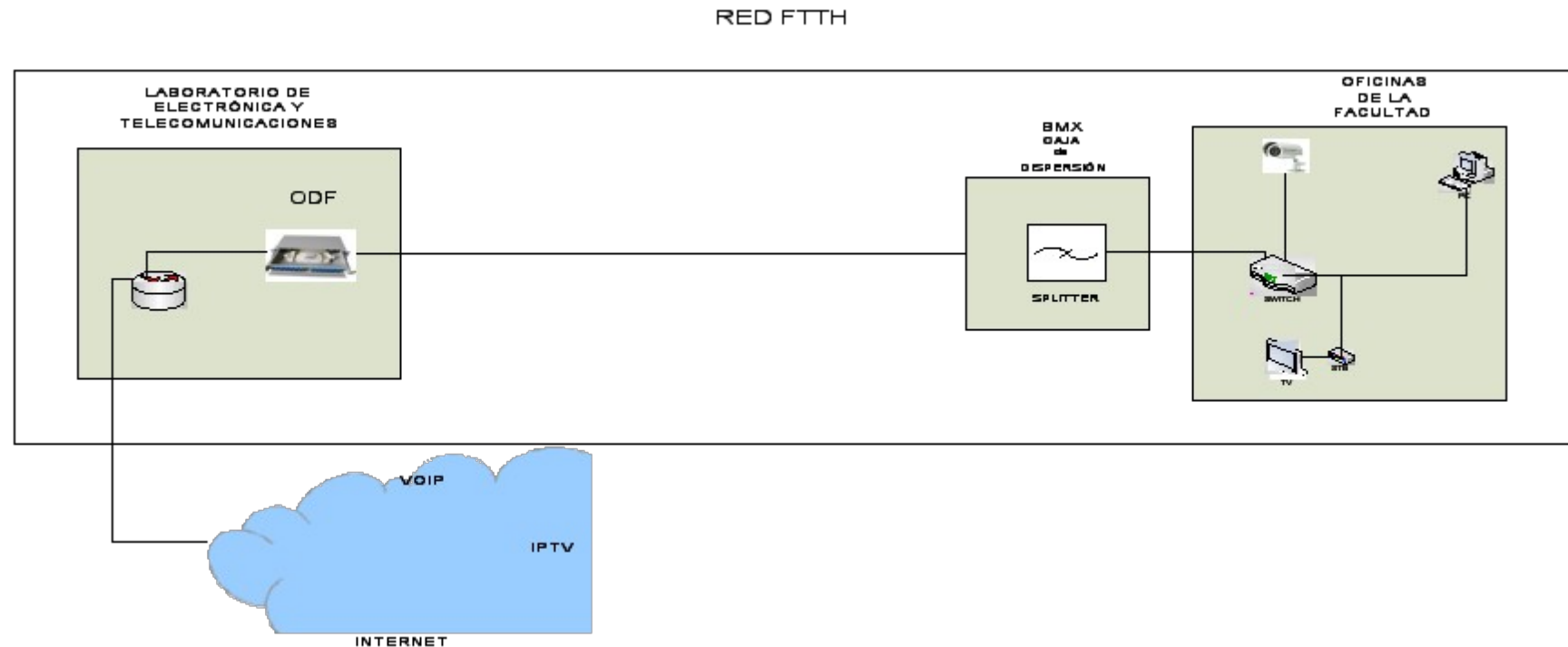


Ilustración 16: Arquitectura de red FTTH

Fuente: Diseño de tesis

4.4.1 Diagrama de componentes

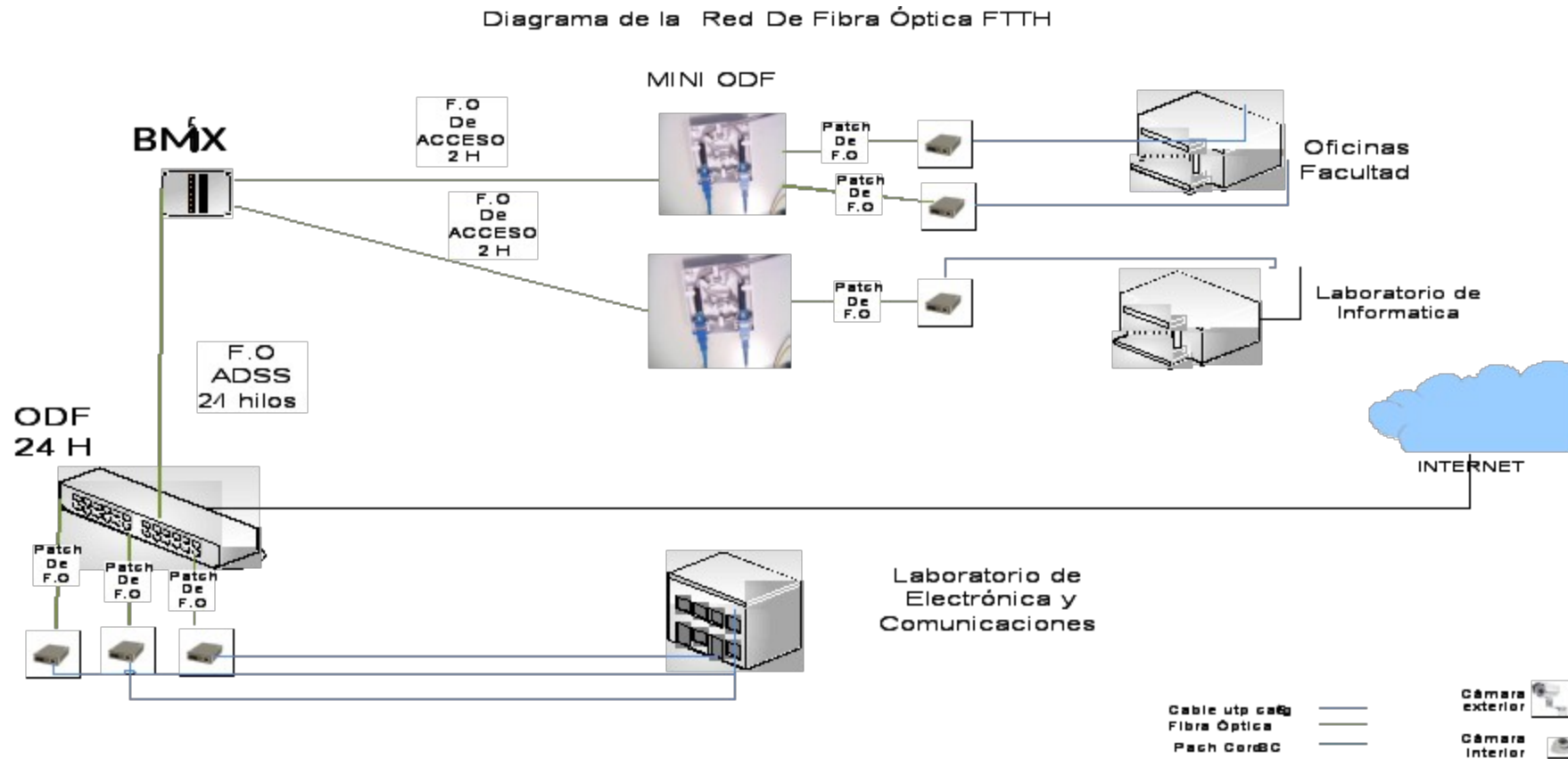


Ilustración 17: Diagrama de red FTTH

Fuente: Diseño de tesis

4.4.2 Diagrama de distribución de la Fibra Óptica

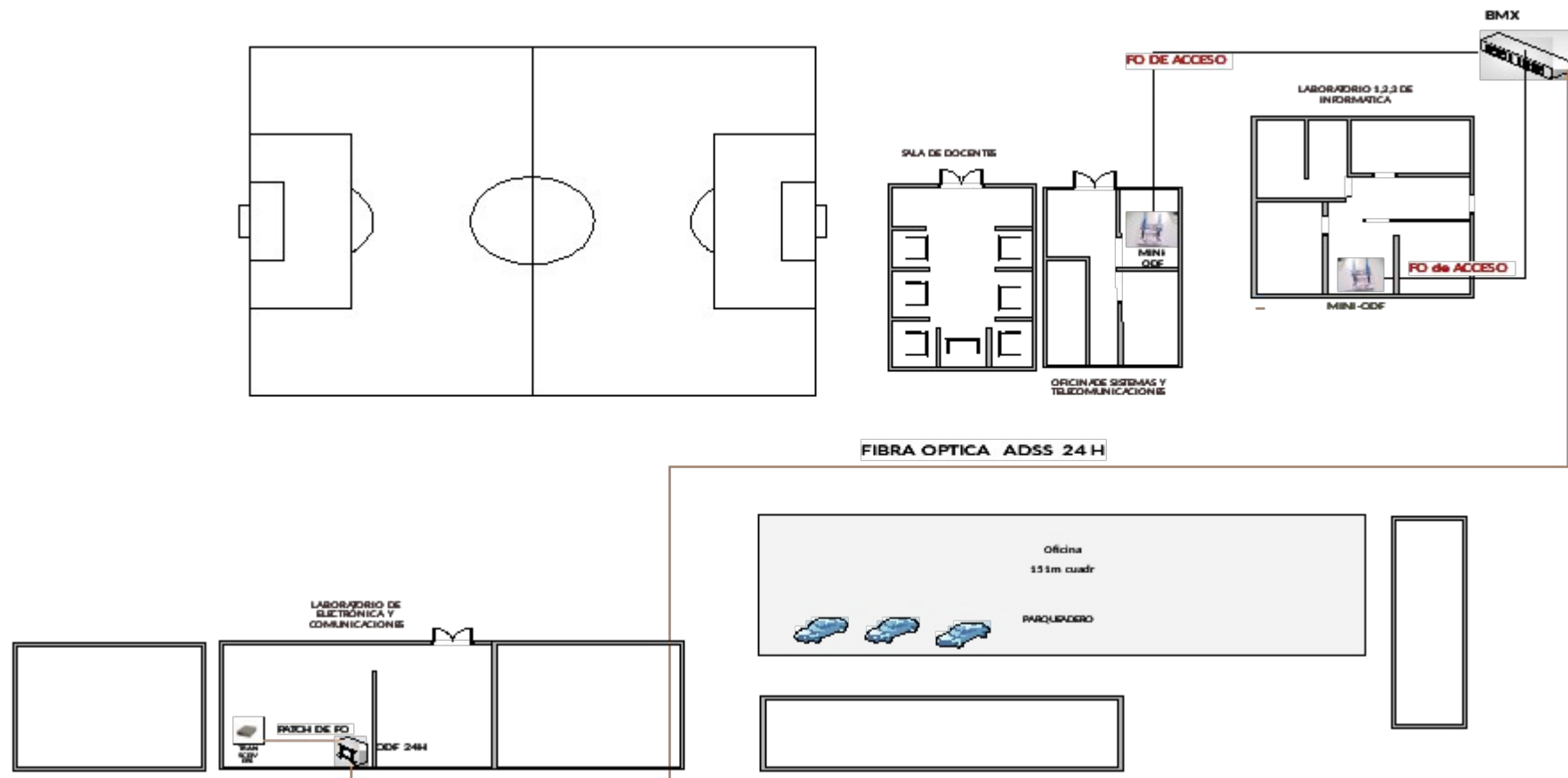


Ilustración 18: Diagrama de distribución de la FO

Fuente: Diseño de tesis

CAPÍTULO 5

IMPLEMENTACIÓN Y MEDICIONES

5. DESARROLLO DE LA IMPLEMENTACIÓN

Cabe resaltar que el proceso de implementación de la fibra óptica para el uso de la tecnología FTTH con estándar GPON en la Facultad, ha sido realizada con los parámetros y normas de instalación y tendido de EIA¹⁸ /

¹⁸ EIA,

TIA¹⁹, IEEE²⁰ y ASTM²¹, que para cables ópticos auto-sustentados ADSS no tienen el cable mensajero, por tanto de fácil instalación.

5.1 Tendido y fusión de la fibra óptica ADSS

Luego del análisis y diseño se empieza a implementar la red de fibra óptica empezando con un tendido de aproximadamente 400 metros de fibra ADSS, esta fibra está compuesta de cuatro buffers de 6 hilos cada uno, total 24 hilos

Se detalla los trabajos realizados acuerdo al cronograma de actividades (Ver Anexo 1).

- **Día 1 y día 2**
 - Se procede a ingresar la FO ADSS hacia el laboratorio de Electrónica y Telecomunicaciones, adecuando un tubo galvanizado de 4 pulgadas, denominado bajante, desde el poste más cercano hacia un ducto cajón de hormigón que se construyó para ese efecto.
 - Para todo el proceso de tendido se siguieron todos los estándares respectivos (ver anexo2), y se tomaron las respectivas medidas de seguridad

Ilustración 19: Instalación del tubo Bajante



19 TIA,

20 IEEE

21 ASTM

Fuente: Implementación de tesis

- Luego se procede a lanzar la fibra por el recorrido preestablecido, asegurándola con los herrajes respectivos en los postes de luz, hasta llegar al poste más cercano al laboratorio de informática.



Fuente: Ilustración 20: Paso de FO por los postes
Implementación de tesis

- Cabe resaltar, como se muestra en la ilustración 21. que se deja la reserva de FO correspondiente

- **Día 3**

Se llega con la fibra hasta el poste cercano al laboratorio de informática, instalando la caja de dispersión BMX con sus correspondientes sujetadores de presión.



Ilustración 21 Proceso para fusionar de la FO en el BMX –paso 1

Fuente: Implementación de tesis



Ilustración 22 Fusión de la FO en el BMX –paso 2-

Fuente: Implementación de tesis

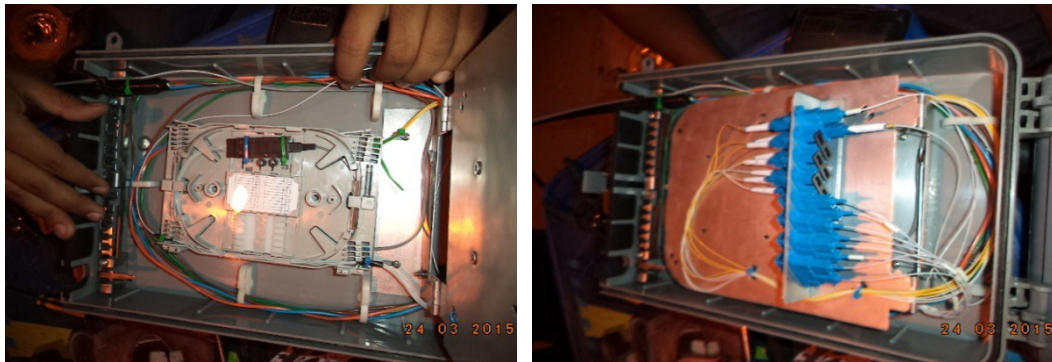


Ilustración 23: Fusión de la FO en el BMX - paso 3
Fuente: Implementación de tesis



Ilustración 24: Ubicación final del BMX
Fuente: Implementación de tesis

- **Día 4**
 - Con la fibra ingresada en el Laboratorio de Electrónica y Telecomunicaciones, se procede a fusionar el ODF de 24 hilos como se ilustra en la secuencia gráfica:



Ilustración 25: Ingreso de la FO al Laboratorio de Electrónica
Fuente: Implementación de tesis

- Manipulación de la FO antes de la fusión



Ilustración 26: Manipulación de la FO
Fuente: Implementación de tesis

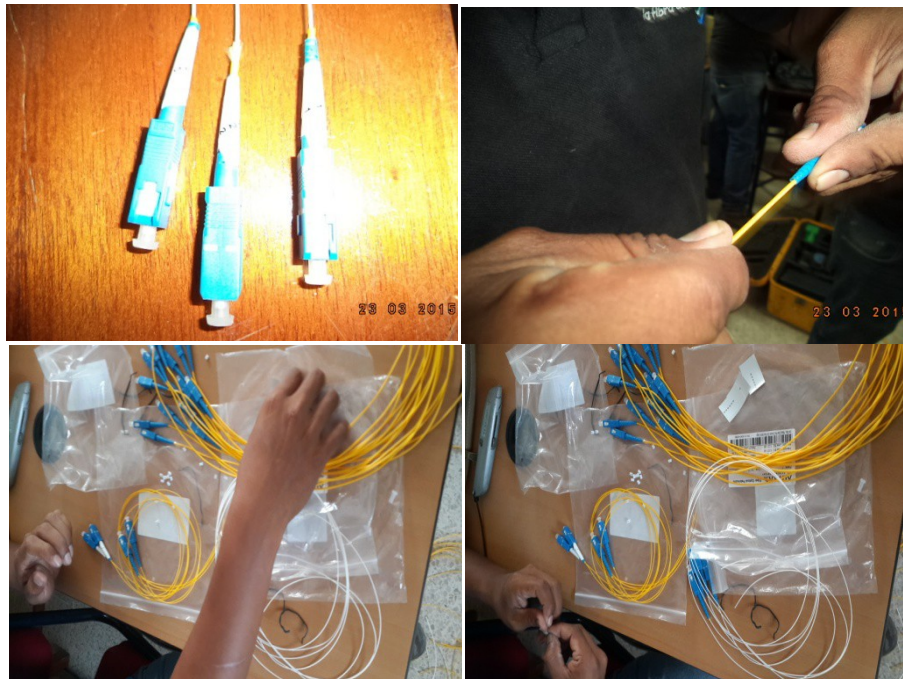


Ilustración 27: Manipulación de los Patch Cords

Fuente: Implementación de tesis



Ilustración 28: Fusionadora de Fibra óptica

Fuente: Implementación de tesis

Proceso de fusión

Un factor de pérdida que se genera en el proceso de fusión es la formación de burbujas, manifestándose con la presencia de un abultamiento en la zona de fusión, lo que puede provocar fragilidad en el empalme, o pérdidas de alrededor de 0,5 dB o más. Por este motivo se recomienda trabajar en ambientes libres de humedad e impurezas antes de empezar con el proceso de fusión.

- Una vez realizado el proceso de retiro del recubrimiento primario y corte de las puntas de fibra óptica a empalmar, se procederá a colocar las fibras en la máquina empalmadora.
- Se colocará las respectivas seguridades y se presiona la tecla SET o ENTER, lo que provocará una pequeña descarga eléctrica para la limpieza de las puntas de las fibras y calcular si el corte está bien ejecutado.
- Si el corte se encuentra mal ejecutado o las fibras no se encuentran alineadas, la máquina indicará el problema, por lo que se deberá retirar el ó los extremos mal colocados y repetir todo el procedimiento.
- Se deberá tener especial cuidado con las puntas ya preparadas, debido a su extrema delicadez, debido a que cualquier roce o contacto dañará la preparación ejecutada. Una vez que los extremos estén bien preparados y colocados en la máquina, esta preguntará si se desea continuar con el proceso.

- En caso afirmativo se presionará SET o ENTER para realizar la búsqueda de fibras y alineación correspondiente.
- Una vez alineadas se genera una descarga que ayudará a eliminar impurezas para continuar con la medición del ángulo del eje de la fibra y el ángulo de ruptura (mediciones de alineación propias de la máquina).
- Alineadas las fibras, se ejecutará una descarga de fusión que unirá las fibras para obtener el empalme. La máquina indicará las pérdidas que produce el empalme y realizará una prueba de tracción sobre la parte fusionada. Si la atenuación del empalme es mayor a 0,1 dB se deberá repetir el procedimiento.
- Si no se genera ningún tipo de novedad durante todo el procedimiento, se presentará un mensaje indicando la remoción de las fibras fusionadas y permite iniciar un nuevo proceso para fusión de fibras ópticas.

- **Armado del organizador de fibra (ODF) de 24 hilos**

Pasos para la construcción del ODF:

- 1.- Se empieza a empieza a pelar la fibra dejando los 4 búfer listos para

ingresarlos al odf y luego a ordenar los hilos de cada buffer en el cassett como se muestra en las siguientes figuras.

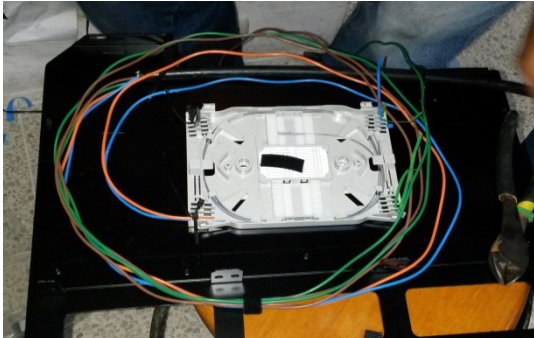


Ilustración 30: Organizador de fibra óptica
Fuente: Implementación de tesis

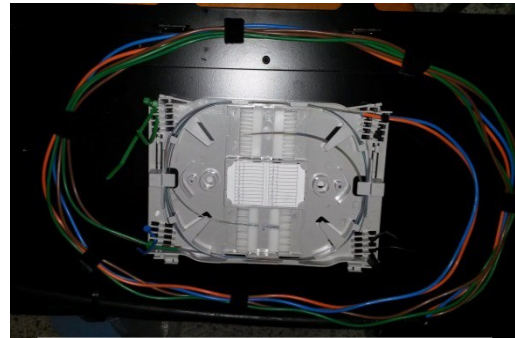
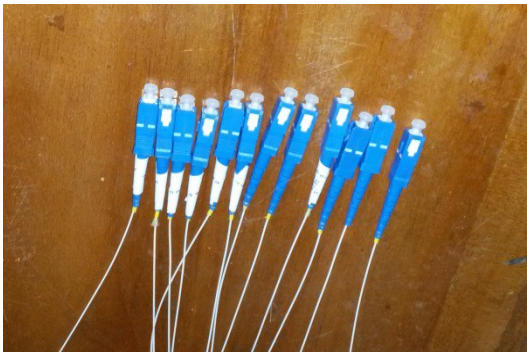


Ilustración 29: Hilos de fibra Organizadores
Fuente: Implementación de tesis

2.- Se cortan los pacht de fibra óptica sc -sc por la mitad se los deja sin recubrimiento y de los etiqueta del 1 al 24 como se muestra en la siguiente figura



Fuente: Implementación de tesis



Ilustración 31: Pacht de fibra cortados y etiquetados

3.- Se realiza la respectiva fusión de los hilos de fibra de cada buffer con los patch etiquetados de forma ordenada y los colores de cada buffer de manera ordenada.

4.- Una vez terminada las fusiones de los 24 hilos se procede a ordenarlos en el cassette para luego ponerlos en sus respectivos módulos.

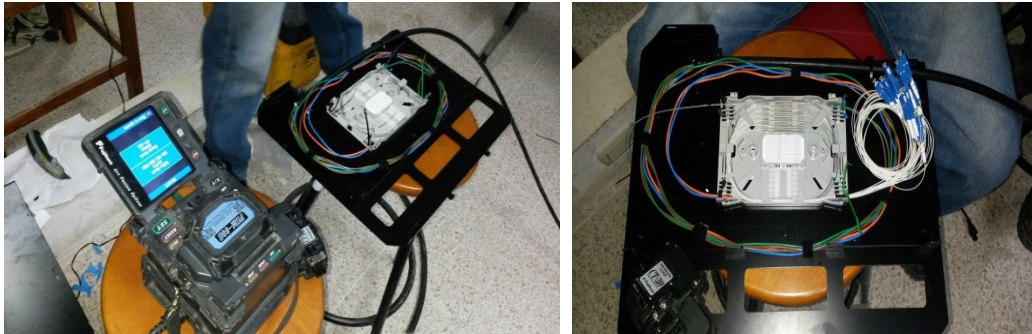


Ilustración 32: Fusión de odf

Fuente: Implementación de tesis

5.- Se culmina con el armado del organizador de fibra colocando la tapa y en el respectivo rack.

Armado de la caja de distribución de hilos de fibra:

1.- Se pela la fibra para ingresarla en la caja y se comienza a ordenarlos en el cassette

2.- Se cortan los pacth de fibra óptica sc -sc por la mitad, se los deja sin recubrimiento y se los etiqueta del 1 al 24.

3.- Se realiza la respectiva fusión y se comienza a ordenar los hilos en el cassette de la caja, para luego colocarlos en los módulos de fibra ordenados correctamente.

4.- Una vez ordenada la caja se la coloca en el poste, para desde ahí distribuir la red a cualquier punto que necesiten de un hilo de fibra óptica

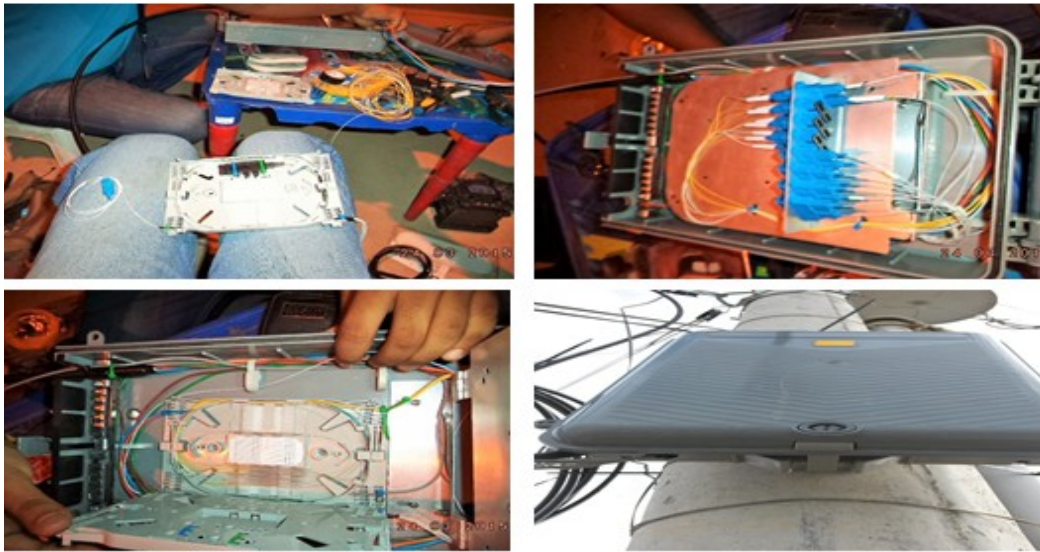


Ilustración 33: Armado de la caja de BMX de distribución de hilos de fibra
Fuente: Implementación de tesis

Fusión de la fibra de acceso desde la caja de distribución:

Se realiza los siguientes pasos:

Fusión de fibra de Acceso en la Caja BMX

Este paso se lo realizará para activar los clientes o servicios a instalar.

1. Se pela la fibra de acceso.
2. Se ordena la fibra en el cassette que se encuentra dentro de la caja BMX.
3. Se Corta un Patch sc/sc de 2 metros por la mitad y se les deja sin recubrimiento
4. Se etiquetan Patch cortados por la mitad para identificarlos.
5. Se realiza la respectiva Fusión de los hilos a utilizar
6. Luego de culminar las fusiones, se procede a la organización de los hilos en el odf

Comprobación de Fibra Óptica

Después de que se instalan, empalman y se terminan todos los cables de fibra óptica, éstos deben probarse. Con cada red de cables de fibra óptica, debe comprobar la continuidad y polaridad, la pérdida de inserción punto a punto y luego solucionar cualquier problema que pudiera ocurrir en cada fibra de cada cable. Si se trata de un cable largo de planta externa con empalmes a lo largo de él, posiblemente también desee verificar los empalmes individuales mediante una prueba con OTDR (reflectómetro óptico en el dominio de tiempo), dado que es la única manera de asegurarse de que cada empalme esté realizado correctamente. Si usted es el usuario de red, es posible que también le interese probar la potencia del transmisor y del receptor, dado que la potencia es la medición que le indica si el sistema está operando de manera adecuada.

La realización de pruebas es el tema principal de la mayoría de los estándares de la industria, dado que existe la necesidad de verificar las especificaciones de los componentes y sistemas de manera congruente. En la página web de la FOA se encuentra disponible una lista de los estándares TIA e ISO sobre fibra óptica. La mayoría de estas pruebas se relaciona con las pruebas de fabricación para verificar el funcionamiento de los componentes y no son relevantes para las pruebas de instalación. Quizá la prueba más importante consiste en la pérdida por inserción de una red cables de fibra óptica instalada que se realiza con una fuente de

luz y un medidor de potencia (LSPM) o equipo de comprobación de pérdidas ópticas (OLTS), que es requerido por todos los estándares internacionales a fin de asegurar que la red de cables se encuentre dentro de la pérdida óptica estimada antes de que se apruebe la instalación.

La prueba de los componentes de fibra óptica y de las redes de cables requiere realizar varias evaluaciones y mediciones con las pruebas más comunes que se enumeran más abajo. Algunas implican la inspección y el juicio del instalador, como una inspección visual o rastreo, y para otras se utilizan instrumentos sofisticados que proporcionan mediciones directas. La potencia óptica, requerida para medir la potencia de la fuente, la potencia del receptor y, cuando es utilizada con una fuente de prueba, para medir la pérdida o atenuación, es el parámetro más importante, y se requiere para casi todas las pruebas de fibra óptica. Las mediciones de retro dispersión realizadas por un OTDR son las mediciones que siguen en importancia, especialmente para probar instalaciones de planta externa y solucionar problemas. Las mediciones de los parámetros geométricos de la fibra y el ancho de banda o dispersión son esenciales para los fabricantes de fibra, pero no son relevantes para la prueba de campo. En toda instalación se requiere la solución de problemas de cables y de redes instaladas. (ver Anexo3)

CONCLUSIONES

- Por medio del diseño e implementación de la de fibra óptica FTTH utilizando el estándar GPON entre la Facultad de Sistemas y

Telecomunicaciones y sus laboratorios en la Universidad “Estatad Península de Santa Elena”, se mejoró el servicio de comunicaciones y de seguridad de los datos de la facultad dando acceso a los diferentes servicios que puede brindar ésta entre los docentes, estudiantes y personal administrativo.

- Por medio del trabajo de investigación se detalla los fundamentos técnicos y teóricos de la de fibra óptica FTTH.
- El presente trabajo de titulación ayudó a describir las redes ópticas pasivas xPon, para su previa instalación y su correcto uso en los laboratorios de la Facultad de Sistemas y Telecomunicación de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.
- La utilización de la red, permite soportar cualquier tipo de servicio (ETHERNET, TDM, ATM, Method, etc) por lo que con la red, no solo se tiene un mayor ancho de banda sino que es más eficiente y permite ofrecer varios tipos de servicios (telefonía, internet, voz basada en TDM, líneas dedicadas, PCM, etc), sin tener que usar otros equipos en el usuario final.
- La implementación realizada ayudará para los servicios de tripleplay (voz, datos y video) que reduzcan los problemas de ruido

o interferencias, se logrará mantener el ancho de banda, no se necesita repetidores.

RECOMENDACIONES

- Es importante que los estudiantes de la Escuela de Telecomunicaciones de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, revisen estos fundamentos teóricos para que puedan comprender los componentes utilizados en una red FTTH.
- Se recomienda que mediante la red diseñada puedan colocar componentes pasivos de otras redes PON y realizar prácticas oportunas, que afinen los conocimientos de una red de fibra óptica.
- Es fundamental que los directivos y docentes de la carrera, mediante la instalación de equipos pertinentes, puedan sacarle las mejores ventajas a esta red de fibra óptica, en beneficio de la población estudiantil, a través de la implementación de un sistema de telecomunicaciones.
- Se sugiere que los estudiantes puedan tener acceso a la red de fibra óptica instalada para que puedan ampliar sus conocimientos.
- Explotar los beneficios brindará el haber instalado la red FTTH para las facultades y sus laboratorios puesto que esta red puede tener altas velocidades en transmisión de datos, se logrará conseguir mayor número de servicios y aplicaciones con excelente calidad.

BIBLIOGRAFÍA

- Abadia Digital. (7 de 6 de 2006). *Abadia Digital*. Obtenido de Abadia Digital: <http://www.abadiadigital.com/que-es-el-adsl2/>
- ASETA. (2012). *Asociación de Empresas de Telecomunicaciones de la Comunidad*. Obtenido de Asociación de Empresas de Telecomunicaciones de la Comunidad: <http://www.aseta.org/>

- Bernal Abellán, J. M. (Febrero de 2014). *WikiTel*. Obtenido de http://wikitel.info/wiki/UA-FTTX_PON
- Cervantes, M. P. (2011). *Diseño de seguridad en una red GEPON*. Obtenido de Diseño de seguridad en una red GEPON: <http://www.dspace.espol.edu.ec>
- Cisco Meraki. (2014). *Cisco Meraki Knowledge Base*. Obtenido de Cisco Meraki Knowledge Base: https://kb.meraki.com/knowledge_base/multicast-support
- CNT. (2012). Corporación Nacional de Telecomunicaciones E.P. *Normativa de Construcción ODN*.
- España Boquera, M. C. (2003). *Servicios avanzados de telecomunicación*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.
- Gómez, J. A. (2011). *Redes Locales*. Obtenido de Redes Locales: books.google.es/books?isbn=8497719727
- ITU. (14 de 7 de 2003). *ITU, Committed to connecting the world*. Obtenido de ITU, Committed to connecting the world: www.itu.int/ITU-T/recommendations/rec.aspx?rec=6474
- Millán Tejedor, R. J. (Miercoles de Marzo de 2015). *Ramón Millán, Consultoría estratégica en tecnologías de la información y la comunicación*. Obtenido de <http://www.ramonmillan.com/tutoriales/gpon.php>
- Networks, S.-C. R. (Febrero de 2015). *Intech, Open science - open minds*. Obtenido de <http://www.intechopen.com/books/advances-in-optical-fiber-technology-fundamental-optical-phenomena-and-applications/self-coherent-reflective-passive-optical-networks>
- Ojeda Sotomayor, A. O. (2009). *Estudio y diseño de una red FTTH en un campus Universitario y una vivienda residencial*. Lima: Tesis.
- TFO, T. (2011). *Solucion integral de despliegue de redes FTTH*. Obtenido de Solucion integral de despliegue de redes FTTH: <http://www.tfosolutions.com>
- UIT-T. (Marzo de 2008). *Recommendation ITU-T G.984.1*. Obtenido de <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.1-200803-I/es>
- UIT-T. (11 de 12 de 2013). *Noodls, Gateway to fact*. Recuperado el 9 de 5 de 2014, de Noodls, Gateway to fact: <http://www.noodls.com/view/5DB8B7ED65B8B91901415757309CFD860DC6FEAD?7175xxx1386866813>

Anexos

ANEXO 1- Cronograma de actividades

Día 1 y 2		
Objetivo /Meta	Tarea	Recursos
Tendido de la Fibra Óptica	- Colocación de Ductos par ingreso de la fibra. - Colocación de electro canaleta en el interior del laboratorio - Ingreso de la Fibra óptica al interior del laboratorio - Tendido de 400mts de fibra óptica adss	- Conocimiento de los estándares para tendido de fibra óptica. - Conocimiento de estándar para trabajos de altura - Conocimiento generales del cuidado de la fibra
Día 3		
Objetivo /Meta	Tarea	Recursos
Fusión de BMX	- Preparación de la Fibra Óptica, para el ingreso a la BMX - Armado de la BMX - Fusión de la Fibra Óptica en la BMX - Colocación de la BMX en el Poste	- Conocimiento de estándares para trabajos con fibra óptica. - Conocimientos en el uso de equipos de fibra óptica - Conocimientos de estándar para trabajos de altura

Día 4		
Objetivo /Meta	Tarea	Recursos
Fusión de ODF 24hilos	- Preparación de la Fibra Óptica, para el ingreso a la BMX - Armado del Odf - Fusión de la Fibra Óptica en la Odf - Etiquetamiento de Patch de fibra - Colocación de la BMX en el Poste	- Conocimiento de los estándares para fusión de fibra óptica - Conocimiento de estándar para trabajos en data center - Conocimientos en el uso de equipos de fibra óptica

Anexo 2: estándares para tendido de fibra óptica Adss

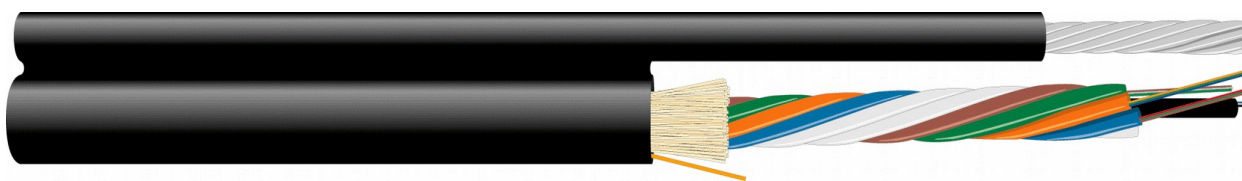
Tipos de cables fibra óptica aérea disponibles

A continuación se describen los tipos de cables que se pueden encontrar en el mercado para la construcción de una red de fibra óptica aérea.

- Figure 8 loose tube (Auto soportado con cable mensajero): Cable efectivo para ser instalado en vanos hasta de 150 metros.



- OPGW (Optical Ground Wire): Sistema de cable compuesto tierra-óptico, para instalación en líneas eléctricas de alta tensión. El OPGW es un cable mixto compuesto por una parte óptica y una parte metálica. La parte óptica, constituida por fibra óptica y elementos de protección y cableado, lleva a cabo la función de



enlace de telecomunicaciones y, la parte metálica realiza la función de cable de tierra de la línea aérea de alta tensión.



- Cable ADSS (All-Dielectric Self-Supporting Aerial Cable): Cable totalmente dieléctrico autoportante. Cable Aéreo de Alta Fuerza de Tensión, disponible hasta 576 fibras. Vanos Extra Largos (> 1800 m). Aplicaciones en Voltajes Extra Altos como 500 kV). Beneficios económicos en aplicaciones de vanos cortos. Diseñados como sistema de solución integral.



En cuanto a las principales variables que se manejan dentro del aprovisionamiento de las redes de fibra óptica aérea se tienen las siguientes:

- **Vano máximo (span) del enlace:** Es la distancia máxima entre apoyos (postes, torres) que se van a tener en el enlace.

- **Flecha máxima (sag) que soporta el cable:** Es que tanta catenaria puede tener el cable, esta variable es muy estable en ciudad (estándar flecha 1.5%).
- **Viento para evitar el efecto class ó galopeo:** solo aplica para instalación sobre torres de energía y vanos largos.

Campo Eléctrico asociado: para determinar si la chaqueta debe ser antitracking (superior a 12 kV) ó chaqueta convencional (inferior a 12 KV), por lo general se necesita antitracking cuando la línea es de 115 kV, 230 kV y 500 kV.

Herrajes de retensión y de suspensión: elementos usados para fijación del cable a la postería.

Características principales de los cables de fibra óptica: número de hilos, tipo de buffer, tipo de fibra teniendo como referencia el vano máximo del enlace y el número de hilos.

Recomendaciones Generales al Realizar el Tendido de Fibra Óptica Aérea

Los cables de fibra óptica blindados y dieléctricos se pueden usar en instalaciones aéreas, sin embargo los cables dieléctricos no contienen ningún componente metálico, por tanto tiende a minimizar los relámpagos y evitar el cruce del campo eléctrico desde las líneas de alimentación. Los cables blindados ofrecen protección mecánica adicional contra los ataques de los roedores, pero deben conectarse a tierra.

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

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

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

Sin importar el método de instalación que se use, el estrés mecánico es de gran importancia durante la instalación, ya que el cable se puede

dañar si se excede la tensión de tiro máxima permisible o el radio mínimo de curvatura que el fabricante especifique. Esto con el fin de eliminar por completo la posibilidad que ocurran deformaciones durante la instalación del cable y reste vida útil al cable.

Es necesario asegurarse que todos los cables de soporte de poste en las esquinas (riendas) y los extremos terminales se instalen y tensionen antes del tendido del cable. Asegurarse de guardar las precauciones de seguridad (desconexión eléctrica etc).

Instalar el cable mensajero ó cable fiador correctamente conexionado a tierra (solo para cables F.O. aéreos no autosoportados)

Continuar el tendido identificando en cada poste con etiquetas de aviso de cable óptico y cuando sea preciso, las cajas de empalme se pueden montar en postes o en el cable mensajero.

Criterios de Diseño

Los cables ADSS están diseñados para elongarse bajo cargas de viento o hielo. Esta elongación se controla por medio de la cantidad de hebras de fibra aramida integradas en el cable.

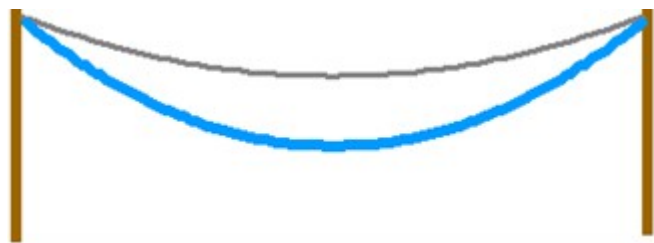


Figura 1

Más Fibra aramida, mas Fuerza, menos Catenaria, tensiones más Altas.
Menos Fibras aramida, menor Fuerza, mas Catenaria, tensiones mas bajas



Figura 2

Las tolerancias de manufactura especificadas por el fabricante son críticas para asegurar el adecuado desempeño bajo altos esfuerzos de tensión

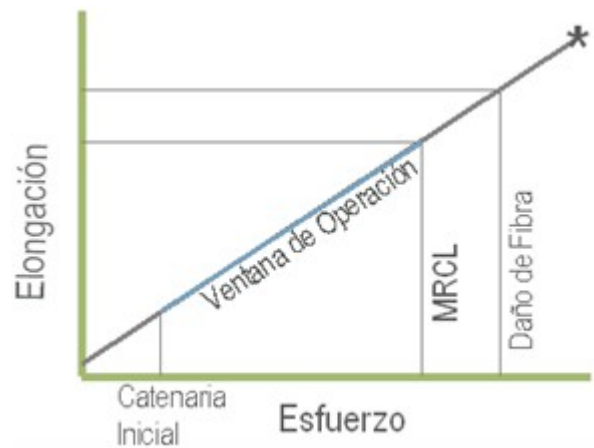


Figura 3

Dentro de las principales variables que se deben tener en cuenta se resaltan las siguientes

- a) Longitud Máxima de Vano
- b) Catenaria Inicial de Instalación
- c) Catenaria bajo condiciones climáticas prevalecientes "Viento"
- d) Voltaje de Línea del Sistema

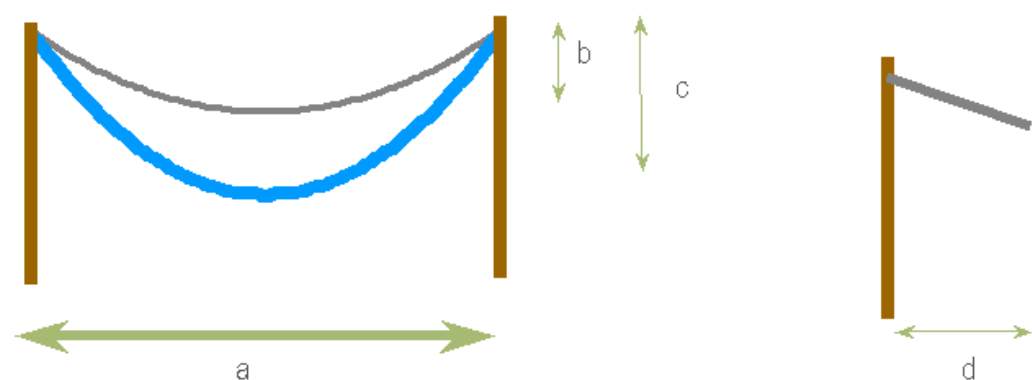


Figura4

Dadas estas variables los precios de los cables varían dependiendo de las características indicadas por el fabricante al igual que el precio de los herrajes, por lo que es necesario tener en cuenta el span y numero de hilos, no hay una tabla de referencia para escoger el cable con el escenario, lo que hay es tablas para los herrajes y amortiguadores.

Los Herrajes de retención y de suspensión (ver figuras 5,6 y 7) se determinan dependiendo del diámetro del cable ADSS y el span que van a soportar, hay para vano corto, mediano y largo. Varían dependiendo el agarre que deben tener, a menos vano menos agarre, para vanos más grandes se necesita mas agarre por lo que las varillas de retención son mas largas. Los herrajes de Suspensión se instalan uno por poste de paso donde no hay cambio de ruta del cable.



Figura 5

Los herrajes de retención se utilizan dos por poste en rutas de cable donde hay cambios de dirección y/o existen vanos considerablemente largos (mayor a 100 metros)

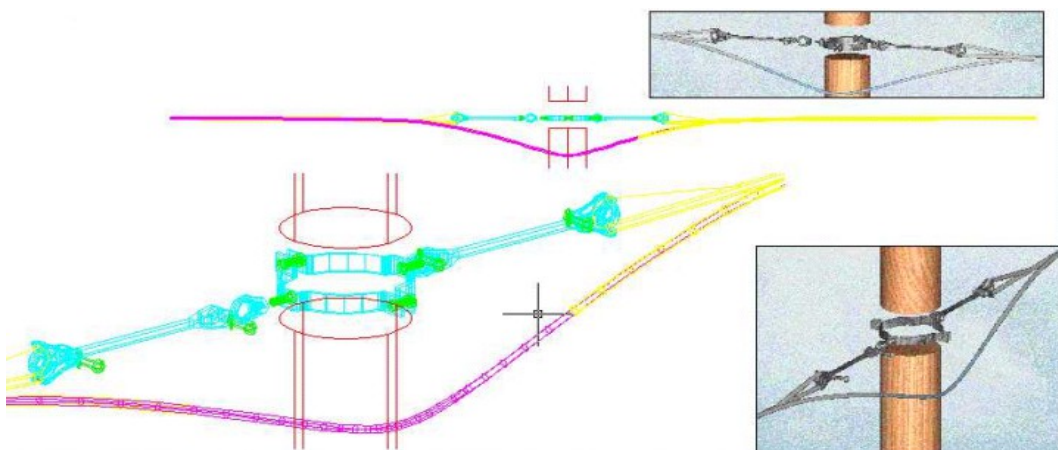


Figura 6

Para vanos inferiores de 100 metros no es necesario las varillas de retención, solo el herraje de retención, abrazadera del poste o elemento de sujeción a este.

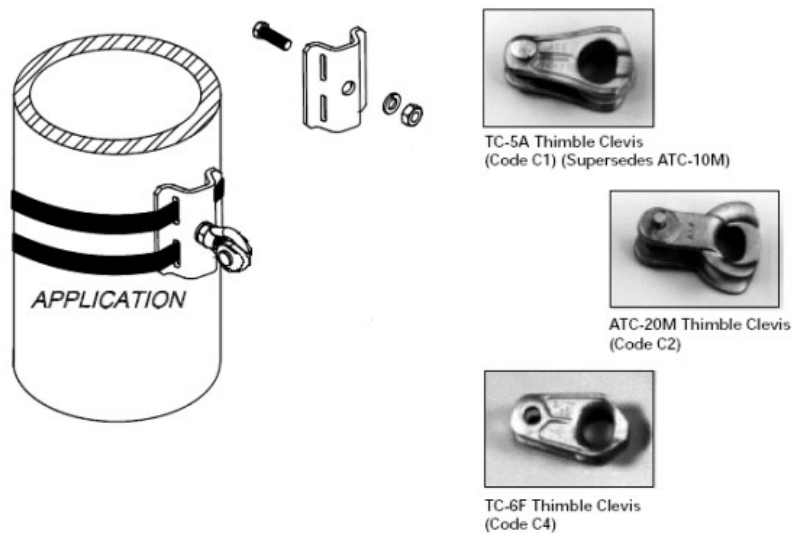


Figura 7

Los amortiguadores se utilizan en vanos largos mayores a 120 metros aprox. y/o cuando la tensión del cable excede el 15% de la tensión ultima de ruptura calculada y existe un viento laminar prevaleciente entre 3 y 30 km/hora deberán ser apropiados para amortiguar efectivamente la vibración eólica en un rango de frecuencias que puedan producir daños al cable ADSS y herrajes. Deberán ser suministrados con todos sus elementos para su montaje.

Estudio de Amortiguamiento: Se debe realizar el estudio completo de amortiguamiento para el cable ADSS. De acuerdo al voltaje de la línea (donde aplique), se debe seleccionar el tipo de amortiguador (Contrapeso o Espiral).

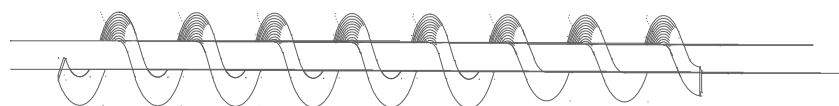


Figura 9

Montaje de los Empalmes y reservas de cable

En los puntos donde se requieran empalmes, se debe dejar una reserva extra para dicho proceso. Para empalmes de planta externa es recomendable por seguridad del operario hacer los empalmes al nivel de piso y no en altura. Se debe considerar el tipo de empalme a emplear, por fusión ó mecánico, y las respectivas condiciones ambientales requeridas en cada método. Se deben remover aproximadamente 4.5 metros de cable de la punta para evitar cualquier posible stress.

Ubicación de las reservas: En zonas urbanas normalmente constituyen un 10 a 20 % de la distancia lineal del total de la ruta. La ubicación de reservas se hacen en cada cambio de dirección de la ruta del cable y en sitios donde probablemente se debe derivar el cable. Ejemplo: Conexión a un nuevo cliente o derivación de la ruta. En trayectos bastante largos constituyen un 5 a 10% de la distancia lineal del total de la ruta. La ubicación de las reservas se hacen en cada punto donde posiblemente luego sea necesario hacer alguna derivación ó es necesario realizar un empalme de continuidad. Ejemplo: Se terminó el carrete y es necesario continuar instalando más cable.

Distancia al suelo: Debe dejarse una reserva de cable como mínimo a 80 cm de la línea de tendido del cable f.o. y luego si se debe proceder a instalar y anclar la caja de empalme (ver figura 10). En trayectos largos solo se debe instalar cajas de empalme cada 5 Km (distancia promedio de un carrete de f.o.) y al empalmar se deben respetar los códigos de colores o consecutivo de hilos independiente del fabricante del cable.

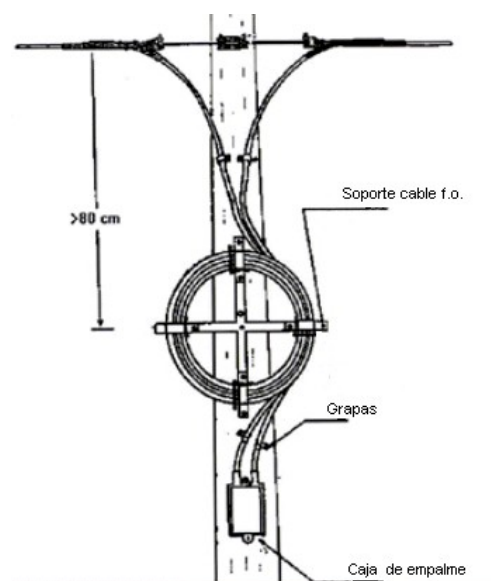


Figura 10

Criterios para instalación de nueva postería

Dado la topografía

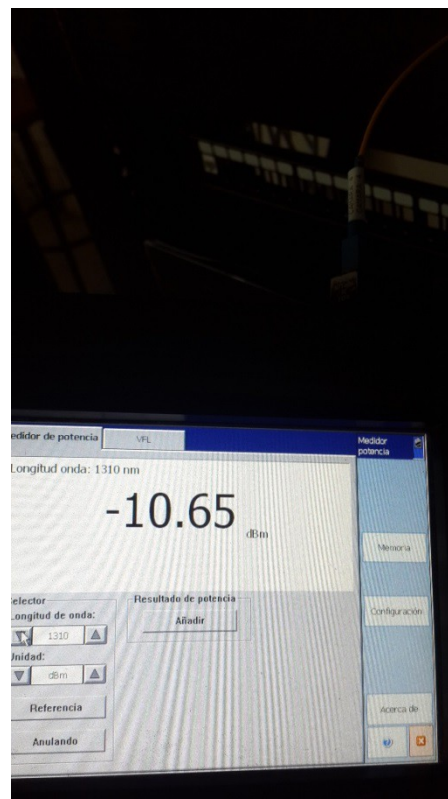
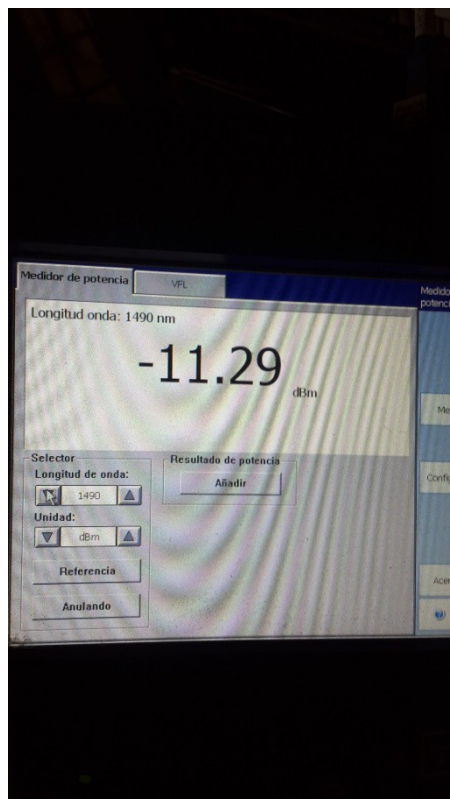
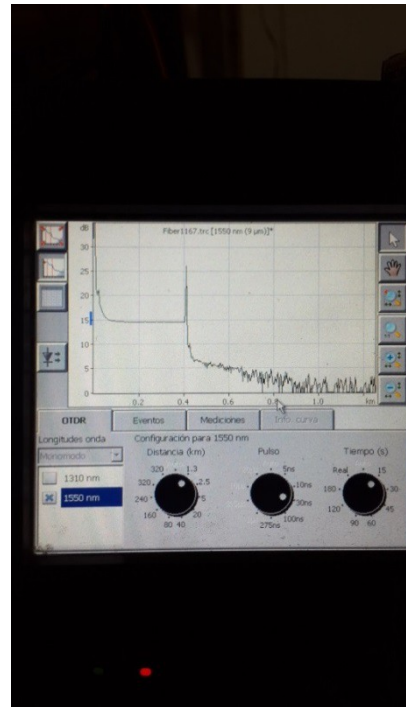
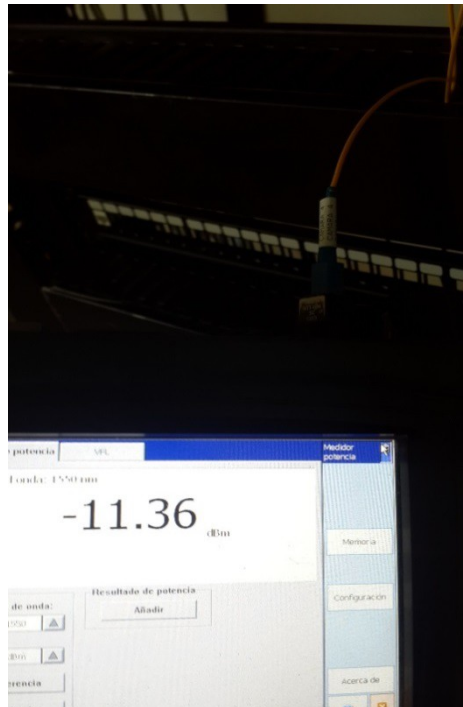
Pueden existir lugares donde el grado de inclinación del terreno hace necesario la instalación de postes intermedios con el fin de conservar el tensado y flecha del cable ó vías que presentan curvas significativas, tales que se hace necesario instalar postes intermedios para conservar el lineamiento de la vía.

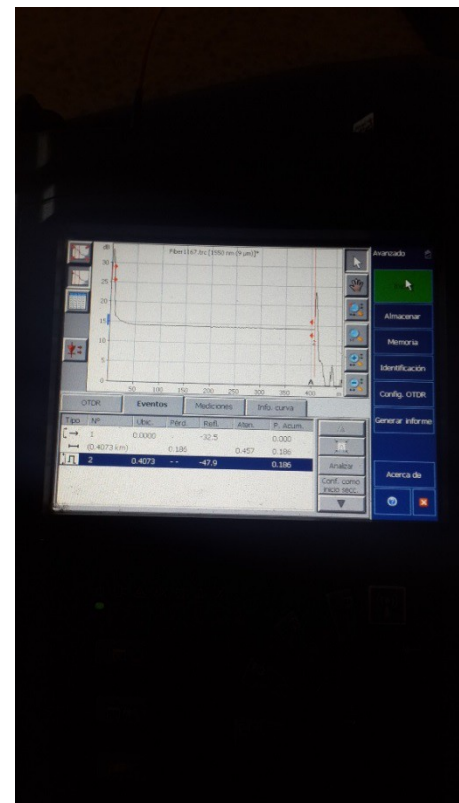
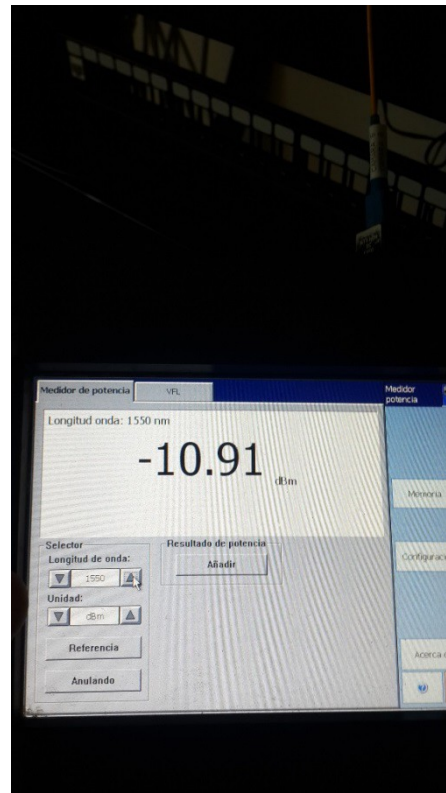
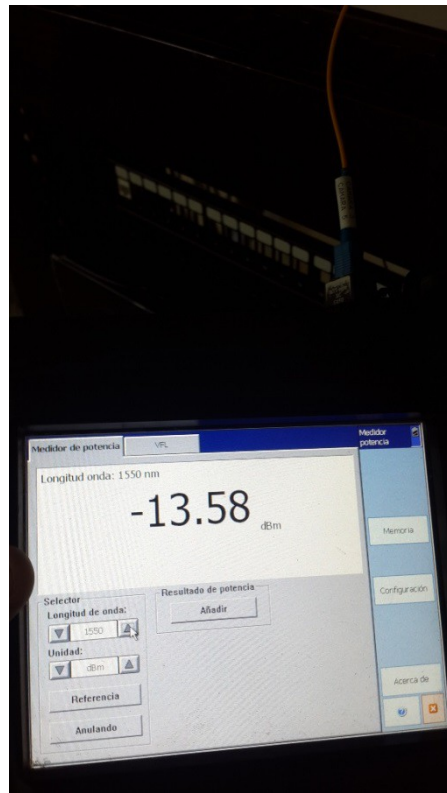
Cruces sobre vías

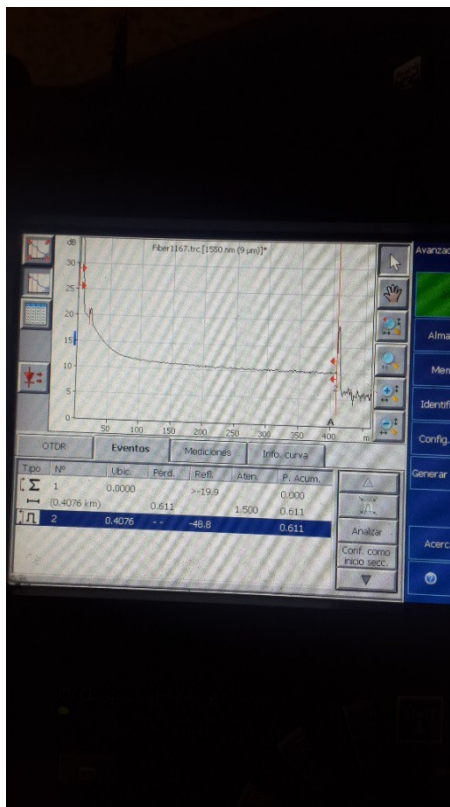
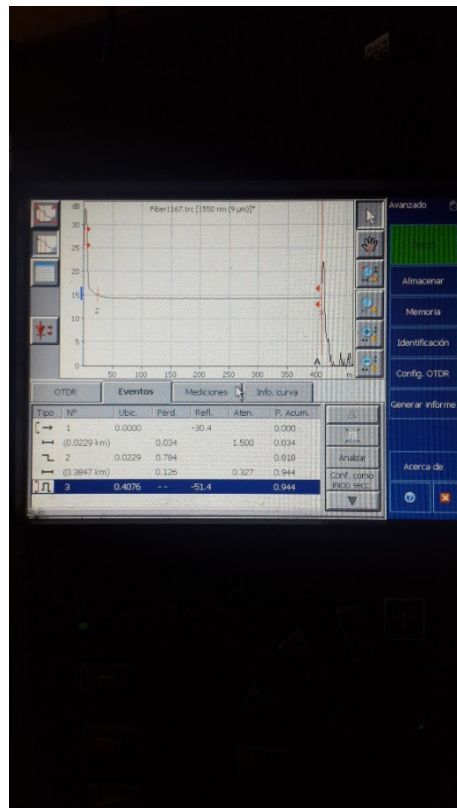
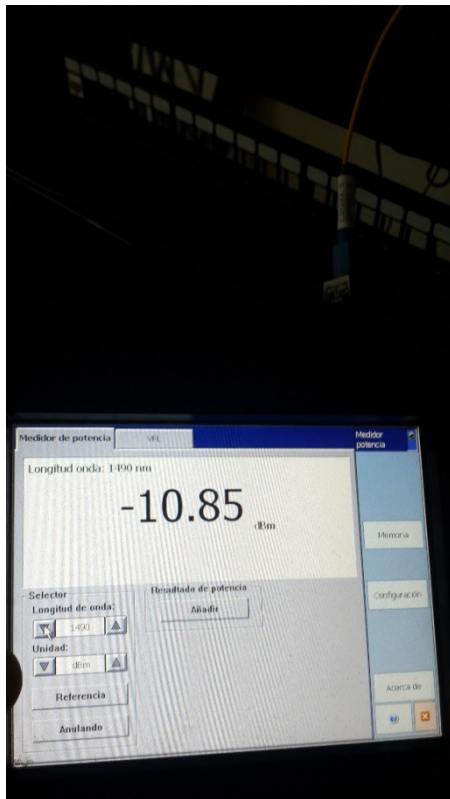
Puede existir la necesidad de colocar un poste intermedio en un trayecto de cable debido a la necesidad de realizar una derivación de la red de f.o. En caso de realizar este tipo de cruces sobre vías principales o vías férreas se debe analizar la posibilidad de colocar postes mas altos sea el caso para evitar daños a la red de f.o.

Anexo 3.- Mediciones de hilos de fibra

Hilos TX y RX







Anexo 4

CARACTERÍSTICAS DE LA FIBRA Y CABLE DE FIBRA ÓPTICA ADSS G.652.D

El cable de fibra óptica deberá cumplir con las siguientes características mínimas para las fibras tipo G.652.D, mostradas en los siguientes cuadros:

1.- GENERALES	
Características	Características
Recomendación UIT-T	G.652.D
Tipo	Tipo

2.- GEOMÉTRICAS	
Características	Valor / Descripción
Diámetro de revestimiento	$125 \pm 1 \mu\text{m}$
Error de circularidad del revestimiento	$\leq 1 \%$
Error de <u>concentricidad</u> del núcleo	$\leq 0,6 \mu\text{m}$
Diámetro del recubrimiento primario	$245 \pm 10 \mu\text{m}$

Características	Valor / Descripción
Atenuación máxima garantizada	
1310 nm	0,4 dB/Km
1550 nm	0,3 dB/km
Atenuación típica	
1310nm	0.38 dB/km
1550nm	0.2 dB/km
Atenuación vs. longitud de onda	
a $1285\text{nm} \leq \lambda \leq 1330\text{nm}$	$\leq 0.1 \text{ dB/km} + \text{atenuación a } 1310\text{nm}.$
a $1525\text{nm} \leq \lambda \leq 1575\text{nm}$	$\leq 0.05 \text{ dB/km} + \text{atenuación a } 1550\text{nm}.$
Atenuación en la cresta de absorción de agua	
$1383\text{nm} \pm 3\text{nm}.$	$\leq 2\text{dB/km}$

Características	Valor / Descripción
Uniformidad de la atenuación	
Para $\lambda = 1310$ y 1550 nm	No deben existir discontinuidades de atenuación mayores a 0.1 dB
Dispersión cromática	
Longitud de onda de dispersión nula.	$1310 \text{ nm} \pm 10 \text{ nm}$
Pendiente de dispersión nula	
@ 1310nm.	$\leq 0.092 \text{ ps/nm}^2.\text{km}$
Valor de dispersión cromática	
@ $1285\text{nm} \leq \lambda \leq 1330\text{nm}$	$\leq 3.2 \text{ ps/nm.km}$
@ 1550nm	$\leq 17 \text{ ps/nm.km}$
@ 1625nm	$\leq 22 \text{ ps/nm.km}$
Longitud de onda de corte	
Fibra con revestimiento primario.	$1190\text{nm} \leq \lambda \leq 1280\text{nm}$
Longitud de la onda de corte del cable	$\lambda \leq 1260\text{nm}$
Diámetro de campo modal	
@ 1310 nm	$8,6 - 9,5 \text{ }\mu\text{m} \pm 0,6 \text{ }\mu\text{m}$

Los cuadros de valores presentados, se encuentran sustentados de acuerdo a la recomendación ITU-T G.652 (06/2005) “Características de las fibras y cables ópticos monomodo”. Las diferentes empresas fabricantes de cable deberán cumplir con estos requerimientos (y si es del caso mejorarlos) para que puedan ser utilizados en su implementación