



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL

TRABAJO DE TITULACIÓN EN OPCIÓN AL GRADO DE:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA DIGITAL Y TELECOMUNICACIONES

TEMA: Selección del tipo de Fibra Óptica más adecuada para la implementación en una red Punto a Punto, en el edificio Matriz de la Universidad Tecnológica Israel.

AUTOR: GABRIEL HERNAN ALVAREZ PAZMIÑO

TUTOR: ING. DAVID CANDO GARZÓN, MG.

AÑO: 2017

INFORME FINAL DE RESULTADOS DEL PIC

| | |
|---|---|
| CARRERA: | Electrónica Digital y Telecomunicaciones |
| AUTOR: | Gabriel Hernan Alvarez Pazmiño |
| TEMA DEL TT: | Elección del tipo de Fibra Óptica más adecuada para la implementación en una red Punto a Punto, en el edificio Matriz de la Universidad Tecnológica Israel. |
| ARTICULACIÓN CON LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL: | Tecnología Aplicada a la Producción y Sociedad |
| SUB-LÍNEA DE INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL: | Desarrollo de Sistemas de Comunicación en la Ciudad de Quito |
| ARTICULACIÓN CON EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL DEL ÁREA | Implementación de redes de Telecomunicaciones con Fibra Óptica |
| FECHA DE PRESENTACIÓN DEL INFORME FINAL: | 27 de septiembre de 2016 |

Resumen

El aumento de estudiantes dentro de la comunidad universitaria junto al uso de laboratorios y aulas de videoconferencias, crean la necesidad de tener una red interna con un ancho de banda que permita transferir información a grandes velocidades y que garantice tener enlaces más fiables. Motivo por el cual se analiza la necesidad de cambiar el medio de transmisión de la red de planta interna, debido a que este sería uno de los factores principales del bajo rendimiento de la misma. Una de las opciones más viables y que aplica tecnología de última generación, es crear dentro del edificio matriz de la Universidad Tecnológica Israel una red punto a punto que use como medio de transmisión la Fibra Óptica. Por lo que en la presente investigación, se tiene por objetivo realizar un análisis que ayude a seleccionar la fibra más idónea para la implementación. Se inicia con la indagación la cual permitió comprender el funcionamiento, tipos de fibras y sus diferentes atributos para posteriormente hacer un análisis de las fibras bajo normativas internacionales de cableado estructurado, así como de las normativas ITU que estandarizan a los diferentes medios de transmisión ópticos. Se encontró que en una red de planta interna se puede emplear dos tipos de fibras, las cuales son ITU-T G.652.D y la ITU-G.657 A2 que son fibras monomodo con las que se hace una comparación de estas fibras en base a dos criterios que son disponibilidad de entrega y precios. Mediante la presentación de dos ofertas por parte de dos empresas Optytech y Milestone, se obtuvo que la empresa Milestone cotizó a la Fibra G.657.A2 con un precio un poco más elevado en relación a la de Optytech. La diferencia entre las cotizaciones, de estas dos empresas fue el tiempo de entrega del producto al cliente. En base a todos estos análisis se determinó que la fibra G.657. A2, es la más adecuada para la red interna de la Universidad Tecnológica Israel y pese a que tiene un precio un poco elevado, es una fibra que está disponible en el mercado en corto plazo de tiempo, que es ideal si existe la necesidad de cambiar una fibra que sufra algún tipo de daño.

Palabras claves: fibra óptica, cableado estructurado, normas ITU, red de planta interna.

Abstract

The increase of students within the university community together with the use of laboratories and videoconferencing classrooms, create the need to obtain an internal network with a bandwidth that allows to transfer information at high speeds and which guarantees to have more reliable links. This leads us to analyze the necessity to change the transmission medium of the internal plant network, since this would be one of the main factors which could lead to a low performance.

One of the most viable options and which applies state-of-the-art technology is to create within the headquarters of Universidad Tecnológica Israel a point-to-point network that uses Fiber Optics as a transmission medium. Consequently, in the present investigation, the goal is to carry out an analysis that will help to select the most suitable fiber for the implementation.

It began with the inquiry which allowed to comprehend the operation, the types of fibers and their different attributes to later make an analysis of the fibers under international norms of structured cabling, as well as of the ITU standards which standardize the different means of optical transmission. It was found that in an internal plant network there are two types of fibers that can be used, these are an ITU-T G.652.D and an ITU-G.657 A2 which are single-mode fibers with which a comparison of these fibers is made based on two criteria that are availability of delivery and prices.

By presenting two offers by two companies Optytech and Milestone, it was determined that the company Milestone quoted the Fiber G.657.A2 with a price slightly higher in relation to the one of Optytech. The difference between these quotes, of these two companies was the delivery time of the product to the customer. Based on all these analyses it was determined that the G.657 fiber. A2 is the most suitable for the internal network of Universidad Tecnológica Israel and although it has a slightly more elevated price, it is a fiber that is available in the market in short time, which is ideal if there is a need to change a fiber that suffers some kind of damage.

Keywords: fiber optics, structured cabling, ITU standards, internal plant network.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|---|------|
| ÍNDICE GENERAL..... | v |
| ÍNDICE DE TABLAS | viii |
| ÍNDICE DE FIGURAS | ix |
| ÍNDICE DE ANEXOS | xi |
| 1. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.1 Antecedentes..... | 1 |
| 1.2 Planteamiento del problema | 1 |
| 1.3 Objetivos..... | 1 |
| 1.3.1 Objetivo General | 1 |
| 1.3.2 Objetivos Específicos | 2 |
| 2. MARCO TEÓRICO Y METODOLÓGICO. | 3 |
| 2.1 Fibra Óptica..... | 3 |
| 2.2 Características de la fibra óptica..... | 3 |
| 2.2.1 Reflexión Interna Total | 3 |
| 2.2.2 Apertura Numérica. | 5 |
| 2.3 Parámetros de transmisión de la Fibra Óptica | 6 |
| 2.3.1 Ventanas de Operación de la Fibra Óptica | 6 |
| 2.3.2 Ancho de banda | 7 |
| 2.3.3 Dispersión | 7 |
| 2.3.4 Atenuación | 9 |
| 2.3.5 Atenuación intrínseca..... | 9 |
| 2.3.6 Atenuación Extrínseca..... | 10 |
| 2.4 Estructura de la Fibra Óptica | 11 |
| 2.4.1 Núcleo..... | 12 |
| 2.4.2 Revestimiento..... | 12 |
| 2.4.3 Recubrimiento | 12 |
| 2.4.4 Kevlar | 13 |
| 2.4.5 Chaqueta..... | 13 |
| 2.4.6 Clasificación de la Fibra Óptica según su composición | 14 |
| 2.5 Tipos de Fibra Óptica por modo de propagación de la Luz | 15 |
| 2.5.1 Fibra Monomodo (fiber singlemode) | 15 |
| 2.5.2 Fibra Multimodo (fiber multimode) | 15 |
| 2.6.1 Estándar ITU-T G.651.1 | 17 |

| | |
|--|----|
| 2.6.2 Estándar ITU-T G.652 | 18 |
| 2.6.3 Estándar ITU-T G.653..... | 18 |
| 2.6.4 Estándar ITU-T G.654 | 18 |
| 2.6.6 Estándar ITU-T G.656 | 18 |
| 2.6.7 Estándar ITU-T G.657 | 18 |
| 2.7 Trasmisores Ópticos | 19 |
| 2.7.1 Emisor LED (Diodo Emisor de Luz) | 19 |
| 2.7.2 Diodo Láser (Amplificación de Luz por Emisión Estimulada de Radiación).. | 19 |
| 2.8 Receptores Ópticos | 20 |
| 2.8.1 Fotodetector PIN | 20 |
| 2.8.2 Fotodetector de Avalancha APD (Avalanche Photodetector)..... | 20 |
| 2.9 Elementos de Unión e Interconexión | 20 |
| 2.9.1 Tipos de Conectores | 20 |
| 2.9.2 Tipos de Férula | 23 |
| 2.9.3 Acopladores | 25 |
| 2.9.4 Patchcords de Fibra Óptica | 25 |
| 2.9.5 Distribuidor de Fibra Óptica (ODF) | 26 |
| 2.10 Redes de Acceso FTTX (Fiber to the X o Fibra Hasta X) | 26 |
| 2.10.1 Redes FTTH (Fiber to the Home o Fibra hasta la Casa)..... | 26 |
| 2.10.2 Redes FTTC (Fiber to the Curb o Fibra hasta la Cerca) | 27 |
| 2.10.3 Redes FTTB (Fiber to the Building o Fibra hasta el Edificio)..... | 27 |
| 2.10.4 Redes FTTN (Fiber to the Node/Neighborhood o Fibra hasta el Nodo/Vecindario) | 28 |
| 2.10.5 Redes FTTD (Fiber to the Desk o Fibra hasta el Escritorio)..... | 28 |
| 2.11 Redes Ópticas Pasivas (PON o Passive Optical Network)..... | 29 |
| 2.11.1 APON (Red Óptica Pasiva de ATM) | 31 |
| 2.11.2 BPON (Broadband PON o Red Óptica Pasiva de Banda ancha)..... | 31 |
| 2.11.3 GPON (Gigabit PON o Red Pasiva Óptica con capacidad de Gigabit)..... | 32 |
| 2.12 AON (Active Optical Network o Redes Ópticas Activas)..... | 32 |
| 3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS | 33 |
| 3.1 Análisis de la Fibra Óptica con las normas de Cableado Estructurado..... | 33 |
| 3.1.1 ANSI/TIA/EIA 568 – C.1 Estándar de Cableado para Edificios Comerciales | 33 |
| 3.1.2 ANSI/TIA/EIA 568 - C.3 Estándar de Componentes de Fibra Óptica..... | 34 |
| 3.2 Análisis del tipo de Red de Acceso FTTX | 36 |
| 3.3 Análisis de las Fibra ITU-T G.652.D y G.657.A | 36 |
| 3.3.1 Fibras ITU-T G.652.D..... | 36 |
| 3.3.2 Fibras ITU-T G.657 | 37 |

| | |
|--|----|
| 3.3.3 Análisis de Parámetros Técnicos entre las Fibras ITU-T G.657.A vs ITU-T G.652.D..... | 38 |
| 3.4 Análisis del conector para la fibra | 39 |
| 3.4.1 Conector SC..... | 39 |
| 3.4.3 Conector FC..... | 41 |
| 3.4.4 Conector LC | 42 |
| 3.4.5 Análisis Comparativo de los Conectores SC, FC, LC y ST | 42 |
| 3.5 Análisis Económico..... | 43 |
| CONCLUSIONES | 47 |
| RECOMENDACIONES | 48 |
| BIBLIOGRAFÍA | 49 |
| ANEXOS | 54 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Clasificación fibra óptica según composición | 14 |
| Tabla 2. Clasificación por Núcleos de la fibra óptica | 17 |
| Tabla 3. Elementos Activos y Pasivos de una Red PON..... | 29 |
| Tabla 4. Parámetros de las fibras monomodo y multimodo..... | 34 |
| Tabla 5. Análisis comparativo entre las Fibras Monomodo y Multimodo | 35 |
| Tabla 6. Parámetros Técnicos de la Fibra Multimodo G.652.D | 37 |
| Tabla 7. Parámetros Técnicos de la Fibra Multimodo G.657.A | 37 |
| Tabla 8. Comparación de datos Técnicos entre las fibras G.652.D vs G.657.A 2 | 38 |
| Tabla 9. Comparación de Pérdidas por Macroflexión..... | 38 |
| Tabla 10. Datos Técnicos del conector SC | 39 |
| Tabla 11. Parámetros Técnicos del Conector ST | 40 |
| Tabla 12. Características Técnicas del Conector FC | 41 |
| Tabla 13. Datos Técnicos del Conector LC..... | 42 |
| Tabla 14. Análisis Comparativo de los Conectores SC, FC, LC y ST..... | 43 |
| Tabla 15. Cotización de la Empresa Optytech | 44 |
| Tabla 16. Precios Ofertados por la Empresa Milestone | 45 |
| Tabla 17. Comparación de la cotización de Milestone con Optytech de la Fibra G.657 A2 | 45 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Transmisión de la luz..... | 3 |
| Figura 2. Reflexión Interna Total..... | 4 |
| Figura 3. Ángulo Crítico | 4 |
| Figura 4. Rayo Reflejado | 4 |
| Figura 5. Rayo Refractado..... | 5 |
| Figura 6. Apertura Numérica | 5 |
| Figura 7. Ventanas de operación de la fibra óptica..... | 6 |
| Figura 8. Dispersión de la fibra óptica..... | 7 |
| Figura 9. Interferencia entre Símbolos..... | 8 |
| Figura 10. Dispersión por Modo de Polarización | 9 |
| Figura 11. Atenuación por esparcimiento | 10 |
| Figura 12. Atenuación por absorción | 10 |
| Figura 13. Atenuación de la Fibra Óptica por Macrodoblajes y Microdoblajes | 10 |
| Figura 14. Capas de la fibra óptica | 11 |
| Figura 15. Estructura holgada | 12 |
| Figura 16. Estructura ajustada..... | 13 |
| Figura 17. Fibra Óptica Monomodo | 15 |
| Figura 18. Fibra Óptica de Índice Escalonado | 16 |
| Figura 19. Fibra Óptica de Índice Gradual | 16 |
| Figura 20. Emisores Ópticos | 19 |
| Figura 21. Enlace Óptico Punto a Punto..... | 20 |
| Figura 22. Partes de un conector..... | 21 |
| Figura 23. Conectores SC | 21 |
| Figura 24. Conector LC | 22 |
| Figura 25. Conector ST | 22 |
| Figura 26. Conector FC | 23 |
| Figura 27. Férula con Pulido Flat..... | 23 |
| Figura 28. Conectores con Férula de Pulido PC..... | 24 |
| Figura 29. Férula con Pulido APC | 24 |
| Figura 30. Pérdida de Luz en las Férulas con Pulido APC..... | 24 |
| Figura 31. Férula con Pulido UPC | 25 |
| Figura 32. Acoplador de Conectores SC | 25 |
| Figura 33. Patch cord de Fibra Multimodo | 26 |
| Figura 34. Organizador de Fibra (ODF) | 26 |
| Figura 35. Red FTTH..... | 27 |

| | |
|---|----|
| Figura 36. Red de Acceso FTTC | 27 |
| Figura 37. Red de Acceso FTTB | 27 |
| Figura 38. Redes de Acceso FTTN | 28 |
| Figura 39. Red de Acceso FTTD | 28 |
| Figura 40. OLT | 29 |
| Figura 41. ONT Huawei modelo HG8245H..... | 30 |
| Figura 42. Divisor Óptico | 30 |
| Figura 43. Empalme entre dos Fibras Ópticas..... | 31 |
| Figura 44. Red APON..... | 31 |
| Figura 45. Red GPON | 32 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| | |
|---|----|
| Anexo 1. Dispersión horizontal de la fibra óptica | 54 |
| Anexo 2. Dispersión vertical de la fibra óptica | 55 |
| Anexo 3. Cotización Ofertada por Optytech de la Fibra G.657.A2 y G.652.D | 56 |
| Anexo 4. Cotización Ofertada por Milestone de la Fibra G.657.A2 | 57 |
| Anexo 5. Cotización Ofertada por Milestone de la Fibra G.652.D | 58 |
| Anexo 6. Acta de Entrega y Recepción del Proyecto..... | 59 |

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

La Universidad Tecnológica Israel, es una institución de educación superior privada fundada en el año de 1999. En los últimos años de funcionamiento experimentó un incremento de estudiantes debido al mejoramiento en sus procesos de enseñanza, la implementación de aulas multimedia y al equipamiento de última generación en los laboratorios. En consecuencia se elevó la demanda de conexión a internet a través de dispositivos fijos y móviles, con lo que se creó la necesidad de un cambio en el medio de comunicación de la red interna.

1.2 Planteamiento del problema

El mal funcionamiento del servicio de internet en la Universidad Tecnológica Israel, se da por el aumento de personas que hacen uso de este servicio, y por el uso continuo de aplicaciones como plataformas o aulas virtuales, lo que incide en el ancho de banda de la red por lo que esta se satura. Razón por la cual el administrador de la red restringe la descarga de programas o la visualización de videos en línea, evitando la saturación de la red y la pérdida de información. Los problemas se generan por el limitado ancho de banda del medio de comunicación, el cual no soporta grandes velocidades de transmisión de datos, por lo tanto el servicio no es satisfactorio para los usuarios.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

- Realizar un estudio de los aspectos de funcionamiento técnico, factibilidad económica y de las normativas que rigen las comunicaciones con medios ópticos. Con el fin de seleccionar a través de estos factores la Fibra óptica más adecuada e implementarla en la sede matriz de la Universidad Tecnológica Israel, para el mejoramiento de su sistema de conexión en beneficio de la comunidad universitaria.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Investigar el funcionamiento y propiedades de la fibra que permita conocer los aspectos de operatividad en la aplicación de redes de comunicación.
- Analizar qué tipo de fibra se puede emplear en una red de planta interna en base a normativas internacionales, que rigen los medios de comunicación y disponibilidad en el mercado así como su costo económico.
- Seleccionar la fibra óptica para la red interna de la Universidad Tecnológica Israel

2. MARCO TEÓRICO Y METODOLÓGICO.

2.1 Fibra Óptica

Es un hilo delgado que posee un grosor similar al de un cabello humano, la cual en su interior conduce una señal óptica. La señal óptica se encarga de transportar la información, y en su proceso utiliza un emisor y un receptor. En un lado de la fibra la luz es originada por fuentes de LED o Láser, que se encienden y se apagan para generar el pulso luminoso, mientras que en lado opuesto, la señal óptica es recibida por un receptor sensible a la luz que se encarga de convertir los pulsos en unos y ceros, para restaurar la señal original.

Como característica principal es el medio físico que presenta menor atenuación, por lo que se la puede usar en enlaces punto a punto sin necesidad de emplear repetidoras, en la figura 1 se muestra cómo la luz se propaga a través del núcleo de la fibra.

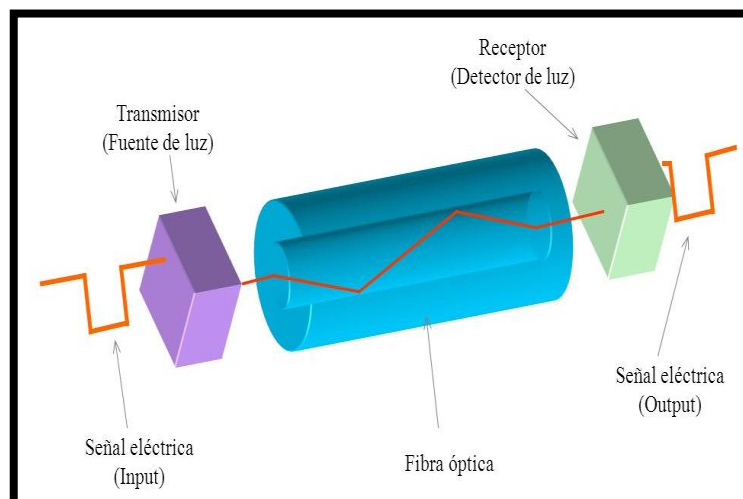


Figura 1. Transmisión de la luz

Fuente: (Física. Principios con aplicaciones, 2008)

2.2 Características de la fibra óptica

2.2.1 Reflexión Interna Total

La reflexión es un suceso físico que permite al haz o rayo de luz quedarse confinado dentro de la fibra, en el momento que se transporta por medio del núcleo puesto que la luz al colisionar contra las paredes del mismo se refleja, lo cual provoca un cambio de dirección distinto al que llevaba el rayo de luz original.

Este fenómeno al reflejar la luz dentro del eje principal, permite que la señal se propague de forma zigzagueante desde el emisor hacia el receptor, como se observa en la figura 2.

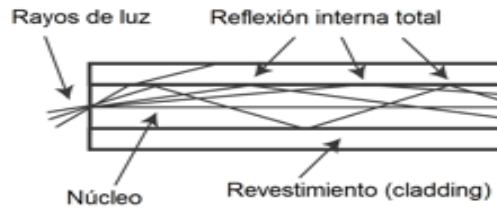


Figura 2. Reflexión Interna Total

Fuente: (FOA, 2014)

Además describe las tres diferentes formas en que la luz incide sobre la fibra óptica los cuales dependen de sus ángulos de incidencia que se generan al inicio de la misma

- Angulo crítico se denomina al ángulo límite, donde la luz no se refracta y tampoco se refleja por lo que la luz se propaga de manera paralela entre el núcleo y el revestimiento, ver figura 3

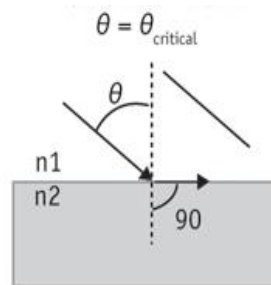
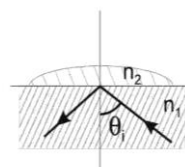


Figura 3. Ángulo Crítico

Fuente: (Martin, s/f)

- Si el rayo de luz tiene un ángulo de incidencia mayor al crítico esto provoca que la señal óptica se refleje con las paredes del núcleo, ver figura 4.



Total Internal Reflection

$$\theta_i > \theta_{\text{critical}}$$

Figura 4. Rayo Reflejado

Fuente: (Martin, s/f)

- Si el ángulo de incidencia tiene una medida inferior al ángulo crítico, da como resultado que la señal óptica se refracta, debido a que la luz pasa al medio físico menos denso (revestimiento) con lo que continua su propagación y se produce pérdidas, como se observa en la figura 5.

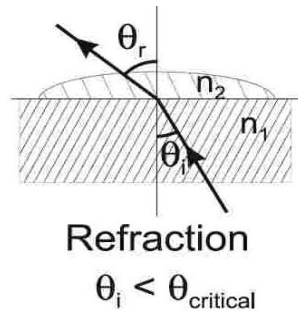


Figura 5. Rayo Refractado

Fuente: (Martin, s/f)

2.2.2 Apertura Numérica.

La apertura numérica o denominado cono de aceptación, es el área o puerta de entrada para los haces de luz, los cuales deben incidir sobre la fibra óptica con un ángulo determinado, que les sirve para propagarse a través del núcleo.

Se pierden en el revestimiento cuando los haces de luz no tienen el ángulo apropiado y en consecuencia estos no pueden regresar al núcleo, ver figura 6.

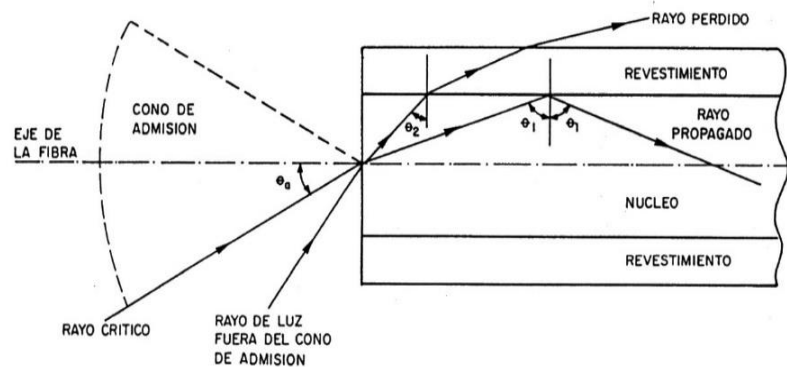


Figura 6. Apertura Numérica

Fuente: (Martin, s/f)

La apertura numérica en la fibra óptica provoca distintas consecuencias como:

- Una apertura numérica, con un ángulo de aceptación amplio permite que ingresen numerosos rayos de luz pero disminuye el ancho de banda, y aumenta la dispersión modal.
- El cono de aceptación, si tiene un ángulo reducido no permite el ingreso de distintos rayos de luz con lo que se eleva el ancho de banda y se reduce las pérdidas.

Para el ángulo de incidencia del cono de aceptación se utiliza los índices de refracción del núcleo (n_1) y del revestimiento (n_2), también se debe considerar el seno angular de aceptación. Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$AN = \text{sen } \theta = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \quad \text{Ec 2.1}$$

2.3 Parámetros de transmisión de la Fibra Óptica

2.3.1 Ventanas de Operación de la Fibra Óptica

La luz es energía electromagnética la cual se propaga en forma de onda por diferentes medios y materiales. La propagación de la onda luminosa en la fibra óptica es mediante el uso de ventanas de operación, que son frecuencias o longitudes de onda que en algunas regiones del espectro lumínico presentan una atenuación aproximadamente de cero, como se observa en la figura 7. La estructura de la fibra óptica determina que longitud de onda se usa para la transmisión de información y está expresada en nm (1nm=una mil millonésima parte de un metro).

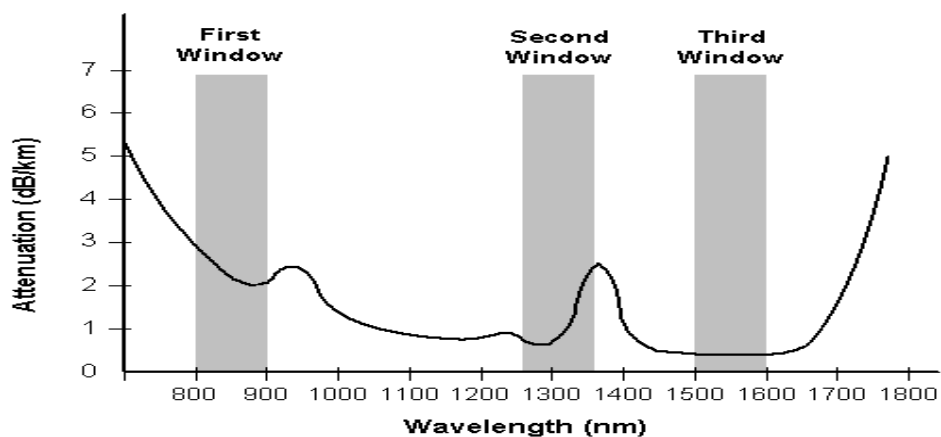


Figura 7. Ventanas de operación de la fibra óptica

Fuente: (Comunicaciones, 2015)

Específicamente se utilizan tres ventanas de operación las cuales son:

- Primera ventana 850 nm: se utiliza en fibras multimodo con núcleo de 62.5 μm y revestimiento de 125 μm la cual posee una atenuación de 2.5 dB/Km - 3 dB/Km, se emplea en distancias cortas y redes LAN
- Segunda ventana 1310 nm: las emplean fibras multimodo con núcleo de 50 μm y revestimiento de 125 μm en redes LAN. También las utilizan las fibras monomodo de núcleo de 9 μm y revestimiento 125 μm con una atenuación de 0,4 dB/Km en distancias medias.
- Tercera ventana 1550 nm: se utiliza solo en fibras monomodo con una atenuación de 0.25 dB/Km para distancias largas y de alta velocidad.

2.3.2 Ancho de banda

Se conoce como la capacidad que posee un sistema de comunicación para transportar información de un extremo a otro. Para los sistemas de comunicación ópticos, el ancho de banda es demasiado grande ya que la información se transmite mediante pulsos luminosos, separados por distintos tiempos de transmisión.

En las redes ópticas el ancho de banda se mide en MHz x km. Las fibras multimodo poseen un ancho de banda de 500MHz x Km, a diferencia de las fibras monomodo que mediante un solo haz de luz su ancho de banda es de 100GHz x Km o superior. El ancho de banda es limitado por la dispersión.

2.3.3 Dispersión

La dispersión limita el ancho de banda y distorsiona la información ya que el pulso de luz sufre una deformación de ensanchamiento, debido a que los haces de luz se propagan a distintas velocidades y llegan al receptor con diferentes tiempos, como se aprecia en la figura 8.

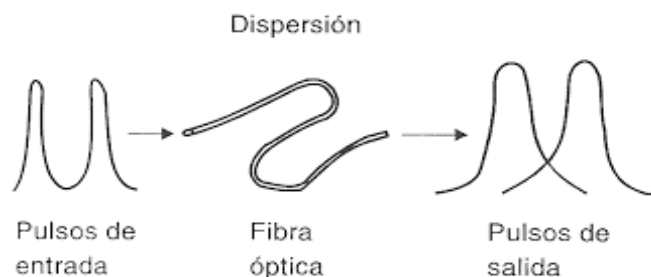


Figura 8. Dispersión de la fibra óptica

Fuente: (Itlalaguna, s/f)

La dispersión se mide en picosegundos por kilómetro (ps/km), se relaciona con la longitud de la fibra, es decir a más larga la fibra mayor la dilatación de los pulsos debido a la distancia que deben recorrer a través de la misma. En los sistemas ópticos se puede tener tres tipos distintos de dispersión.

- **Dispersión Modal**

Afecta únicamente a las fibras multimodo ya que transmiten múltiples haces de luz, los que se propagan a través del núcleo por diferentes trayectorias y llegan al receptor en diferentes tiempos, en consecuencia el pulso luminoso se ensancha y aumenta la tasa de bits recibidos de forma incorrecta BER).

El ensanchamiento solapa los pulsos entres sí lo que provoca una interferencia, en consecuencia el receptor no puede diferenciar donde comienza o acaba un pulso luminoso. La dispersión modal también se la conoce con el nombre de Interferencia entre Símbolos tal como se representa en la figura 9.

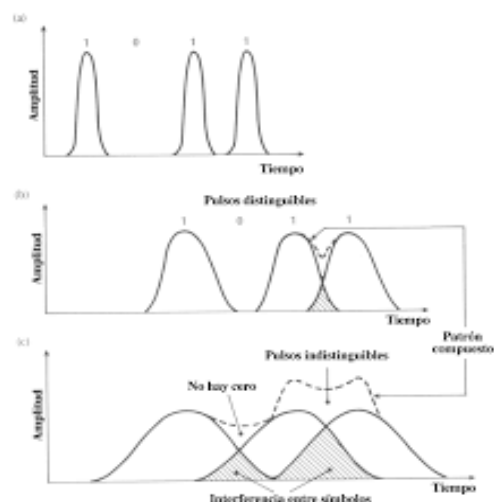


Figura 9. Interferencia entre Símbolos

Fuente: (IUMA, s/f)

- **Dispersión Cromática de Material**

Este tipo de dispersión afecta a las fibras monomodo y se produce debido a que no toda la energía de la señal óptica viaja solo por el núcleo sino que existe una porción de energía de aproximadamente el 20% que viaja por el revestimiento.

El porcentaje de la señal que se desplaza a través del revestimiento, se traslada con diferentes velocidades y llega al receptor en mayor o menor tiempo con respecto a la

parte de energía que viaja por el núcleo, debido a que las dos capas tienen un índice de refracción levemente distinto (La Fibra Óptica Perú, s/f).

- **Dispersión por Modo de Polarización**

La dispersión deteriora la señal en las fibras monomodo y tiene un origen semejante al tipo de dispersión cromática que tiene guía de onda. Este suceso está íntimamente relacionado con la birrefringencia, que es una propiedad óptica que desdobra el haz de luz incidente en dos haces polarizados perpendiculares entre sí.

La birrefringencia en la fibra presenta su origen por la asimetría del núcleo, que actúa como un medio de propagación compuesto por dos índices de refracción diferentes. Y en consecuencia una parte de la señal óptica viaja de forma horizontal y la otra de modo vertical con diferentes velocidades, lo cual provoca que el pulso luminoso se ensanche como se observa en figura 10. (Rojas, s/f).

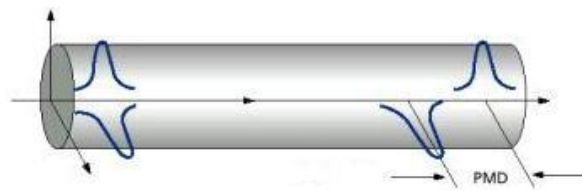


Figura 10. Dispersión por Modo de Polarización

Fuente: (Rojas, s/f)

2.3.4 Atenuación

Disminuye la distancia de transmisión de manera distinta a la dispersión, ya que la atenuación es la pérdida de potencia que se desarrolla cuando la señal óptica tiene que recorrer distancias largas. Es medida como una tasa de pérdida y es expresada en decibeles (dB), en relación a la unidad de distancia que recorre la señal dB/Km. Existen diferentes tipos de atenuaciones que se clasifican en intrínsecas y extrínsecas (Gómez, 2015).

2.3.5 Atenuación intrínseca

La atenuación intrínseca ocurre cuando la fibra tiene impurezas que se producen por su proceso de fabricación, que a pesar del inmenso avance tecnológico que se emplea para su elaboración, no existe ningún equipo o método que pueda eliminar por completo las impurezas. Estas impurezas al chocar con la señal óptica, provocan dos diferentes escenarios, en los cuales la luz puede ser absorbida o esparcirse por todo el núcleo.

- **Atenuación intrínseca por esparcimiento**

Se produce cuando la señal luminosa choca con una impureza de la fibra, lo cual produce que el haz se disperse y desvíe por el núcleo esto evita el viaje continuo de la señal, ver figura 11.

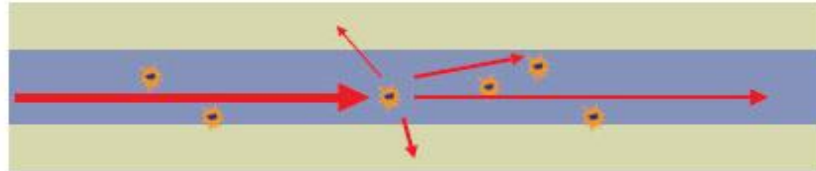


Figura 11. Atenuación por esparcimiento

Fuente: (SIEMON, s/f)

- **Atenuación intrínseca por absorción**

La figura 12 muestra como la atenuación por absorción se produce a consecuencia de que la luz es absorbida, por impurezas naturales o por propiedades químicas de la fibra, que se desarrollan cuando se fabrican.

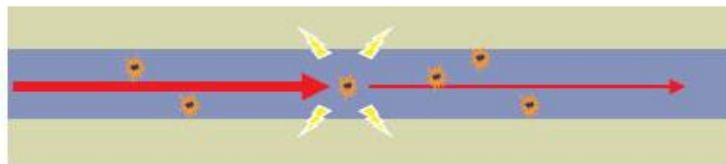


Figura 12. Atenuación por absorción

Fuente: (SIEMON, s/f)

2.3.6 Atenuación Extrínseca

Son causados por mecanismos externos como macrodoblajes y microdoblajes que se desarrollan en procesos de instalación de las fibras como se ve en la figura 13.

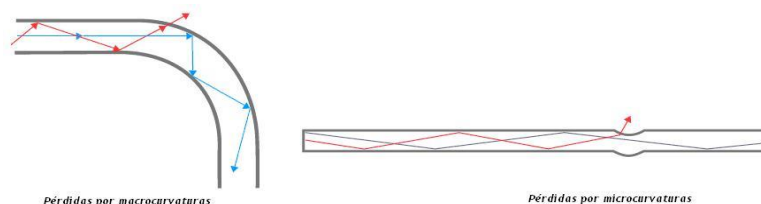


Figura 13. Atenuación de la Fibra Óptica por Macrodoblajes y Microdoblajes

Fuente: (Bizkaia, 2014)

- **Atenuación extrínseca por macrodoblajes**

Es una clase de atenuación por doblaje, que perjudica la buena operatividad de la fibra, en el que afecta al ángulo crítico y en consecuencia al índice de refracción, en el lugar donde se encuentre localizado. Esta atenuación es reversible, puesto que al desaparecer el doblaje la atenuación se elimina. Con el fin de evitar estos problemas, que ocurren más en los procesos de instalación de las fibras, se debe considerar, que las fibras soportan un radio de curvatura equivalente a 10 veces su diámetro.

- **Atenuación extrínseca por microdoblajes**

Es una atenuación que se origina con un doblaje demasiado pequeño, el cual no es visible a simple vista, y es causado debido a que existe presión sobre la fibra, y a cambios de temperatura.

2.4 Estructura de la Fibra Óptica

Es un filamento delgado y maleable fabricado de vidrio o plástico, compuesto de dos capas principales como son el núcleo y revestimiento. Su función es la transmisión de señales luminosas los cuales son los datos a transmitir, la luz se queda confinada al interior de la fibra óptica la cual se desplaza por los ángulos de reflexión originados entre el rayo de luz incidente y el medio de propagación, en la figura 14 se observa el núcleo y las 4 diferentes capas que lo protegen.

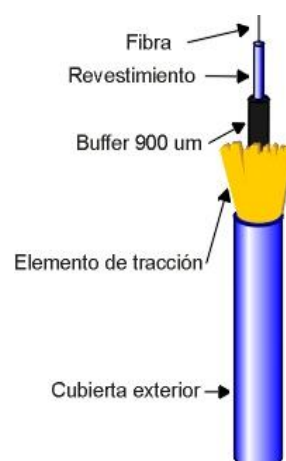


Figura 14. Capas de la fibra óptica

Fuente: (Fernandez & Barbado, 2008)

- Núcleo/core
- Revestimiento
- Recubrimiento/buffer
- Kevlar/Elemento de Tracción
- Chaqueta/Cubierta Exterior

2.4.1 Núcleo

El núcleo es el eje central de la fibra, por donde la señal óptica se desplaza del emisor al receptor. El diámetro de este eje varía de acuerdo al tipo de fibra, entre más ancho es el núcleo puede transportar varios rayos de luz.

2.4.2 Revestimiento

El revestimiento es una capa que cubre al núcleo y puede ser fabricado de diferente o del mismo material, actúa como una cubierta reflectante que se encarga de reflejar y retener a los rayos de luz, con la finalidad de evitar que escapen del núcleo e incrementa el tamaño de la fibra, con el objetivo de facilitar su manipulación.

2.4.3 Recubrimiento

Es una capa externa que generalmente está fabricada de plástico y se encarga de proteger al núcleo y revestimiento de daños en la superficie provocados por aplastamiento de la fibra, roedores, humedad y otros riesgos existentes en los entornos.

2.4.3.1 Tipos de Recubrimiento Protector

- **Estructura holgada.**- En su interior alberga tubos cuyo diámetro pueden ser de 2 a 3 mm. Los tubos de las fibras son colocadas de una manera holgada y son rellenos con un gel de silicón, lo que crea un sistema de flotación para las fibras, ver figura 15.



Figura 15. Estructura holgada

Fuente: García, 2012

El objetivo principal del cable de estructura holgada, es mantener a las fibras alejadas de las fuerzas mecánicas que pueden existir en el exterior. El cable de estructura holgada puede ser aplicado en ambientes hostiles, cables aéreos y aplicaciones en exteriores.

- **Estructura ajustada.-** Es un tubo que recubre ceñidamente a la fibra, el cual suministra una protección de inmunidad a la humedad e incrementa la resistencia mecánica. Además reduce el diámetro de la fibra lo que aumenta la flexibilidad y su fácil manipulación. Se recomienda usar este tubo en redes de planta interna. En la figura 16 se observa como el tubo de estructura ajustada protege a la fibra.



Figura 16. Estructura ajustada

Fuente: García, 2012

Estos dos tipos de tubos proporcionan una mayor protección a la fibra, pero su principal diferencia se destaca en su aplicación.

2.4.4 Kevlar

Kevlar es un elemento de tracción, que se utiliza para agregarle resistencia de tensión y evita el estiramiento del cable. La resistencia de tensión es una medida, que permite establecer la fuerza en el cable a daños de estiramiento, en el momento que es jalada.

2.4.5 Chaqueta

La chaqueta es una capa externa que sirve como protección contra el desgaste y el agua, además protege a los filamentos de fibra contra cualquier daño, y está elaborada de un plástico duro pero flexible, que ayuda a facilitar su manipulación.

2.4.6 Clasificación de la Fibra Óptica según su composición

La fibra óptica se clasifica en tres grupos cuando se considera el tipo de material con el que están fabricadas. En la tabla 1 se muestra la clasificación de las fibras según su composición:

Tabla 1. Clasificación fibra óptica según composición

| Núcleo | Revestimiento | Nomenclatura |
|----------|---------------|------------------------------------|
| Vidrio | Vidrio | SCS (Silicio cubierta de Silicio) |
| Vidrio | Plástico | PCS (Silicio cubierta de Plástico) |
| Plástico | Plástico | |

Fuente: (Mendoza, 2015 ver pag,16)

- **Fibra SCS (Silicio Cubierta de Silicio)**

Este tipo de fibra al tener un núcleo y revestimiento de vidrio, posee algunas características especiales. Tiene una atenuación muy baja, no es susceptible a interferencias electromagnéticas existentes en el entorno. En su transmisión no emite ningún tipo de señal eléctrica, lo que la hace ideal para ser instalada en lugares explosivos o peligrosos. Como desventaja presenta el aumento de su atenuación en el momento que es expuesta a la radiación, y es menos resistente mecánicamente.

- **Fibra PSC (Silicio Cubierta de Plástico)**

Las fibras PSC son más utilizadas para fines militares, debido a que su atenuación no aumenta cuando son expuestas a la radiación.

- **Fibra de Plástico**

La fibra de plástico ofrece varias ventajas ante las fibras SCS y PSC, posee una mayor flexibilidad lo que las hace más resistente, además pesan un 60 % menos que las fibras de vidrio, son fáciles de instalar y su costo es menor en el mercado. Su desventaja es el material del cual está fabricada, ya que el plástico no propaga correctamente la señal luminosa, lo que causa que la atenuación aumente y por este motivo son solo utilizadas en redes de planta interna.

2.5 Tipos de Fibra Óptica por modo de propagación de la Luz

Las fibras ópticas se clasifican en dos grupos en relación a su forma de propagación de la señal luminosa, las cuales son:

- Fibras monomodo (single-mode)
- Fibras multimodo (multi-mode)

2.5.1 Fibra Monomodo (fiber singlemode)

Las fibras monomodo se caracterizan porque el diámetro de su núcleo es reducido, el cual varía entre 8 a 10 μm por este motivo a través de su núcleo, un solo rayo se propaga desplazándose en línea recta y paralela al eje central a lo largo de la fibra, ver figura 17.

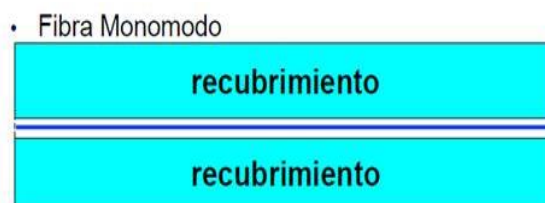


Figura 17. Fibra Óptica Monomodo

Fuente: (Bizkaia, 2014).

Debido a la forma en cómo se desplaza el rayo de luz desaparece cualquier tipo de rebote y reflexión, lo que ayuda a que no exista desfase o ensanchamiento de pulsos por lo tanto también se elimina la dispersión modal. Tienen un ancho de banda amplio y pueden transmitir información a velocidades superiores a los gigabits por segundo (Gbps). Estas fibras son usadas en enlaces de mediana y larga distancia, son afectadas únicamente por la dispersión cromática.

2.5.2 Fibra Multimodo (fiber multimode)

Estas fibras fueron las primeras en fabricarse y comercializarse, se las conoce como fibras multimodo ya que se propagan varias señales ópticas, porque el diámetro del núcleo es amplio y varía entre 50 μm a 62.5 μm , poseen un ancho de banda muy limitado puesto que tienen un cono de aceptación muy amplio, son usadas en distancias cortas como redes LAN. Estas fibras se dividen en multimodo de índice de escalonado y en multimodo de índice gradual.

- **Fibra multimodo de índice de escalonado o salto de índice**

Está fibra propaga varias señales luminosas a través de su núcleo, las cuales tienen diferentes ángulos de reflexión y se desplazan a distintas velocidades, lo que resulta que se desfasen las señales y por esta razón los rayos llegan al receptor en diferentes tiempos, lo que aumenta la dispersión y provoca que exista un muy bajo ancho de banda. Dado a la alta dispersión modal que afecta a esta fibra son utilizadas en redes de distancias cortas máxima hasta un 1 Km. La figura 18 muestra la propagación de las señales ópticas por el núcleo de la fibra.

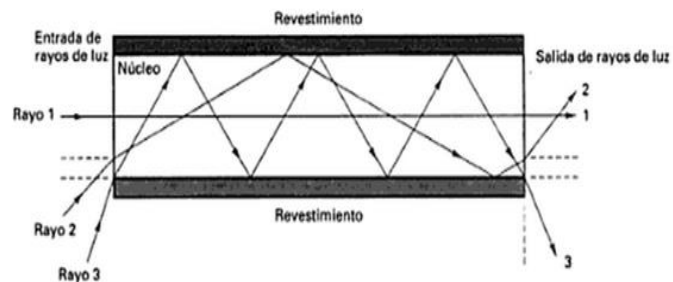


Figura 18. Fibra Óptica de Índice Escalonado

Fuente: (Tomasi, 2013)

- **Fibra Multimodo de índice gradual**

La fibra óptica de índice gradual tiene una estructura que propaga las señales luminosas de dos formas distintas, las señales que viajan distancias cortas lo hacen a velocidades lentas, mientras que las señales ópticas con un ángulos críticos recorren distancias más largas pero con un desplazamiento más rápido, esto ayuda a que se elimine el desfase entre las señales luminosas y lleguen al mismo tiempo al receptor, como se observa en la figura 19. Esta fibra óptica tiene dispersión modal aproximadamente de cero y son utilizadas en enlaces de hasta 10 Km de distancia.

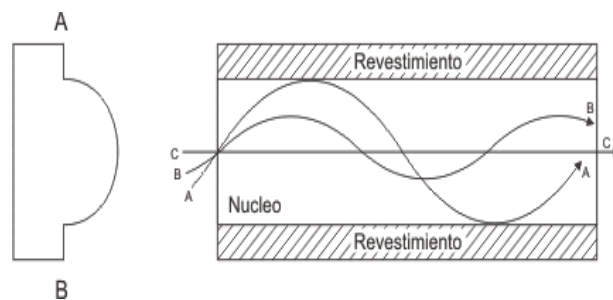


Figura 19. Fibra Óptica de Índice Gradual

Fuente: (UNET, 2009)

En la tabla 2 se describe a la clasificación de la fibra por núcleos y características.

Tabla 2. Clasificación por Núcleos de la fibra óptica

| Diámetro del Núcleo | Diámetro del Revestimiento | Tipo de Propagación | Longitud de Onda de Transmisión | Características |
|----------------------|----------------------------|---------------------|---------------------------------|---|
| 8 a 10 μm | 125 μm | Monomodo | 1330/1550 nm | Propaga mayor tasa de datos, posee una atenuación muy baja, utilizada en transmisión de datos a alta velocidad a largas distancias, aumento en costos en su implementación. |
| 50 μm | 125 μm | Multimodo | 1330 nm | De todas las fibras multimodo es la que mayor ancho de banda potencial posee. |
| 62.5 μm | 125 μm | Multimodo | 850 nm | Es menos susceptible a tener pérdidas por micro curvaturas. |
| 85 μm | 125 μm | Multimodo | 850 nm | Es una fibra más utilizada en Europa no es tan popular en américa, gracias a su mayor ancho de núcleo posee una mayor captación de las señales de luz. |
| 100 μm | 140 μm | Multimodo | 850 nm | Es más fácil de conectar pero es una fibra mucho más difícil de encontrar. |

Fuente: (Loitegui, 2008)

2.6 Estándares de la Fibra Óptica

La Unión Internacional de Telecomunicaciones, en la búsqueda de estandarizar a las distintas clases de fibra, crea un listado de recomendaciones para los medios de transmisión digitales, en la cual se describe los parámetros de funcionamiento así como los tipos de fibra.

2.6.1 Estándar ITU-T G.651.1

Esta recomendación reemplaza a la norma ITU-T G.651, que fue cambiado en el año 2008 y sugiere que para redes de edificios empresariales, se puede emplear una fibra multimodo de índice gradual con un eje central de 50 μm y un revestimiento de 125 μm . La recomendación se basa en que esta fibra opera en las regiones de 850 nm o 1300 nm y puede trabajar en las dos ventanas de operación al mismo tiempo, una característica de esta fibra es que puede transmitir a velocidades de 1 Gbits/s, para lo cual debe trabajar en la ventana de 850 nm y la distancia entre emisor y receptor debe ser máximo de 550m.

2.6.2 Estándar ITU-T G.652

La recomendación ITU-T G.652 especifica las características de una fibra monomodo, que esta optimizada para trabajar en la ventana de 1310 nm donde la dispersión cromática es nula, también puede operar en la ventana de 1550 nm en la cual presenta una atenuación de 0.2 dB/Km, esta fibra se usa en la instalación de redes dorsales o backbone.

2.6.3 Estándar ITU-T G.653.

Fibra monomodo que trabaja en la ventana de 1550 nm donde presenta una dispersión cromática nula, con una atenuación de 0.35dB/km.

2.6.4 Estándar ITU-T G.654

Trabaja en la ventana de 1550 nm y donde su atenuación, varía entre 0.15 dB /Km - 0.19 dB/Km, está fibra es fabricada con silicio puro, debido a lo cual su costo económico en el proceso de elaboración es alto. Son fibras que se emplean en las transmisiones digitales, de enlaces terrestres y cables submarinos de larga distancia.

2.6.5 Estándar ITU-T G.655

Trabaja en las ventanas de operación comprendidas entre 1530 nm – 1565 nm, también se la puede adaptar para que soporte transmisiones en una banda superior hasta los 1625 nm. En la ventana de operación de 1550 nm, es donde mejor opera esta fibra porque presenta una dispersión cromática mínima.

2.6.6 Estándar ITU-T G.656

Opera en las longitudes de onda de entre los 1460 nm – 1625 nm, en esta última región presenta una dispersión cromática diferente de cero. Se la emplea en redes dorsales y en sistemas que utilicen multiplexación por longitud de onda (WDM).

2.6.7 Estándar ITU-T G.657

Esta normativa se refiere una fibra monomodo que es insensible a las curvaturas, y ofrece una alta resistencia a las pérdidas originadas por macrocurvaturas, lo que la hace ideal para montarla, en planta interna o usarla en patchcords.

Se divide en 2 categorías, la fibra de categoría A que son compatibles con las fibras del estándar ITU-T G.652, y operan en la longitud de onda entre 1260 nm – 1625 nm. Las fibras de categoría B trabajan en las mismas ventanas de operación, que las de categoría A lo único que diferencia a estas dos categorías son sus radios de curvatura.

2.7 Transmisores Ópticos

En los enlaces con fibra óptica los que se encargan de generar las señales luminosas son los emisores o transmisores y lo realizan a través de un proceso, el cual consiste en tomar a la señal eléctrica en forma de corriente y convertirla en señal óptica, ver figura 20, para posteriormente emitirla en forma de pulsos en distintas longitudes de onda a lo largo de la fibra.

Donde en la señal óptica el 0 se representa cuando se apaga la luz, y el 1 el momento en que se vuelve a encender. Existen dos tipos de transmisores ópticos el diodo Láser y LED. (Xabier, 2012)

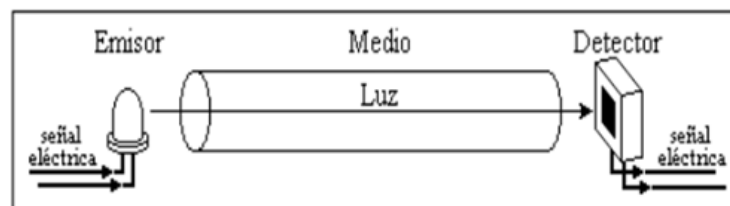


Figura 20. Emisores Ópticos

Fuente: (Camara, 2015)

2.7.1 Emisor LED (Diodo Emisor de Luz)

Es un transmisor de baja potencia utilizado en enlaces de corta y mediana distancia, opera en las ventanas de 850 nm y 1300 nm. Posee un espectro muy ancho motivo por lo cual emite diferentes longitudes de onda, y se la utiliza más con fibras multimodo.

2.7.2 Diodo Láser (Amplificación de Luz por Emisión Estimulada de Radiación)

Tiene un ancho espectral más pequeño cuando se lo relaciona con el diodo LED. Por lo que genera menos longitudes de onda, es un dispositivo de gran potencia y son usados mayormente en transmisiones a grandes distancias. Debido a su ancho espectral se la usa con fibras monomodo y utiliza la segunda ventana de 1310 nm para transmitir.

2.8 Receptores Ópticos

Es un dispositivo óptico-eléctrico, el cual se encarga de absorber la luz que viene propagándose a lo largo del núcleo y con ayuda de un fotodetector transforma la señal luminosa en voltaje o una señal eléctrica. El fotodetector genera la señal eléctrica a través del efecto fotoeléctrico el cual consiste en que las partículas de la luz golpean contra los electrones de un metal y arrancan sus átomos, durante todo este proceso el electrón está en constante movimiento, lo que origina una corriente eléctrica. Existen dos tipos de receptores el fotodetector PIN y el fotodetector de avalancha (APD).

2.8.1 Fotodetector PIN

Es el más utilizado en las comunicaciones ópticas, debido a que su proceso de fabricación es fácil por lo que su precio es muy económico, tiene un gran ancho de banda que opera entre las regiones de 850 nm y 1300 nm. (The Fiber Optic Association, 2014)

2.8.2 Fotodetector de Avalancha APD (Avalanche Photodetector)

El fotodetector APD es un receptor que opera con las longitudes de onda de 1310 nm y 1550 nm donde las velocidades de transmisión oscilan desde 2Mbps hasta los 34 Mbps. Es un receptor muy poco aconsejable de utilizar, debido a que tiene un ancho de banda muy reducido, y su costo económico en el mercado es muy alto. En la figura 21 se puede apreciar, un enlace óptico punto a punto compuesto por transmisores y receptores.

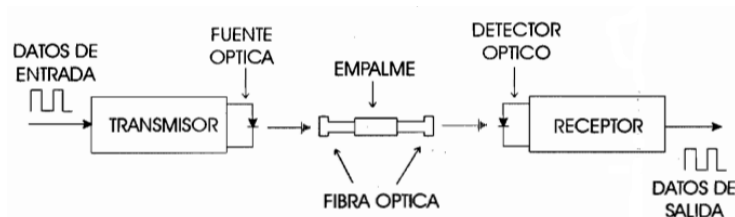


Figura 21. Enlace Óptico Punto a Punto

Fuente: (Halmelh, 2013)

2.9 Elementos de Unión e Interconexión

2.9.1 Tipos de Conectores

Las terminaciones de la fibra óptica se las realiza mediante el uso de conectores, los cuales forman parte de los dispositivos pasivos en vista de que su funcionamiento no

precisa del uso de energía eléctrica, además sirven para acoplar la fibra con los equipos que son parte del enlace como transmisores, receptores, etc. La principal tarea del conector es minimizar las pérdidas ópticas, proveer de protección mecánica y ambiental así como de una estabilidad en la unión acoplada. Los conectores están compuestos por un cilindro llamado férula, donde es montada la fibra. La férula y el revestimiento de la fibra tienen el mismo diámetro, ya que la férula está diseñada para alinear la fibra. En la figura 22 se observa las partes que forman un conector. (Nemesistel, 2014)

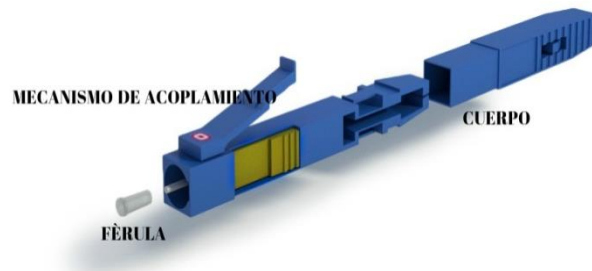


Figura 22. Partes de un conector

Fuente: (Rodriguez, Fibra Optica para Hoy, 2001)

2.9.1.1 Conector SC (Square Connector o Conector Cuadrado)

El conector estándar o conector cuadrado es un dispositivo terminal, que su principal ventaja está en el sistema de conexión directa con los puertos ópticos. El sistema de conexión que utiliza es conocido como “push pull” empujar y jalar, lo que permite una facilidad para su desconexión o conexión, el diseño del conector ayuda a ocupar menos espacio en las áreas de conexiones, y su mayor parte está compuesto por plástico.

La forma rectangular en que está diseñado evita rotaciones, y permite alinear al conector de manera sencilla con los puertos ópticos. Es utilizado mayormente en redes LAN, PON, AON y CATV. En la figura 23 se observa los conectores SC de una fibra monomodo.



Figura 23. Conectores SC

Fuente: (EMTT, 2009)

2.9.1.2 Conector LC (Little Connector o Pequeño Conector)

Originalmente fue desarrollado por Lucent Technologies, el LC es el primer conector pequeño fabricado de forma exitosa, diseñado con un sistema push/pull para su conexión o desconexión, igual que el conector SC. Está elaborado con una férula que mide 1.25 mm. Debido a su pequeño tamaño disminuye el espacio hasta un 50%, por esta razón es utilizado en paneles de racks y armarios. Puede usarse con las fibras monomodo y multimodo, en la figura 24 se puede ilustrar al conector LC.



Figura 24. Conector LC

Fuente: (EMTT, 2009)

2.9.1.3 Conector ST (Straight Tip o Punta Recta)

Es un conector que apareció en la década de los 80, y que fue creado por la compañía AT&T tiene forma de bayoneta como se ve en la figura 25, tiene un cuerpo metálico por lo que es resistente a la corrosión. La férula tiene un diámetro de 2.5 mm y es compatible únicamente con las fibras multimodo. Es un conector que se acopla a los equipos con un mecanismo de empujar y girar, por lo cual es un dispositivo terminal que es altamente resistente a vibraciones y se recomienda utilizarlo en lugares con entorno donde la seguridad de conexión es crítica.



Figura 25. Conector ST

Fuente: (Timbercon, 2016)

2.9.1.4 Conector FC (Ferule Connector o Conector de Férula)

Es un conector cuya férula es elaborado en cerámica de zirconia con alta precisión por lo que ofrece una mejor alineación entre las fibras y tiene una medida de 2.5 mm. El mecanismo de anclaje en los equipos es en forma de rosca, el cuerpo del conector está fabricado de material niquelado es compatible con fibras monomodo y multimodo. El conector FC con el tiempo fue reemplazado por los conectores LC y SC, en la figura 26 se muestra la forma del conector FC.



Figura 26. Conector FC

Fuente: (Rodríguez, Fibra Optica para hoy, 2016)

2.9.2 Tipos de Férula

La férula es la parte central y principal del conector porque es donde está colocada la fibra, con lo que se tiene un mejor acoplamiento y de esta manera facilita la transmisión de las señales ópticas, existe varios tipos de férula elaborados de materiales como acero inoxidable, plástico y cerámica, está última es la más usada en la mayoría de conectores, por su baja pérdida de retorno e inserción. Típicamente el diámetro de una férula es de 1.25 mm o 2.5 mm.

Existen diferentes tamaños de férulas con distintos tipos de pulidos por lo cual se clasifican en FLAT, UPC, APC y PC.

2.9.2.1 Férula con Pulido Flat o Férula Plana

Esta férula tiene un pulido plano como se ve en la figura 27, por ello su pérdida de retorno es alta y alcanza un valor de -20 dB, es compatible solo con las fibras multimodo.



Figura 27. Férula con Pulido Flat

Fuente: (Silexfiber, 2016)

2.9.2.2 Férula con Pulido PC o Physical Contact

Es un tipo de pulido que tiene una ligera curvatura, que ayuda a suprimir el espacio de aire que existe entre las férulas, se la puede usar con fibras multimodo y monomodo. Presenta una pérdida de retorno que varía entre -30 dB a -40 dB. La forma de unión de dos conectores con férula PC se ilustra en la figura 28.

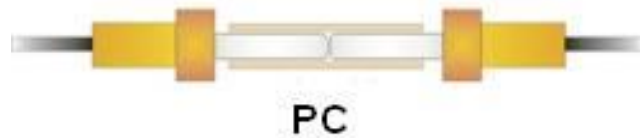


Figura 28. Conectores con Férula de Pulido PC

Fuente: (Nemesistel, 2014)

2.9.2.3 Férula con Pulido de Contacto Físico Angulado o APC

Este tipo de pulido tiene una inclinación con un ángulo de 8 grados, lo que permite que las conexiones entre estas férulas sean bien unidas. Como se representa en la figura 29.

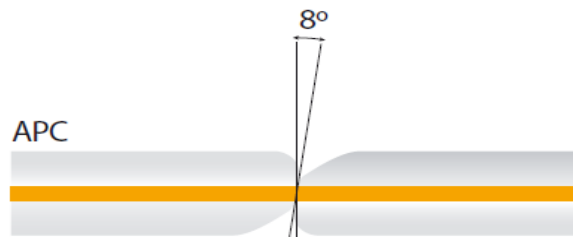


Figura 29. Férula con Pulido APC

Fuente: (Nemesistel, 2014)

Debido a la forma de su pulido la luz no puede retornar al núcleo y provoca que la pérdida de retorno alcance un valor de -60 dB, como se aprecia en la figura 30. Se la usa principalmente con fibras monomodo.

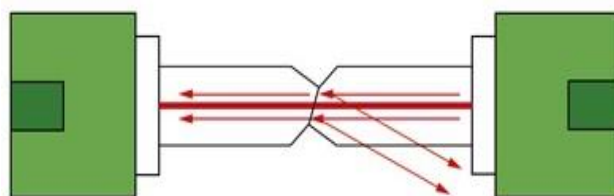


Figura 30. Pérdida de Luz en las Férulas con Pulido APC

Fuente: (Rodríguez, 2016)

2.9.2.4 Férula con Pulido UPC o Ultra Physical Contact

La forma de pulido en esta férula es mucho más pronunciada en relación con las de pulido PC. Trabajan con fibras monomodo donde su pérdida de retorno es de -40 dB a -55 dB, son usadas en televisión por cable (CATV) y telefonía. En la figura 31 se ilustra la unión de dos férulas con este tipo de pulido.



Figura 31. Férula con Pulido UPC

Fuente: (Silexfiber, 2016)

2.9.3 Acopladores

Es un dispositivo mecánico que tiene como función unir dos pedazos de fibra óptica, a través de sus conectores para dar continuidad a la señal luminosa. El funcionamiento mecánico se basa en resortes que aprietan las fibras, lo cual asegura que tengan un contacto directo entre sí, que ayude a quitar la interferencia de aire y asegura que no exista desconexiones además alinea las férulas de los conectores. Son dispositivos pasivos que funcionan sin ningún tipo de energía. En la figura 32 se aprecia un ejemplo de acoplador. (Tradeisay, 2013)



Figura 32. Acoplador de Conectores SC

Fuente: (Fibersavvy, 2015)

2.9.4 Patchcords de Fibra Óptica

Son cables con conectores en los extremos, como se aprecia en figura 33 los cuales son utilizados en distancias cortas y medianas, que sirven para conectar directamente equipos activos y pasivos entre sí o cajas pasivas (ODF) con los equipos activos del enlace. En las cajas pasivas permiten una administración de puertos simplemente con el cambio de posición.



Figura 33. Patch cord de Fibra Multimodo

Fuente: (Telnet, 2015)

2.9.5 Distribuidor de Fibra Óptica (ODF)

Es una caja metálica con varios puertos, que tiene por objetivo conectar el cable de fibra que proviene de planta interna con los equipos activos de la red. La fibra entra por la parte posterior del ODF y se conecta con un adaptador, en la parte frontal del equipo se encuentran los puertos donde se conectan los patchcords con los puertos del equipo activo. A continuación en la figura 34 se observa un ODF, con patchcords de conexión.

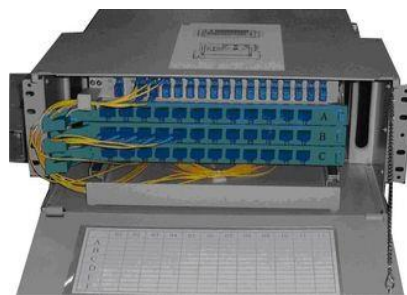


Figura 34. Organizador de Fibra (ODF)

Fuente: (Cycom, 2016)

2.10 Redes de Acceso FTTX (Fiber to the X o Fibra Hasta X)

Se comprende como redes de acceso FTTX, a las redes que utilizan principalmente como medio de transmisión la fibra óptica que junto con elementos tecnológicos enlazan la red de transporte o principal con los usuarios finales. Las redes de acceso son distintas y dependen principalmente del lugar físico donde van hacer implementadas, es así que se tiene diferentes tipos de redes FTTH, FTTC, FTTB, FTTN y FTTD.

2.10.1 Redes FTTH (Fiber to the Home o Fibra hasta la Casa)

Son las fibras dedicadas, que llegan al domicilio del abonado desde el último nodo de distribución y por medio de splitters. Las redes FTTH son utilizadas para brindar servicios de triple play que consiste en internet de banda ancha, televisión y telefonía. En la figura 35 se tiene un ejemplo de la arquitectura de esta red.

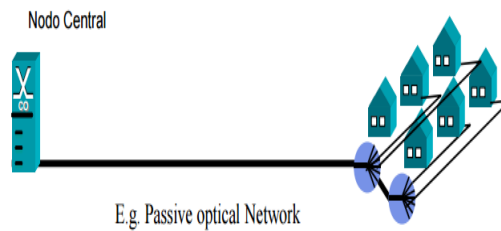


Figura 35. Red FTTH

Fuente: (Pignataro, 2013)

2.10.2 Redes FTTC (Fiber to the Curb o Fibra hasta la Cerca)

Es una red donde la fibra parte desde un nodo y llega con la señal óptica hasta un gabinete o armario de comunicaciones, para que posteriormente la señal luminosa se transforme en una señal eléctrica y se reparta entre los usuarios finales por medio de cable de cobre. La distancia que existe entre el armario de distribución, el nodo y los usuarios terminales no excede los 300 m, en la figura 36 se observa un esquema de red FTTC.

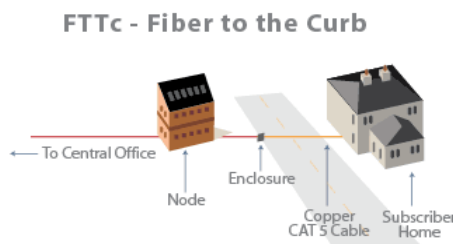


Figura 36. Red de Acceso FTTC

Fuente: (Vinueza, 2015)

2.10.3 Redes FTTB (Fiber to the Building o Fibra hasta el Edificio)

Es un tipo de red donde la fibra llega hasta un punto de distribución, que está ubicado en el interior del edificio y desde ese punto se puede utilizar diferentes medios de transmisión, para llegar a todos los abonados. En la figura 37 se representa la arquitectura de una red de Acceso FTTB.

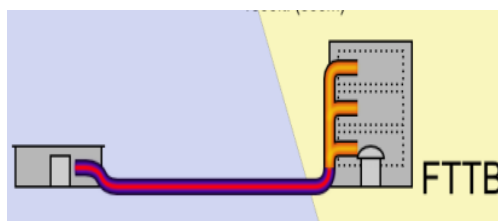


Figura 37. Red de Acceso FTTB

Fuente: (Lattanzi, 2014)

2.10.4 Redes FTTN (Fiber to the Node/Neighborhood o Fibra hasta el Nodo/Vecindario)

La arquitectura de esta red es similar a la red FTTC, debido a que la fibra óptica también llega a un nodo, pero la diferencia entre estas redes se establece en sus radios de cobertura ya que con una red FTTC se cubre máximo una distancia de 300m a la redonda, mientras que con la red FTTN el radio de cobertura es de 1500m, ver figura 38.



Figura 38. Redes de Acceso FTTN

Fuente: (Andres, 2016)

2.10.5 Redes FTTD (Fiber to the Desk o Fibra hasta el Escritorio)

La fibra parte desde los armarios de comunicaciones o racks los que se muestran en la figura 39 y llega muy cerca a los puestos de los usuarios finales y áreas de trabajo, esta arquitectura de red se emplea en el cableado estructurado horizontal y backbone. (Furukawa, 2012)

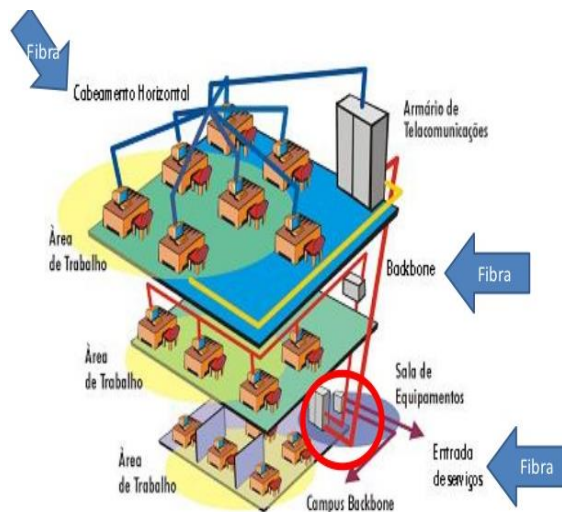


Figura 39. Red de Acceso FTTD

Fuente: (Trielec, 2012)

2.11 Redes Ópticas Pasivas (PON o Passive Optical Network)

Es una red cuya infraestructura está compuesta por equipos que no necesitan de energía para su alimentación en ningún punto intermedio de la red. Pero en los extremos utiliza elementos activos, los cuales para su funcionamiento utilizan energía eléctrica. Son redes punto-multipunto que tienen zonas de coberturas entre 10 Km a 60 Km.

En la tabla 3 se observa a los elementos que se clasifican como activos y pasivos de una red PON.

Tabla 3. Elementos Activos y Pasivos de una Red PON

| Elementos Activos (Se ubican en los extremos de la Red usan energía eléctrica) | Elementos Pasivos (Se ubican en los puntos intermedios de la Red funcionan sin ningún tipo de energía) |
|--|--|
| OLT | Splitters |
| ONT | Empalmes |

Fuente: (Lattanzi, 2014)

- **OLT (Optical Line Termination o Terminal de Línea Óptico).**- Está ubicada dentro de un armario de comunicaciones y desde la OLT se despliegan las fibras dedicadas hacia los clientes, controla el flujo bidireccional de información y transmite datos a una distancia máxima de 20 Km por lo cual su radio de cobertura es amplio. En la figura 40, se puede ilustrar como es físicamente una OLT.



Figura 40. OLT

Fuente: (Commons, 2013)

- **ONT (Optical Network Termination o Terminales de Redes Ópticos).**-Es un dispositivo ubicado en el usuario final, el cual se encarga de convertir las señales luminosas en señales eléctricas y que la información llegue al abonado por medio de un puerto RJ45. También cumple la función inversa al convertir la señal eléctrica en luminosa, además se encarga de encapsular los datos para que llegue a la OLT, como es un equipo activo de la red PON se alimenta de energía eléctrica. En la figura 41 se ilustra la imagen de una ONT de marca Huawei.



Figura 41. ONT Huawei modelo HG8245H

Fuente: (Huawei, HG8245, 2016)

- **Splitters.**- Es un elemento pasivo que divide la señal luminosa en partes iguales, motivo por el cual genera pérdida ya que el momento en que se secciona la señal pierde potencia, los splitters son utilizados para repartir la señal en redes punto-multipunto. En la figura 42, se observa como la señal luminosa es dividida por el splitter.

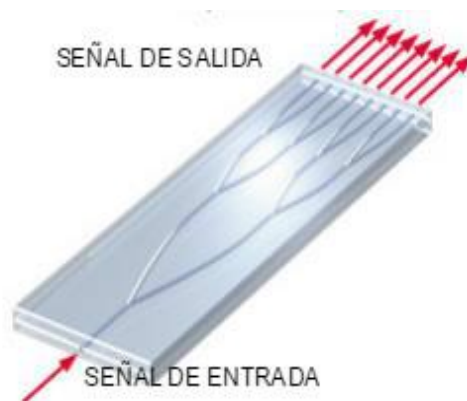


Figura 42. Divisor Óptico

Fuente: (Lattanzi, 2014)

- **Empalmes.**-Los empalmes son uniones fijas, que tienen la finalidad de dar continuidad a la fibra ya que por este método se puede unir dos fibras, son usados en el caso de que las longitudes de la fibra no alcanzan a cubrir la

distancia para enlazar los equipos, o si la fibra sufre algún daño y necesita cambiarse un tramo de la misma. En la figura 43 se ilustra la imagen de un empalme entre dos fibras.

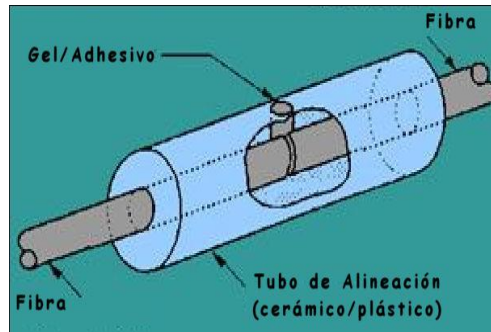


Figura 43. Empalme entre dos Fibras Ópticas

Fuente: (Empalmes de Fibra Optica, 2011)

2.11.1 APON (Red Óptica Pasiva de ATM)

Es una red que utiliza el protocolo ATM para la transferencia de datos, su canal descendente transmite a velocidades que varían desde 155 Mbps a 622 Mbps, esta velocidad se divide entre todas las ONU de la red. En la figura 44 se puede apreciar a una red APON básica.

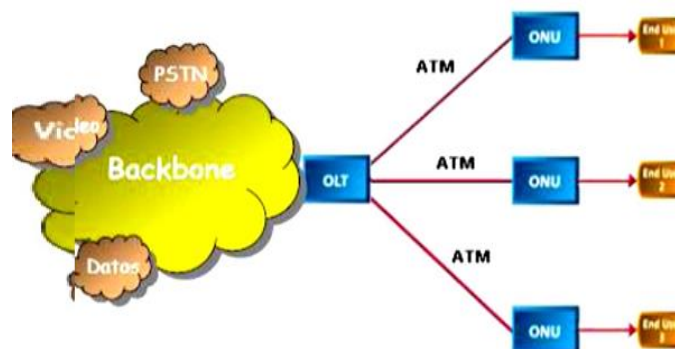


Figura 44. Red APON

Fuente: (Gilbert, 2015)

2.11.2 BPON (Broadband PON o Red Óptica Pasiva de Banda ancha)

Es una red que se basa en APON, pero a la vez es una mejora de la misma debido a que incorpora algunos servicios como la multiplexación por longitud de onda, al inicio su velocidad de transmisión simétrica era de 155 Mbps.

Posteriormente se modificaron sus velocidades por lo que actualmente transmite en forma asimétrica, con un canal descendente de 622 Mbps y un ascendente de 155 Mbps. La longitud máxima del enlace es de 20 km entre ONT y OLT, la fibra que se usa para este tipo de red es la ITU-T G.652.

2.11.3 GPON (Gigabit PON o Red Pasiva Óptica con capacidad de Gigabit)

Posee un gran ancho de banda, el cual proporciona varios servicios entre ellos voz, videos y datos con gran eficiencia sus velocidades de transmisión varían entre los 1.244 Mbps a 2.488 Mbps.

Para el canal descendente mientras que su canal ascendente ofrece velocidades que oscilan entre los 155 Mbps, 622 Mbps hasta 1244 Mbps. Estas velocidades se alcanzan cuando la longitud de transmisión es máxima de 20 km, son usadas mayormente en redes MAN y WAN. En la figura 45 se puede apreciar una red GPON.

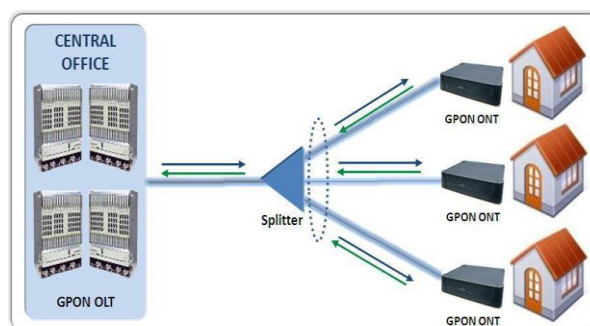


Figura 45. Red GPON

Fuente: (Gilbert, 2015)

2.12 AON (Active Optical Network o Redes Ópticas Activas)

Las redes ópticas activas se caracterizan por el uso de equipos eléctricos, ubicados entre la oficina central y los usuarios finales o abonados lo cual le permite tener enlaces que supera fácilmente los 80 km, poseen un ancho de banda amplio así como simétrico que transmite con velocidades superiores a los 1 Gbps. Para transmitir la información emplean el método de multiplexación por longitud de onda, la cual consiste en enviar a través de la misma fibra dos señales ópticas con diferentes longitudes de onda.

3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

El análisis de las fibra óptica y de los conectores para la implementación de la red interna en la Universidad Tecnológica Israel, se realiza bajo las normas de cableado estructurado que no son de carácter vinculante, pero se aplican por su gran calidad que asegura la interconectividad entre equipos.

Mediante las consideraciones del ITU-T de la sección G que se refiere a sistemas y medios de transmisión digitales, que describen los parámetros técnicos de funcionamiento de los diferentes tipos de fibras y de factores como costo económico y disponibilidad en el mercado.

3.1 Análisis de la Fibra Óptica con las normas de Cableado Estructurado

La selección de una fibra para la instalación como un medio de comunicación guiado dentro del edificio matriz de la Universidad Tecnológica Israel, implica que se emplea un sistema de cableado estructurado el cual permite dar como resultado una conectividad completa de todos los equipos, se basa en estándares internacionales de telecomunicaciones que garantizan la confiabilidad y rendimiento de la red. También que posean la capacidad de admitir tecnologías actuales y futuras.

3.1.1 ANSI/TIA/EIA 568 – C.1 Estándar de Cableado para Edificios Comerciales

En esta recomendación se detalla los requisitos necesarios para un cableado de telecomunicaciones en el interior de un edificio, donde se describe varios parámetros como distancia de los cables, topologías del cableado, áreas de trabajo, cuarto de equipos, etc. En la sección correspondiente al cableado horizontal y backbone en la parte referente a los medios de transmisión, indica los tipos de fibra que pueden emplearse de forma individual o combinada en la cual se reconoce las siguientes fibras:

- La fibra óptica multimodo de 50/125 μm o 62.5/125 μm
- La fibra óptica monomodo de 9/125 μm

3.1.2 ANSI/TIA/EIA 568 - C.3 Estándar de Componentes de Fibra Óptica

El objetivo del estándar ANSI/TIA/EIA 568 - C.3 es definir las características de rendimiento de las fibras multimodo y monomodo, en un sistema de cableado estructurado. En la tabla 4 se observa las características de funcionamiento de estas fibras.

Tabla 4. Parámetros de las fibras monomodo y multimodo

| Tipo de Fibra Óptica | Longitud de Onda | Atenuación Máxima (dB/Km) | Ancho de Banda (Mhz/Km) |
|---|------------------|---------------------------|-------------------------|
| Multimodo 62.5/125 μm | 850 1300 | 3.5 1.5 | 200 500 |
| Multimodo 50/125 μm | 850 1300 | 3.5 1.5 | 500 500 |
| Multimodo 50/125 μm Optimizado para Láser | 850 1300 | 3.5 1.5 | 1500 500 |
| Fibra Monomodo (Interior- Exterior) | 1310 1550 | 0.5 0.5 | N/D N/D |
| Fibra Monomodo (Planta Interna) | 1310 1550 | 1.0 1.0 | N/D N/D |
| Fibra monomodo (Planta externa) | 1310 1550 | 0.5 0.5 | N/D N/D |

Fuente: ANSI/TIA/EIA 568 - C.3

En tabla 5 se realiza un análisis comparativo, de acuerdo a la información proporcionada por los estándares ANSI/TIA/EIA 568 – C.1, ANSI/TIA/EIA 568 - C.3 que describen las fibras que se utilizan para el cableado horizontal y vertical así como los parámetros principales de funcionamiento.

El análisis de la tabla también se basa en la información antes investigada de las propiedades físicas y técnicas de las fibras monomodo y multimodo.

Tabla 5. Análisis comparativo entre las Fibras Monomodo y Multimodo

| Factores que influyen el uso de las Fibras | Fibra Multimodo | Fibra Monomodo |
|--|---|--|
| Diámetro del Núcleo | 50/125 μm – 62.5/125 μm Puede propagar varios rayos luminosos por lo cual se ve afectado por la dispersión modal | 8 μm – 10 μm Propaga un solo haz de luz por lo que no son afectados por la dispersión modal. |
| Ventanas de Operación | Transmite en las longitudes entre de 850nm – 1300nm donde la atenuación varía entre 2.5 dB/Km-3 dB/Km | Trabajan en la segunda y tercera ventana de operación donde la atenuación es de 0,4 dB/Km y de 0.25 dB/Km respectivamente |
| Ancho de banda | Es muy reducido debido a que propaga varias señales luminosas | Es muy alto porque propaga un solo haz de luz |
| Velocidad de Transmisión | Puede transmitir datos desde de 10 Mbps a 10 Gbps | Transmite a velocidades muy por encima de 10 Gbps |
| Tipo de emisor de luz | LED posee un ancho espectro por lo que genera varios haces de luz, baja potencia se usa para distancias cortas | Laser trabaja en la segunda ventana para transmitir donde la atenuación es baja, su potencia es muy alta debido a esto se lo usa en distancias cortas y largas |
| Dispersión Cromática | Esta dispersión no afecta a las fibras multimodo | La dispersión cromática aumenta la tasa de BER, pero es proporcional a la distancia de transmisión de la fibra |
| Distancias de Transmisión | Esta fibra se utiliza en distancias cortas máximo hasta 2 Km | Se puede usar en distancias medianas y en distancias largas que supera los 20 Km |
| Aplicaciones | Redes LAN, CCTV, CATV, redes de planta interna | Redes LAN, WAN, Redes de Acceso, redes de planta interna y externa |

Fuente: Autor

Conforme a la comparación de la tabla 5, la fibra óptica que posee características de mejor desempeño y que se puede emplear en una red de planta interna, es la fibra

monomodo motivo por lo cual el siguiente análisis se realiza en relación al tipo de red de acceso, así como en base a las normativas ITU-T G que describe a los medios de transmisión ópticos, donde se detallan los parámetros técnicos de los distintos tipos de fibras monomodo.

3.2 Análisis del tipo de Red de Acceso FTTX

El tipo de red acceso se puede definir al conocer el lugar físico donde se va a implementar la fibra óptica, ya que podemos obtener información del lugar donde se ubica el punto de inicio de la red y saber las áreas de trabajo a las que necesitamos llegar. En el caso del edificio matriz de la Universidad Tecnológica Israel, se describe una red de acceso Fiber to the Desk puesto que la fibra parte de un punto interno, que está ubicado en tercer piso en el cuarto de comunicaciones y se dispersa verticalmente a través del backbone, para alcanzar todos los pisos del edificio como se observa en el Anexo 1, mientras que para llegar a los diferentes laboratorios del tercer piso se realiza una dispersión horizontal, como se ilustra en el Anexo 2.

A pesar de que la implementación se realiza en un edificio, no se trata de una red FTTB ya que la fibra no llega por planta externa. Finalmente para redes de acceso con arquitectura FTTD se recomienda el uso de dos tipos de fibras monomodo de las normativas ITU-T de la sección G las cuales son la G.652.D y la fibra G.657.A ya que los enlaces en una red de planta interna no sobrepasan los 20 Km de distancia.

3.3 Análisis de las Fibra ITU-T G.652.D y G.657.A

3.3.1 Fibras ITU-T G.652.D

Características

- Optimizada para operar en la longitud de Onda de 1310.
- Opera también en la longitud de 1550 nm donde presenta dispersión.
- Transmite información mediante la multiplexación de longitud de onda, En la tabla 6 se describe los parámetros técnicos de funcionamiento de la fibra G.652.D.

Tabla 6. Parámetros Técnicos de la Fibra Multimodo G.652.D

| Atributo | Dato | G.652.D |
|----------------------------|---------------------|-----------------------|
| Diámetro del campo modal | Longitud de Onda | 1310 nm |
| | Diámetro del Núcleo | 8.6-9.5 μm |
| Diámetro del revestimiento | Nominal | 125.0 μm |
| Longitud de onda de corte | Máximo | 1260 nm |
| Pérdida de macroflexión | Radio mm | 30 |
| | Numero de Vueltas | 100 |
| | Máximo a 1625 nm | 0.1 dB |
| Coeficiente de atenuación | Máximo a 1310 nm | 0.4 dB/KM |
| | Máximo a 1550 nm | 0.3 dB/Km |

Fuente: Estándar ITU-T G.652

3.3.2 Fibras ITU-T G.657

Características

- Su principal ventaja es la insensibilidad que presenta ante las curvaturas.
- Es mayormente usada en redes de Acceso FTTH.
- Compatibles con las fibras G.652.

En la tabla 7 se observa los datos técnicos de la fibra G.657A.

Tabla 7. Parámetros Técnicos de la Fibra Multimodo G.657.A

| Atributo | Dato | G.657.A | | | | |
|----------------------------|-----------------------|-----------------------|------|------|-----|-----|
| Diámetro del campo modal | Longitud de Onda | 1310 nm | | | | |
| | Diámetro del Núcleo | 8.6-9.5 μm | | | | |
| Diámetro del revestimiento | Nominal | 125.0 μm | | | | |
| Longitud de onda de corte | Máximo | 1260 nm | | | | |
| Pérdida de macro flexión | | A 1 | | A 2 | | |
| | Radio mm | 15 | 10 | 15 | 10 | 7.5 |
| | Numero de Vueltas | 10 | 1 | 10 | 1 | 1 |
| | Máximo a 1550 nm (dB) | 0.25 | 0.75 | 0.03 | 0.1 | 0.5 |
| | Máximo a 1625 nm (dB) | 1.0 | 1.5 | 0.1 | 0.2 | 1.0 |
| Coeficiente de atenuación | Máximo a 1310 nm | 0.4 dB/KM | | | | |
| | Máximo a 1550 nm | 0.3 dB/Km | | | | |

Fuente: Estándar ITU-T G.657

En los datos técnicos de la fibra G.657 A, se puede observar que existe dos categorías la A1 y A 2 en la cual su principal y única diferencia son los radios de curvatura.

3.3.3 Análisis de Parámetros Técnicos entre las Fibras ITU-T G.657.A vs ITU-T G.652.D

En la tabla 8 se puede observar una relación de los datos técnicos entre las dos fibras monomodo, con el fin de establecer cuál es la fibra más adecuada en la red de planta interna. Para el análisis se utiliza de las fibras ITU-T G.657 la de categoría A 2 debido que presentan menores pérdidas de macroflexión.

Tabla 8. Comparación de datos Técnicos entre las fibras G.652.D vs G.657.A 2

| Atributo | Dato | G.652.D | G.652.A 2 | | |
|----------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----|-----|
| Diámetro del campo modal | Longitud de Onda | 1310 nm | 1310 nm | | |
| | Diámetro del Núcleo | 8.6-9.5 μm | 8.6-9.5 μm | | |
| Diámetro del revestimiento | Nominal | 125.0 μm | 125.0 μm | | |
| Longitud de onda de corte | Máximo | 1260 nm | 1260 nm | | |
| Pérdida de macroflexión | Radio mm | 30 | 15 | 10 | 7.5 |
| | Numero de Vueltas | 100 | 10 | 1 | 1 |
| | Máximo a 1550 nm (dB) | N/D | 0.03 | 0.1 | 0.5 |
| | Máximo a 1625 nm (dB) | 0.1 | 0.1 | 0.2 | 1.0 |
| Coeficiente de atenuación | Máximo a 1310 nm | 0.4 dB/KM | 0.4 dB/KM | | |
| | Máximo a 1550 nm | 0.3 dB/Km | 0.3 dB/Km | | |

Fuente: Autor

Finalmente en la tabla 8, se puede apreciar que el coeficiente de atenuación tiene los mismos valores en las dos fibras. Sin embargo la diferencia radica en las pérdidas de macroflexión que se establece en la tabla 9.

Tabla 9. Comparación de Pérdidas por Macroflexión

| Radió de Curvatura | Longitud de Onda | Numero de Vueltas | Pérdidas Fibra G.652.D | Pérdidas Fibra G.657.A2 |
|--------------------|------------------|-------------------|------------------------|-------------------------|
| 30 mm | 1625 nm | 100 | 0.1 dB | |
| 15 mm | 1550 nm | 10 | | 0.03 dB |
| | 1625 nm | | | 0.1 dB |
| 10 mm | 1550 nm | 1 | | 0.1 dB |
| | 1625 nm | | | 0.2 dB |
| 7.5 mm | 1550 nm | 1 | | 0.5 dB |
| | 1625 nm | | | 1.0 dB |

Fuente: Autor

En conclusión se puede determinar que la fibra más adecuada para la red de planta interna de la Universidad Tecnológica Israel, es la ITU-T G.657. A 2 debido a que es más insensible a pérdidas por curvaturas, lo que la hace ideal para ser instalada en la red de planta interna porque existen lugares con muchas limitaciones de espacio.

3.4 Análisis del conector para la fibra

3.4.1 Conector SC

Características

- Tiene dos tipos de montaje simplex y dúplex, el primero se usa en fibras de un solo hilo, debido a que transmiten en una sola dirección, mientras que el dúplex se utiliza con dos fibras, con la finalidad de tener una transmisión sincrónica entre los dispositivos, para saber que fibra es Tx y cual Rx se marcan con letras A o B.
- La férula de estos conectores puede ser de tres tipos PC, UPC y APC.
- Tiene una alineación precisa entre dos fibras.
- Compatibles con las fibras G.652.D y G.657.A.

Aplicaciones

- Televisión por cable (CATV) y redes de Acceso FTTX
- Aplicaciones en Redes LAN, WAN y MAN, redes de procesamiento de Datos

La tabla 10 presenta los parámetros de funcionamiento del conector SC.

Tabla 10. Datos Técnicos del conector SC

| Especificaciones Generales conector SC | Fibra Monomodo |
|--|--------------------------|
| Fijación | Tipo Push Pull |
| Cuerpo | Plástico Resistente |
| Diámetro de férula | 2.5 mm |
| Material de férula | Cerámica |
| Terminado | UPC/APC |
| Pérdida de Inserción | Max 0.3 dB |
| Temperatura de Operación | -40° a 85°C |
| Pérdida de Retorno | ≤50 dB UPC ≤60 dB APC |
| Durabilidad de Emparejamiento | 500 Ciclos |

Fuente: (Cmatic, 2016)

3.4.2 Conector ST

Características

- Es un conector antiguo, ideal para pulidos de férula PC o UPC.
- Su férula es fabricado de acero inoxidable o plástico.
- No se puede utilizar como conectores dúplex, debido a que el momento de ser conectados a los equipos, la forma de bayoneta de su férula imposibilita la inserción simultánea.
- El cuerpo está fabricado de metal niquelado.
- Su diseño está basado en conectores de cables coaxiales.

Aplicaciones

- Redes LAN.
- Redes de Procesamiento de datos.
- Se lo usa en lugares donde la conexión es crítica.

En la tabla 11 se detalla las características técnicas del conector ST.

Tabla 11. Parámetros Técnicos del Conector ST

| Especificaciones Generales conector ST | Fibra Monomodo |
|--|----------------|
| Fijación | Tipo Bayoneta |
| Cuerpo | Metálico |
| Diámetro de férula | 2.5 mm |
| Material de férula | Cerámica |
| Terminado | UPC |
| Pérdida de Inserción | Max 0.3 dB |
| Temperatura de Operación | -40° a 85°C |
| Pérdida de Retorno | > 50 dB UPC |
| Durabilidad de Emparejamiento | 500 Ciclos |

Fuente: (Cmatic, 2016)

3.4.3 Conector FC

Características

- Acoplamiento a los equipos en forma de rosca.
- Poseen un tipo de pulido UPC y APC para fibras monomodo.
- Compatibles con fibras monomodo y multimodo.
- El cuerpo está fabricado de metal niquelado, por lo cual es resistente a la corrosión.

Aplicaciones

- Es empleada con fibras monomodo y se usa en enlaces de 50 Km o superiores.
- Sirve para realizar pruebas de laboratorio a equipos de fibras.
- Es utilizado en redes de telecomunicaciones.
- Sistemas de televisión por cables.

La tabla 12 muestra la información técnica del conector FC.

Tabla 12. Características Técnicas del Conector FC

| Especificaciones Generales conector FC | Fibra Monomodo |
|--|----------------------------|
| Fijación | Tipo Rosca |
| Cuerpo | Metálico |
| Diámetro de férula | 2.5 mm |
| Material de férula | Cerámica |
| Terminado | UPC/APC |
| Pérdida de Inserción | Max 0.3 dB |
| Temperatura de Operación | -40° a 85°C |
| Pérdida de Retorno | > 50 dB UPC > 60 dB APC |
| Durabilidad de Emparejamiento | 500 Ciclos |

Fuente: (Cmatic, 2016)

3.4.4 Conector LC

Características

- Es la mitad del tamaño de un conector SC.
- Sistema de anclaje o conexión es muy parecido al de los conectores RJ45.
- Baja pérdida de inserción.

Aplicaciones

- Se usa para equipos que están localizados en los cuartos de comunicaciones debido a que por su pequeño tamaño ahorra un espacio del 50 % aproximadamente.
- Ideal en redes FTTX.
- Es utilizado mayormente en redes LAN, MAN y WAN.
- Televisión por cable.

En la tabla 13 se describe los datos técnicos del conector LC para su funcionamiento.

Tabla 13. Datos Técnicos del Conector LC

| Especificaciones Generales conector LC | Fibra Monomodo |
|--|----------------|
| Fijación | Tipo Push/Pull |
| Cuerpo | Plástico |
| Diámetro de férula | 1.25 mm |
| Material de férula | Cerámica |
| Terminado | APC |
| Pérdida de Inserción | Max 0.1 dB |
| Temperatura de Operación | -40° a 75°C |
| Pérdida de Retorno | > 70 dB APC |
| Durabilidad de Emparejamiento | 500 Ciclos |

Fuente: (Optronics, 2016)

3.4.5 Análisis Comparativo de los Conectores SC, FC, LC y ST

En la tabla 14 se realiza un análisis de comparación con todos los factores anteriormente expuestos, los cuales tienen por objetivo definir el conector apropiado para los patchcords de fibra. El conector debe ser compatible con fibras dúplex debido

a que en la red interna de la Universidad, no se va utilizar la multiplexación por longitud de onda, se va usar dos fibras una para Tx y otra Rx.

Tabla 14. Análisis Comparativo de los Conectores SC, FC, LC y ST

| Tipo de conector | Características y Aplicaciones | Fijación | Material de férula | Pérdidas de Inserción | Pérdidas de Retorno |
|------------------|---|-------------------|--------------------|-----------------------|----------------------------------|
| SC | Redes de Acceso FTTX. Se utiliza en fibras dúplex. | Empujar y Jalar | Cerámica | Max 0.3 dB | ≤50 dB UPC ≤60 dB APC |
| ST | La forma de férula en bayoneta imposibilita su uso en fibras dúplex. Su diseño se basa en la forma de los conectores coaxiales | Tipo Bayoneta | Cerámica | Max 0.3 dB | > 50 dB UPC |
| FC | Se usa en fibras monomodo para enlaces de 50 km o superiores. Usado comúnmente en pruebas de laboratorio. | En forma de Rosca | Cerámica | Max 0.3 dB | > 50 dB UPC > 60 dB APC |
| LC | Baja pérdida de inserción. Su tamaño ayuda ahorrar espacio en las conexiones. | Empujar y Jalar | Cerámica | Max 0.1 dB | > 70 dB APC |

Fuente: Autor

En base a lo expuesto en la tabla 14, se puede observar que las pérdidas de retorno e inserción no destacan una gran diferencia, por lo tanto la selección del conector se fundamenta en la forma de fijación o acoplamiento así como en sus aplicaciones y características. Por consiguiente el conector adecuado para la fibra en las áreas de trabajo es el conector SC ya que su forma de acoplamiento en los equipos evita rotación del mismo, lo cual asegura la seguridad del enlace, además que ahorra tiempo en su conexión o desconexión y puede operar con fibras dúplex.

3.5 Análisis Económico

El análisis del costo económico y disponibilidad de las fibras se realiza con dos empresas líderes en soluciones tecnológicas, con sus oficinas matrices ubicadas en la ciudad de Quito, una de ellas es la empresa Milestone con experiencia en telecomunicaciones especialmente en la instalación de redes de acceso FTTX e

importador directo de fibras. Y la empresa Optytech que trabaja con equipos y materiales homologados por la Corporación Nacional de Telecomunicaciones del Ecuador. Estas empresas presentan sus cotizaciones, en base a una solicitud de precios de las dos fibras monomodo G.652.D y G.657 A2 con conectores SC con pulido UPC debido a que el SC fue seleccionado como el conector ideal de las fibras. Y en la cual se detallan también el tiempo en que estas fibras están disponibles para la comercialización. En la tabla 15 se representa los precios de la cotización por parte de Optytech con fibras de distancias más comunes usadas en las redes de planta interna. En el Anexo 3 se ilustra la cotización que oferto la empresa.

Tabla 15. Cotización de la Empresa Optytech

| ÍTEM | DESCRIPCIÓN | MEDIDA DEL PATCHCORD | TIEMPO DE ENTREGA | PRECIO |
|------|--|----------------------|-------------------|---------|
| 1 | Patch Cord Fo Sm SC/UPC-SC/UPC G652D Duplex | 30 mt | 35 DIAS | \$21,00 |
| 2 | Patch Cord Fo Sm SC/UPC-SC/UPC G67 A2 Duplex | 30 mt | 35 DIAS | \$19,00 |
| 3 | Patch Cord Fo Sm SC/UPC-SC/UPC G652D Duplex | 10 mt | 35 DIAS | \$14,00 |
| 4 | Patch Cord Fo Sm G67 A2 SC/UPC-SC/UPC Duplex | 10 mt | 35 DIAS | \$12,00 |
| 5 | Patch Cord Fo Sm G652D SC/UPC-SC/UPC Duplex | 5 mt | 35 DIAS | \$10,50 |
| 6 | Patch Cord Fo Sm G67 A2 Duplex | 5 mt | 35 DIAS | \$9,50 |

Fuente: Empresa Optytech

En esta cotización se observa una diferencia en los precios, que varían entre 1\$ - 2\$ USD sin marcar mucha diferencia en el costo. Pero en el tiempo de disponibilidad es el mismo para las dos lo que indica que es más conveniente comprar la fibra G.657 A2. En la tabla 16 se muestra parte de la cotización ofertada por la empresa Milestone, de la cual se eligió fibras con distancias similares a la presentada por parte de la empresa Optytech. En el anexo 4 y 5 se puede apreciar los precios con las fibras que Milestone provee a diferentes empresas.

Tabla 16. Precios Ofertados por la Empresa Milestone

| ÍTEM | DESCRIPCIÓN | MEDIDA DEL PATCHCORD | TIEMPO DE ENTREGA | PRECIO |
|------|--------------------------------|----------------------|-------------------|---------|
| 1 | Patch Cord Fo Sm G652D Duplex | 30 mt | 25 DIAS | \$24,59 |
| 2 | Patch Cord Fo Sm G67 A2 Duplex | 30 mt | 15 DIAS | \$25,96 |
| 3 | Patch Cord Fo Sm G652D Duplex | 10 mt | 25 DIAS | \$14,54 |
| 4 | Patch Cord Fo Sm G67 A2 Duplex | 10 mt | 15 DIAS | \$15,70 |
| 5 | Patch Cord Fo Sm G652D Duplex | 5 mt | 25 DIAS | \$12,36 |
| 6 | Patch Cord Fo Sm G67 A2 Duplex | 5 mt | 15 DIAS | \$13,60 |

Fuente: Empresa Milestone

Finalmente se puede concluir que la cotización de Milestone define a la fibra G.657. A2, con un costo más elevado en relación a G.652.D pero se marca una diferencia en el tiempo de entrega. Por lo que se determina que es aconsejable comprar la fibra G.657.A2 debido a que requiere menos tiempo de importación. En la tabla 17, se realiza un análisis entre las cotizaciones presentadas por las dos empresas para determinar y sugerir la fibra se debe comprar y posteriormente utilizar en la implementación.

Tabla 17. Comparación de la cotización de Milestone con Optytech de la Fibra G.657 A2

| ITEM | DESCRIPCIÓN PATCH CORD | MEDIDA | DISPONIBILIDAD | | PRECIO | |
|------|---------------------------------|--------|----------------|----------|-----------|----------|
| | | | MILESTONE | OPTYTECH | MILESTONE | OPTYTECH |
| 1 | Patch Cord Fo Sm G657 A2 Duplex | 30 mt | 15 DIAS | 35 DIAS | \$25,96 | 19.00 |
| 2 | Patch Cord Fo Sm G657 A2 Duplex | 10 mt | 15 DIAS | 35 DIAS | \$15,70 | 12.00 |
| 3 | Patch Cord Fo Sm G657 A2 Duplex | 5 mt | 15 DIAS | 35 DIAS | \$13,60 | 9.50 |

Fuente: Autor

Después de la comparación de costos de la tabla 17, se puede apreciar que los precios de la empresa Milestone son más elevados que los de Optytech, pero el factor determinante es la disponibilidad de entrega ya que Milestone, puede proveer de patchcords de fibra en menos de un mes mientras que Optytech lo puede hacer en alrededor de un mes y medio, la disponibilidad de los patchcords es fundamental debido a que si existe algún desperfecto de los mismos se debe cambiar lo más rápido posible ya que un enlace no puede estar sin funcionar por mucho tiempo porque esto traerá molestia a los usuarios o se puede perder información.

CONCLUSIONES

- El estándar de cableado estructurado ANSI/TIA/EIA 568 - C.1 reconoce y recomienda el uso de fibras monomodo y multimodo en una red de planta interna. Mientras que el estándar ANSI/TIA/EIA 568 - C.3 describe los parámetros de funcionamiento de cada fibra con lo que se pudo apreciar que las fibras monomodo poseen menor atenuación en relación con las fibras multimodo.
- En relación a las topologías de las redes de acceso FTTX el edificio matriz de la Universidad Tecnológica Israel, describe una red con topología FTDD por lo que se puede emplear fibras monomodo de dos clases ITU-T G.652.D o la ITU-T G.657.A2.
- La Unión Internacional de Telecomunicaciones dentro de sus estándares para redes de comunicaciones, especifica los parámetros de funcionamiento de las dos fibras, donde se determina que la fibra ITU-T G.657.A2, tiene menos pérdidas por macroflexiones por lo que es una fibra que su rendimiento no se ve afectado por curvaturas.
- Por la forma de acoplamiento con los equipos y compatibilidad con fibras dúplex se determinó usar el conector SC.
- La fibra óptica más adecuada para el edificio matriz de la Universidad Tecnológica Israel es la ITU-T G.657. A2 debido a que en todos los análisis comparativos siempre fue superior a la ITU-T G.652.D.
- Después de realizar las comparaciones de cableado, topología y parámetros de funcionamiento. Se buscó en el mercado empresas que provean de estas fibras, para las cuales presentaron sus ofertas las empresas Milestone y Optytech. En la que Milestone oferta a la fibra ITU-T G.657.A2 con un precio accesible y con una disponibilidad de entrega al cliente en un lapso de tiempo de 15 días.

RECOMENDACIONES

- En el caso de que la fibra G.657.A2 no esté disponible en el mercado se puede utilizar la fibra G.652.D debido a la compatibilidad entre las dos.
- En la manipulación de la fibra óptica se debe tener cuidado aunque está presente características como ser una fibra insensible a pérdidas por curvaturas.
- La fibra G.657.A2 tiene gran demanda en el mercado por lo que es necesario asegurar su disponibilidad para posteriormente usarla en el proceso de instalación.
- La empresa Milestone puede proveer de patchcords de Fibra a la medida, mientras que Optytech solo en medidas establecidas por la empresa.

BIBLIOGRAFÍA

- Andres, F. (2016). *FTTx - xPON*. Obtenido de <https://sx-de-tx.wikispaces.com/FTTx++xPON>
- Atelin, P., & Dordoigne, J. (2006). *Redes Informaticas*. Barcelona: Ediciones ENI.
- Baylon, C., & Mignot, X. (2008). *La Comunicaciòn*. Madrid: Ediciones Càtedra.
- Bisaro, M., & Danizio, E. (2008). *Redes Ethernet*. Buenos Aires: Laboratorio de Redes.
- Camara, M. (2 de 4 de 2015). *FIBRA OPTICA PARA HOY*. Obtenido de FIBRA OPTICA PARA HOY: <http://www.fibraopticahoy.com/receptor-y-emisor-optico-para-transceptores/>
- Cmatic. (2016). *Catalogo de fibra optica*. Obtenido de <http://www.cmatic.net/documentacion/catalogos/CmaticFibra.pdf>
- Commons. (18 de Noviembre de 2013). *File:OLT Alcatel CityPlay Amiens (3).jpg*. Obtenido de [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:OLT_Alcatel_CityPlay_Amiens_\(3\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:OLT_Alcatel_CityPlay_Amiens_(3).jpg)
- Computo Académico UNAM. (27 de Septiembre de 2008). *www.enterateenlinea.unam.mx*. Obtenido de Internet, Computo y Telecomunicaciones: <http://www.enterate.unam.mx/Articulos/2005/septiembre/fibraoptica.htm>
- Comunicaciones, M. d. (2015). *Museo de Comunicaciones de Macao. CTT*. Recuperado el 20 de 12 de 2016, de https://translate.google.com.ec/translate?hl=es&sl=en&u=http://macao.communications.museum/eng/exhibition/secondfloor/MoreInfo/2_8_3_OpticalFibres.html&prev=search
- Cycom. (2016). *Cuadro de núcleos fibra óptica ODF*. Obtenido de <http://spanish.fiber-patch-cord.com/sale-178717-19-standard-4u-36-cores-fiber-optic-odf-unit-box.html>
- Departamento de Sistemas Informáticos - Universidad de Castilla. (15 de octubre de 2015). *www.info-ab.uclm.es*. Recuperado el 31 de enero de 2016, de [www.info-ab.uclm.es: http://www.info-ab.uclm.es/labelec/solar/Comunicacion/Fibra_optica/tipos.htm](http://www.info-ab.uclm.es/labelec/solar/Comunicacion/Fibra_optica/tipos.htm)
- EMTT. (22 de Septiembre de 2009). Obtenido de <http://marismas-emtt.blogspot.com/2009/09/conector-sc.html>
- Enciclopedia Universal. (30 de mayo de 2014). *Enciclopedia Universal*. Obtenido de Enciclopedia Universal: http://enciclopedia_universal.esacademic.com/19503/Ley_de_Snell

- ESTEBAN, E. (11 de NOVIEMBRE de 2008). *ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIERIA*. Obtenido de ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIERIA: http://www.uv.es/=esanchis/cef/pdf/Temas/B_T3.pdf
- Fernandez, C., & Barbado, J. (2008). *Instalaciones de telefonía*. Madrid: Paraninfo.
- Fibersavvy. (2015). Obtenido de <http://www.fibersavvy.com/store/p/6281-Fiber-Optic-Adapter-Single-Mode-SC/UPC-Duplex-Coupler.aspx>
- Fibra Optica Perú. (2010). *Atenuación de la fibra óptica*. Obtenido de Fibra Optica Perú: <http://lafibraoptica-peru.com/la-atenuacion-de-la-fibra-optica/>
- Furukawa. (2012). *Red Furukawa*. Obtenido de <http://www.furukawa.com.br/co/red-furukawa/noticias/la-empresa-presento-su-solucion-fttd-fiber-to-the-desk-en-bicsi-andino-2012-863.html>
- García, M. (2012). *Universidad de Almeria*. Obtenido de [www.ual.es: http://www.ual.es/~mjgarcia/practica9.pdf](http://www.ual.es/~mjgarcia/practica9.pdf)
- Giancoli, D. (2008). *Fisica. Principios con aplicaciones*. Mexico DF: Pearson.
- Gilbert. (2015). *Simulador Enlaces de Redes de Fibra Optica*. Obtenido de <https://sites.google.com/site/proyectedefindecarrera2014/reporte-del-proyecto/indice/f-marco--teorico>
- Gómez, F. (2015). La fibra optica y el fenomeno de mezcla no lineal de cuarta onda. *Mundo Fesc*, 43 - 59.
- González, A. (2009). Descubrimiento de las ondas de Radio: la confirmación de la Teoría Electromagnética. *Investigación y Ciencia*, 49-52. Recuperado el 25 de Enero de 2016, de <http://www.investigacionyciencia.es/blogs/fisica-y-quimica/10/posts/descubrimiento-de-las-ondas-de-radio-la-confirmacin-de-la-teora-electromagnetica-10186>
- Gonzalo, n. (12 de 2011). *Empalmes de Fibra Optica*. Recuperado el 11 de 01 de 2017, de Certificación, Análisi y Reparación de redes de datos de acuerdo a los estándares TIA/ISO en cobre y Fibra optica: <http://www.gonzalonazareno.org/certired/p10f/p10f.html#pagina>
- Gormaz, I. (2010). *Técnicas y procesos en instalaciones*. Madrid: Paraninfo.
- Halmelh. (10 de abril de 2013). *Sciatel Bolivia*. Obtenido de Sciatel Bolivia: <https://sciatel.wikispaces.com/RECEPTORES+OPTICOS>
- Hranac, R. (2010). *Broadband*. Obtenido de www.coimbraweb.com: http://www.coimbraweb.com/documentos/varios/velocidad_propagacion.pdf
- Huawei. (2016). *HG8245*. Obtenido de <http://www.huawei.com/es/products/fixed-access/fttx/ont/hg8245/>
- Huawei. (2016). *ODF*. Obtenido de <http://www1.huawei.com/ec/products/fixed-access/fttx/odn/odf/index.htm>

- Huidrobo, J. (2007). *Sistema de telefonía*. Madrid: Thomson.
- Jetanopic. (2015). *Fibra Optica*. Obtenido de Conectores y Adaptadores:
<http://www.construnario.com/bc3/546/CONECTORES%20Y%20ADAPTADORE%20SC%20CAST.pdf>
- Lattanzi. (2014). *Redes FTTX*. Obtenido de Conceptos y Aplicaciones:
<http://www.cicomra.org.ar/cicomra2/expocomm/TUTORIAL%209%20Lattanzi%20y%20Graf-%20IEEE.pdf>
- Loitegui. (Octubre de 2008). *Las tesinas de Belgrano*. Obtenido de
http://www.ub.edu.ar/investigaciones/tesinas/250_loitegui.pdf
- Mendoza. (2015 ver pag,16). *ESTUDIO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED GPON*. Obtenido de
<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/6970/1/Estudio%20para%20la%20implementacion%20de%20una%20red%20GPON%20de%20Telconet%20e.pdf>
- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2011). *NEC - 10: Capítulo 15 Instalaciones Electromecánicas*. Quito: MIDUVI.
- Morales, E. (2012). *Redes de fibra optica*. Santiago: PUC-CH.
- Nemesistel. (2014). *Tutorial de Comunicaciones Opticas*. Obtenido de Tutorial de Comunicaciones Opticas: <http://nemesis.tel.uva.es/images/tCO/index.htm>
- Optronics. (2016). *Catalogo de Productos*. Obtenido de
<http://optronics.com.mx/index.php?mod=contacto>
- Pignataro, N. (2013). *Introduccion a redes de Acceso*. Obtenido de
https://eva.fing.edu.uy/pluginfile.php/67916/mod_resource/content/1/Introduccion%20a%20redes%20de%20acceso_2013.pdf
- Quantum. (2014). *EQUIPAMIENTO ACTIVO PARA REDES FTTX (GPON / EPON)*. Obtenido de Fiber-To-The-Building (FTTB):
<http://www.quantumtec.com.ar/shop/fiber-to-the-building-fttb/>
- Rodriguez, A. (2001). *Fibra Optica para Hoy*. Obtenido de Fibra Optica para Hoy:
<http://www.fibraopticahoy.com/tipos-conectores-fibra-optica/>
- Rodriguez, A. (20 de Enero de 2016). Obtenido de
<http://www.fibraopticahoy.com/tipos-de-pulidos-en-los-conectores-de-fibra-optica/>
- Rodriguez, A. (14 de Mayo de 2016). *Fibra Optica para hoy*. Obtenido de Fibra Optica para hoy: <http://www.fibraopticahoy.com/tipos-conectores-fibra-optica/>
- Román, R. (2010). *Diseño de la ampliación de la red de comunicación de Emelnorte*. Quito: EPN.
- Santa Cruz, O. (2016). www.frc.utn.edu.ar. Obtenido de Universidad Tecnológica Nacional:

- <http://www.profesores.frc.utn.edu.ar/electronica/ElectronicaAplicadaIII/PlanteleXterior/IntroduccionResumen%20FO.pdf>
- Scolari, I. (A de 2015).
- Scolari, I. (15 de Marzo de 2016). *Bicsi Organization*. Obtenido de https://www.bicsi.org/uploadedFiles/BICSI_Website/Global_Community/Presentations/CALA/Scolari_Cabling_Peru_2016.pdf
- Silexfiber. (2016). *Conectores de Fibra Optica*. Obtenido de Conectores de Fibra Optica: <http://silexfiber.com/conectores-fibra-optica/>
- Suqui, K. (2010). *Estudio e implementación de un radio enlace con tecnología Mikrotik para el ISP cantón Gualaquiza, Morona Santiago*. Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana.
- Telnet. (2015). *Cableado Fibra*. Obtenido de <http://telnetron.com/index.php/gt/cableado-fibra.html?cat=47&dir=asc&mode=list&order=price>
- The Fiber Optic Association. (2014). *www.thefoa.org*. Obtenido de FOA: <http://www.thefoa.org/ESP/Sistemas.htm>
- Timbercon. (2016). *ST Connector*. Obtenido de <http://www.timbercon.com/ST-Connector.html>
- Tomasi. (14 de 05 de 2013). *Sistemas de comunicacion Electronicas*. Obtenido de Sistemas de comunicacion Electronicas: <http://com-opticas.blogspot.com/>
- Tomasi, W. (2008). *Sistemas de comunicaciones electrónicas*. Mexico: Pearson.
- Tradeisay. (5 de Abril de 2013). *Acopladores de Fibra Optica*. Obtenido de Acopladores de Fibra Optica: <http://www.tradeisay.com/articulos/acopladores-de-fibra-optica.html>
- Trielec. (12 de Septiembre de 2012). *Soluciones Opticas Furukawa*. Obtenido de <http://es.slideshare.net/Trielec/soluciones-pticas-furukawa>
- UNET. (11 de 12 de 2009). *Universidad Nacional Experimental del Tachira- Telecomunicaciones-conocimientos.com.ve*. Obtenido de Telecomunicaciones-conocimientos.com.ve: <http://telecomunicaciones.conocimientos.com.ve/2009/12/fibra-optica.html>
- Union Internacional de Telecomunicaciones. (2005). *Sistemas de acceso optico de banda ancha basados en redes opticas pasivas*. Ginebra: UTI.
- Union Internacional de Telecomunicaciones. (2014). *www.itu.int*. Obtenido de www.itu.int: <http://www.itu.int/es/about/Pages/default.aspx>
- Vinueza, J. (2015). *Estudio de factibilidad de una red de acceso*. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/3728/1/2010AJIEE-48.pdf>

Vlencia. (Marzo de 2016). *Elaboracion de una Guía para pruebas de redes GEPON.*

Obtenido de file:///C:/Users/Toshiba%20Intel/Downloads/CD-6872.pdf

Vodafone. (2016). *Todo lo que tienes que saber sobre la Fibra Óptica de Vodafone.*

Obtenido de <https://www.vodafoneayuda.es/2014/04/todo-lo-que-tienes-que-saber-sobre-la-fibra-optica-de-vodafone/>

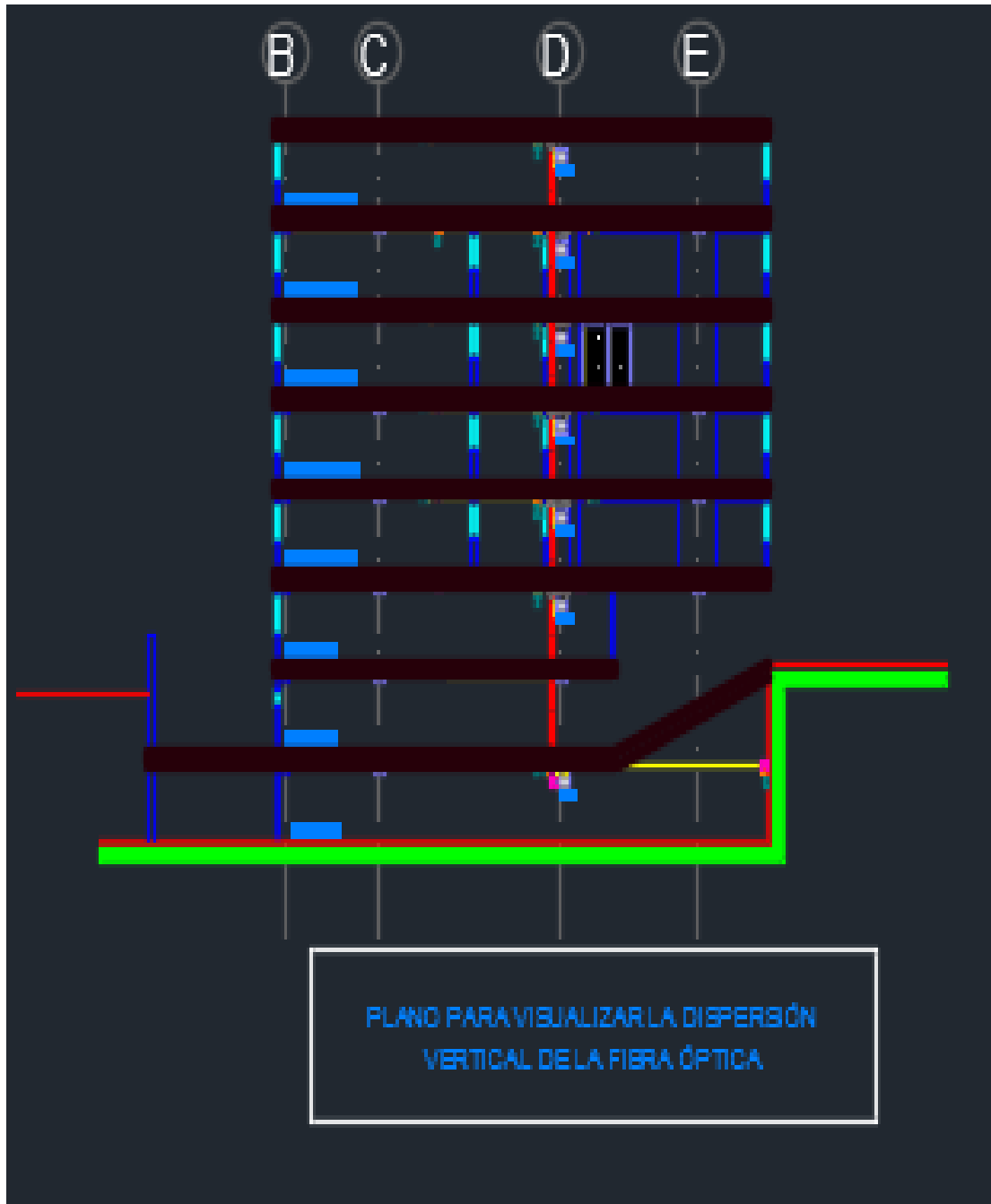
Xabier, P. (09 de 2012). *FUNDAMENTOS COMUNICACIONES OPTICAS.* Obtenido de FUNDAMENTOS COMUNICACIONES OPTICAS:

<http://www.tfo.upm.es/docencia/2012->

[13/s1/LCOP/info_general/manual_es_1213_s1.pdf](http://www.tfo.upm.es/docencia/2012-13/s1/LCOP/info_general/manual_es_1213_s1.pdf)

ANEXOS

Anexo 1. Dispersión vertical de la fibra óptica



Anexo 2. Dispersión horizontal de la fibra óptica



Anexo 3. Cotización Ofertada por Optytech de la Fibra G.657.A2 y G.652.D



Dirección: Av. República 103-82 y Av. Anahuapa, Edificio Prisma 3, Tercer Piso
 Teléfono: (003)-2-2268880 / (003)-4-67448778
 Quito, Ecuador

| | | |
|--|---------------------------|----------------------------|
| Cliente : Gabriel Alvarez Fecha : 22 de Septiembre del 2018 Responsabilidad de pedido: JESSICA NTRIAGO Forma de pago: 70% anticipo y 30% contra entrega Validez de la Oferta: 30 DIAS LUGAR DE ENTREGA: En Oficinas En Quito si desean envios a provincias el fete correara por cuenta del cliente Plazo de Entrega: según tabla | Atención: Gabriel Alvarez | COTIZACION # 1609-05 JI |
|--|---------------------------|----------------------------|

| Item | Descripción | Unidad | Tiempo de | Cantidad | P. Unitario | P. Total |
|-----------|--|--------|-----------|----------|-------------|----------|
| 1 | Patch Cord Fo 8m ScUpc-ScUpc G657 A2 25mt Duplex | UNIDAD | 5 SEMANAS | 2 | 17.00 | 34.00 |
| 2 | Patch Cord Fo 8m ScUpc-ScUpc G652 D 25mt Duplex | UNIDAD | 5 SEMANAS | 6 | 19.00 | 114.00 |
| 3 | Patch Cord Fo 8m ScUpc-ScUpc G657 A2 10mt Duplex | UNIDAD | 5 SEMANAS | 6 | 12.00 | 72.00 |
| 4 | Patch Cord Fo 8m ScUpc-ScUpc G652 D 10mt Duplex | UNIDAD | 5 SEMANAS | 6 | 14.00 | 84.00 |
| 5 | Patch Cord Fo 8m ScUpc-ScUpc G657 A2 30mt Duplex | UNIDAD | 5 SEMANAS | 1 | 19.00 | 19.00 |
| 6 | Patch Cord Fo 8m ScUpc-ScUpc G652 D 30mt Duplex | UNIDAD | 5 SEMANAS | 1 | 21.00 | 21.00 |
| 7 | Patch Cord Fo 8m ScUpc-ScUpc G657 A2 35mt Duplex | UNIDAD | 5 SEMANAS | 1 | 21.50 | 21.50 |
| 8 | Patch Cord Fo 8m ScUpc-ScUpc G652 D 35mt Duplex | UNIDAD | 5 SEMANAS | 1 | 23.50 | 23.50 |
| 9 | Patch Cord Fo 8m ScUpc-ScUpc G657 A2 40mt Duplex | UNIDAD | 5 SEMANAS | 1 | 23.50 | 23.50 |
| 10 | Patch Cord Fo 8m ScUpc-ScUpc G652 D 40mt Duplex | UNIDAD | 5 SEMANAS | 1 | 25.50 | 25.50 |
| 11 | Patch Cord Fo 8m ScUpc-ScUpc G657 A2 5mt Duplex | UNIDAD | 5 SEMANAS | 7 | 9.50 | 66.50 |
| 12 | Patch Cord Fo 8m ScUpc-ScUpc G652 D 5mt Duplex | UNIDAD | 5 SEMANAS | 7 | 10.50 | 73.50 |
| 13 | Patch Cord Fo 8m ScUpc-ScUpc G657 A2 20mt Duplex | UNIDAD | 5 SEMANAS | 4 | 16.00 | 64.00 |
| 14 | Patch Cord Fo 8m ScUpc-ScUpc G652 D 20mt Duplex | UNIDAD | 5 SEMANAS | 4 | 18.00 | 72.00 |
| 15 | Patch Cord Fo 8m ScUpc-ScUpc G657 A2 15mt Duplex | UNIDAD | 5 SEMANAS | 4 | 14.00 | 56.00 |
| 16 | Patch Cord Fo 8m ScUpc-ScUpc G652 D 15mt Duplex | UNIDAD | 5 SEMANAS | 4 | 16.00 | 64.00 |
| 17 | Patch Cord Fo 8m LoUpc-ScUpc G657 A2 3mt Duplex | UNIDAD | INMEDIATO | 1 | 9.50 | 9.50 |
| 18 | Patch Cord Fo 8m LoUpc-ScUpc G652 D 3mt Duplex | UNIDAD | 5 SEMANAS | 1 | 11.50 | 11.50 |
| 19 | Patch Cord Fo 8m LoUpc-LoUpc G657 A2 3mt duplex | UNIDAD | INMEDIATO | 14 | 10.00 | 140.00 |
| 20 | Patch Cord Fo 8m LoUpc-LoUpc G652 D 3mt duplex | UNIDAD | 5 SEMANAS | 14 | 12.00 | 168.00 |
| SUBTOTAL | | | | | | 1163.00 |
| IVA (14%) | | | | | | 162.82 |
| TOTAL | | | | | | 1325.82 |

Anexo 4. Cotización Ofertada por Milestone de la Fibra G.657.A2



Quito, 22 de septiembre de 2016

Señores
Atn: Gabriel Alvarez

Ref.: Patchcords

PROFORMA
Nº. CT160923-02

Estimados Señores:

Milestone Technologies se complace en ofertar lo requerido en referencia según el siguiente detalle. Tipo de fibra G.657.A2 conector SC/UPC

| ITEM | CANTIDAD | DESCRIPCION | PRECIO UNITARIO | PRECIO GLOBAL |
|------|----------|---|-----------------|-----------------|
| 1 | 2 | Patchcord SC/UPC-SC/UPC SM Duplex, 22m | \$20,17 | \$40,34 |
| 2 | 2 | Patchcord SC/UPC-SC/UPC SM Duplex, 10m | \$15,70 | \$31,40 |
| 3 | 1 | Patchcord SC/UPC-SC/UPC SM Duplex, 28m | \$23,33 | \$23,33 |
| 4 | 1 | Patchcord SC/UPC-SC/UPC SM Duplex, 30m | \$25,96 | \$25,96 |
| 5 | 1 | Patchcord SC/UPC-SC/UPC SM Duplex, 38m | \$28,59 | \$28,59 |
| 6 | 3 | Patchcord SC/UPC-SC/UPC SM Duplex, 4m | \$13,50 | \$40,50 |
| 7 | 4 | Patchcord SC/UPC-SC/UPC SM Duplex, 5m | \$13,60 | \$54,40 |
| 8 | 4 | Patchcord SC/UPC-SC/UPC SM Duplex, 8m | \$14,50 | \$58,00 |
| 9 | 4 | Patchcord SC/UPC-SC/UPC SM Duplex, 11m | \$15,96 | \$63,84 |
| 10 | 1 | Patchcord LC/UPC-SC/UPC SM Duplex, 2m | \$16,20 | \$16,20 |
| 11 | 4 | Patchcord SC/UPC-SC/UPC SM Duplex, 16m | \$18,20 | \$72,80 |
| 12 | 14 | Patchcord SC/UPC-SC/UPC SM Duplex, 1,5m | \$12,50 | \$175 |
| 13 | 1 | Conector SC/UPC | \$4,32 | \$4,32 |
| | | | SUBTOTAL | \$634,68 |
| | | | 14%IVA | \$88,86 |
| | | | TOTAL | \$723,54 |

(* El precio es válido solamente para las cantidades y el total cotizados

Condiciones:

Validez de la proforma: 3 días
 Forma de pago: 30 días
 Tiempo de entrega: Items 1-12: 15 días
 Item 13: al momento en stock
 Garantía: Contra defectos de fabricación

Por Milestone Technologies

Ing. Luis Villalba C.

dr. 01 Telegrafo 01-82 y 11 Tiempo / tel 050-2043802 / fax 204650 / mail milestone@infortec.com.ec

www.milestone.com.ec

Anexo 5. Cotización Ofertada por Milestone de la Fibra G.652.D



Quito, 22 de septiembre de 2016

Señores
Atn: Gabriel Alvarez

Ref.: Patchcords

**PROFORMA
Nº. CT160923-03**

Estimados Señores:

Milestone Technologies se complace en ofertar lo requerido en referencia según el siguiente detalle. Tipo de fibra G.652.D conector SC/UPC

| ITEM | CANTIDAD | DESCRIPCION | PRECIO | PRECIO |
|------|----------|---|-----------------|-----------------|
| 1 | 2 | Patchcord SC/UPC-SC/UPC SM Duplex, 22m | \$19,79 | \$39,58 |
| 2 | 2 | Patchcord SC/UPC-SC/UPC SM Duplex, 10m | \$14,54 | \$29,08 |
| 3 | 1 | Patchcord SC/UPC-SC/UPC SM Duplex, 28m | \$22,41 | \$22,41 |
| 4 | 1 | Patchcord SC/UPC-SC/UPC SM Duplex, 30m | \$24,59 | \$24,59 |
| 5 | 1 | Patchcord SC/UPC-SC/UPC SM Duplex, 38m | \$26,78 | \$26,78 |
| 6 | 3 | Patchcord SC/UPC-SC/UPC SM Duplex, 4m | \$11,92 | \$35,76 |
| 7 | 4 | Patchcord SC/UPC-SC/UPC SM Duplex, 5m | \$12,36 | \$49,44 |
| 8 | 4 | Patchcord SC/UPC-SC/UPC SM Duplex, 8m | \$13,67 | \$54,68 |
| 9 | 4 | Patchcord SC/UPC-SC/UPC SM Duplex, 11m | \$14,98 | \$59,92 |
| 10 | 1 | Patchcord LC/UPC-SC/UPC SM Duplex, 2m | \$15,30 | \$15,30 |
| 11 | 4 | Patchcord SC/UPC-SC/UPC SM Duplex, 16m | \$17,16 | \$68,64 |
| 12 | 14 | Patchcord SC/UPC-LC/UPC SM Duplex, 1,5m | \$11,46 | \$160,44 |
| 13 | 1 | Conector SC/UPC | \$4,32 | \$4,32 |
| | | | SUBTOTAL | \$591,94 |
| | | | 14%IVA | \$82,87 |
| | | | TOTAL | \$674,81 |

(*) El precio es válido solamente para las cantidades y el total cotizados

Condiciones:

Validez de la proforma: 3 días
 Forma de pago: 30 días
 Tiempo de entrega: Items 1-12: 25 días
 Item 13: al momento en stock
 Garantía: Contra defectos de fabricación

Por Milestone Technologies

Ing. Luis Villalba C.

Milestone Technologies S.A. - QUITO - AV. LOS ANDES 1000 - TEL: 0011 2231 1111

www.milestone.com.ec

Anexo 6. Acta de Entrega y Recepción del Proyecto

COMPARECIENTES:

Comparecen a la celebración de la presente Acta Entrega Recepción Definitiva, por una parte el ingeniero Edwin Lagos con Cl. 0201148228, en su calidad de Jefe de la Dirección de Recursos Tecnológicos de la Universidad Israel, y por otra parte los Sres. Verónica Jiménez, Hernán Felicita, Cesar Huaraca, Vicente Cazco, Jorge Ortiz y Gabriel Álvarez que conforman el Grupo de Fibra, en su calidad de estudiantes, para la firma de la presente Acta Entrega Recepción Definitiva.

PRIMERA: ANTECEDENTES

1. El Lunes 15 de agosto de 2016, se procede a entregar al Ingeniero Edwin Lagos en su calidad de Jefe de la Dirección de Recursos Tecnológicos de la Universidad Israel, los dispositivos detallados en el Protocolo de Entrega, donde consta toda la información pertinente sobre la red instalada y su funcionamiento.
2. El Jueves 11 de Agosto del 2016, en las instalaciones del edificio matriz de la Universidad Israel en el Área Tecnológica, se realiza las pruebas de conectividad y de funcionamiento de la red de fibra, así como también se realiza una revisión de conexiones físicas en el ODF y Switch.

SEGUNDA: ENTREGA RECEPCION

Una vez que se ha entregado los dispositivos en funcionamiento, el día Jueves 11 de Agosto de 2016.

Por medio de la presente Acta se procede a recibir, en forma definitiva, los bienes provistos a la institución por parte del Grupo de Fibra.

TERCERA: OBJETO DE LA ENTREGA

Los estudiantes que integran el Grupo de Fibra entrega a la Universidad Israel como parte del proyecto de titulación, el "diseño e implementación de una red de fibra óptica compuesta de un cableado Backbone a las siete plantas y horizontal en el tercer piso del Edificio matriz de la Universidad Israel en Quito", los equipos y accesorios se detallan en el "Protocolo de entrega", anexo a este documento.

CUARTA: CONSTANCIA DE LA RECEPCIÓN DEL BIEN

Los estudiantes del Grupo de Fibra, estudiantes de la Universidad Israel, conjuntamente con el Ingeniero Edwin Lagos, el día 11 de Agosto del 2016, proceden a inspeccionar que los equipos estén funcionando y en completa operatividad, verificando así la conectividad desde el switch a todos los convertidores de medio instalados en los laboratorios, lo que determina que se encuentra implementado y funcionando a satisfacción, a más se cumplieron con las especificaciones técnicas requeridas para este proyecto, por lo que se procede a la recepción del objeto del proyecto de titulación.

Para constancia, estando de acuerdo con el contenido de este documento, las partes firman en original y dos copias del mismo contenido y valor, en la ciudad de Quito, a los 15 días del mes de Agosto del 2016.

Verónica Jiménez.
ESTUDIANTE U.ISRAEL
CI. 1719058420

Ing. Edwin Lagos
JEFE DPTO. TECNOLOGÍA
C.I. 0201148228

Herman Felicita
ESTUDIANTE U.ISRAEL
C.I. 1706550009



Cesar Huaraca
ESTUDIANTE U. ISRAEL
C.I. 1714732268

Vicente Cazco
ESTUDIANTE U. ISRAEL
C.I. 0601985500

Jorge Ortiz
ESTUDIANTE U. ISRAEL
C.I. 1708563091

Gabriel Alvarez
ESTUDIANTE U. ISRAEL
C.I. 1714256417