



“Responsabilidad con pensamiento positivo”

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL

TRABAJO DE TITULACIÓN EN OPCIÓN AL GRADO DE:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA DIGITAL Y TELECOMUNICACIONES

**TEMA: NORMATIVAS Y ESTÁNDARES PARA EL DISEÑO E
IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA EN EL EDIFICIO
MATRIZ DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL**

AUTOR: EFRAÍN VICENTE CAZCO

TUTOR: ING. DAVID CANDO, MG.

AÑO: 2016

INFORME FINAL DE RESULTADOS DEL TT

Datos generales:

Carrera:	Electrónica Digital y Telecomunicaciones
Autor/a del TT:	Efraín Vicente Cazco
Tema del TT:	Normativas y estándares para el diseño e implementación de una red de fibra óptica en el edificio matriz de la Universidad Tecnológica Israel
Articulación con la Línea de Investigación Institucional:	Tecnología Aplicada a la Producción y Sociedad
Sublínea de Investigación Institucional:	Implementación de redes de Telecomunicaciones con Fibra Óptica
Fecha de presentación:	15 de Agosto de 2016

Resumen

El creciente uso de aplicaciones multimedia en todas las actividades cotidianas, especialmente en la educación, provocarán que las redes actuales colapsen. Esto constituye un motivo para que varios estudiantes de décimo nivel se proponga como proyecto de titulación el implementar un Backbone de Fibra Óptica, tecnología con la cual se incrementa el ancho de banda para soportar los requerimientos actuales y especialmente para proyectarse a futuro, donde la tecnología exija transportar “streaming” de video y audio aplicados a la enseñanza técnica científica, entre otras.

El proyecto de titulación tiene como objetivo diseñar e implementar un Backbone de Fibra Óptica en el edificio de la Universidad Tecnológica Israel, con miras a tener una red GPON (Gigabit-capable Passive Optical Network) en el futuro, instalación que se efectuará con la aplicación de estándares internacionales específicos.

El diseño comprende todas las rutas y espacios de instalación en el edificio de la Universidad, para lo cual que se tiene como punto central la sala de equipos que se ubica en la dirección de informática, laboratorio 309; la implementación del proyecto de titulación tiene como eje principal el cableado Backbone, que comprende la instalación de fibra por una canaleta metálica que recorre los seis pisos del edificio y se deja conectores para conexión de fibra en cada uno de ellos. Como complemento se realiza la instalación del cableado horizontal a los 5 laboratorios y la oficina de decanato del piso 3, la oficina del decanato del piso 4 y el Rectorado.

Se realiza un estudio de los tipos de fibra y tipos de redes para seleccionar la más adecuada para esta aplicación, esto se basa en estándares internacionales que emiten los parámetros a cumplir.

Se da especial énfasis en las recomendaciones obligatorias y opcionales para la instalación de fibra óptica en edificios, en lo que tiene que ver a espacios, tipos de canaletas, tuberías, distancias, curvatura de la fibra, atenuación y equipos activos.

Para el desarrollo de la investigación se utiliza el método inductivo-deductivo, especialmente para analizar diferentes documento científicos que sirven de soporte al presente proyecto.

Palabras clave: Fibra óptica, Backbone, Cableado horizontal, Universidad Tecnológica Israel.

Abstract

The increasing use of multimedia applications in all daily activities, especially in education, existing networks will cause collapse. This is a reason for some students of level tenth proposed as titling project to implement a fiber optic backbone technology with which the bandwidth to support current requirements and especially to project increases in the future, where technology requires transport "streaming" audio and video applied scientific technical education, among others.

The titling project has as purpose to design and implement a fiber optic backbone in the building of the Technological University Israel, in order to have a GPON (Gigabit-capable Passive Optical Network) network in the future, installation is carried out with the application specific international standards.

The design includes all routes and installation spaces in the building of the University, for which it has as its central point the equipment room that is located in the direction of information technology, laboratory 309; project implementation titling stretches along the Backbone wiring, including the installation of fiber for a metallic chute that runs through the six floors of the building and left connectors for fiber connection in each. Complementing the installation of horizontal cabling at 5 laboratories and office floor deanery 3, deanery office 4 and the rectory is performed.

A study of fiber types and network types to select the most suitable for this application is done, this is based on international standards that emit the parameters to comply.

Special emphasis is given in the mandatory and optional recommendations for installing fiber optics in buildings, you have to see spaces, types of gutters, pipes, distances, curvature of the fiber attenuation and active equipment.

For the development of investigation inductive-deductive method is used, especially for analyzing different scientific documents that support for this project.

Keyword: Fiber optic Backbone, horizontal cables, Technological University Israel.

ÍNDICE

Contenido

1.	Fundamentación Teórica y Metodológica.....	1
1.1	Fibra Óptica.....	1
1.1.1	Tipos.....	1
1.1.2	Partes de la fibra.....	3
1.1.3	Dispersión.....	3
1.2	Conectores.....	4
1.2.1	Conector ST.....	5
1.2.2	Conector SC.....	5
1.2.3	Conector LC.....	5
1.2.4	Pulido en conectores.....	5
1.3	Dispositivos de transmisión y recepción.....	6
1.3.1	Transmisor óptico.....	6
1.3.2	Receptor óptico.....	7
1.4	Redes FTTX (Fiber To The X).....	8
1.4.1	FTTH (Fiber To The Home).....	8
1.4.2	FTTE (Fiber To The Enclosure).....	9
1.4.3	FTTC (Fiber To The Cabinet).....	10
1.4.4	FTTB (Fiber To The Building).....	11
1.4.5	FTTN (Fiber To The Node).....	12
1.4.6	FTTP (Fiber To The Premises).....	12
1.5	Tipos de redes de fibra óptica.....	13
1.5.1	Redes activas (AON).....	13
1.5.2	Redes pasivas (PON).....	14
1.6	Normativas y estándares.....	17
1.6.1	Organismos Reguladores.....	18
1.7	Estándares para fibra óptica.....	19
1.7.1	ITU-T G.652 09/11. Monomodo.....	19
1.7.2	ITU-T G-653 Monomodo.....	19
1.7.3	ITU-T G-654 Monomodo.....	19
1.7.4	ITU-T G-655 Monomodo.....	19
1.7.5	ITU-T G-657 Monomodo.....	20
2.7.6	ITU-T G.651.1 Multimodo.....	20
1.8	Estándares para la instalación de Fibra Óptica.....	20

1.8.1	Estandar ANSI/TIA/EIA 569-C:	20
1.8.2	Estándar ANSI/TIA 568-C	25
1.8.3	Estándar ANSI/TIA/EIA 526-7	36
1.8.4	Estándar ANSI/TIA/EIA 606-B.....	44
1.8.5	Estándar ANSI/TIA/EIA 607-B-1.....	48
1.8.6	Normativa de Protección Personal para obra civil	50
2.	Presentación de resultados	53
2.1	Diseño de la red.....	53
2.1.1	Sala de equipos:	56
2.1.2	Cableado Back-bone:	57
2.1.3	Cableado horizontal:	58
2.1.4	Áreas de trabajo:	59
2.1.5	Mediciones:	59
2.2	Implementación.	61
2.2.1	Sala de equipos:	61
2.2.2	Cableado Backbone:.....	63
2.2.3	Cableado Horizontal:	64
2.2.4	Mediciones:	66
2.2.5	Etiquetado.	70
2.2.6	Protección personal.	72
	CONCLUSIONES.....	73
	RECOMENDACIONES.	74
	BIBLIOGRAFÍA.....	75

Índice de figuras

Figura 1. Fibra óptica.....	1
Figura 2. Fibra óptica Monomodo.....	2
Figura 3. Fibra Óptica Multimodo.....	3
Figura 4. Partes de una fibra óptica	3
Figura 5. Conectores para fibra	4
Figura 6: Tipos de terminaciones.....	6
Figura 7. Transmisión y recepción por fibra óptica.....	8
Figura 8: Red FTTH – GPON y niveles de splitting.....	9
Figura 9: Fibra para un sitio de telecomunicaciones.....	10
Figura 10: Fibra hasta el gabinete	11
Figura 11: Fibra hacia un edificio.....	11
Figura 12: Fibra hasta el nodo	12
Figura 13: Fibra hasta el local	13
Figura 14: Red activa de fibra	13
Figura 15: Red óptica pasiva.....	14
Figura 16: Áreas consideradas en estándar 569-C	21
Figura 17: Elementos que comprenden un sistema de cableado genérico.....	26
Figura 18: Patch-Cord de fibra óptica A –B	29
Figura 19: Posicionamiento consecutivo	30
Figura 20: Topología del cableado horizontal.....	33
Figura 21: Posición de un conector 568SC.....	36
Figura 22: Patch cords según la polaridad. a) Posición A-B. b) Posición A-A	36
Figura 23: Conexión para referencia.....	39
Figura 24: Medida de atenuación de un enlace de fibra óptica	40
Figura 25: Medida de una fibra con el OTDR	41
Figura 26: Trazo de la medida de longitud de una fibra.....	41
Figura 27: Medida de coeficiente de atenuación de un tramo de fibra.....	42
Figura 28: Medida de pérdida de inserción de una unión.....	43
Figura 29: Elementos de una red de telecomunicaciones.....	45
Figura 30: Sistema de aterramiento para telecomunicaciones en un edificio.....	49
Figura 31: Barra principal de tierra para Telecomunicaciones.....	50
Figura 32: Equipo de protección personal.....	52
Figura 33: Diagrama general de toda la red	54

Figura 34 : Plano general del cableado back-bone en el edificio	55
Figura 35: Plano de distribución horizontal en el tercer piso.....	56
Figura 36: Diagrama general de la red de fibra óptica	57
Figura 37: Canaleta para fibra Back-Bone	58
Figura 38: Radio de curvatura.....	58
Figura 39: Circulación de la fibra en una esquina.....	59
Figura 40: Medida de pérdida de inserción.....	60
Figura 41: Medidas de pérdida de retorno	61
Figura 42: Equipos para distribución de fibra	62
Figura 43: Canalización y cableado Backbone	63
Figura 44: Acoplamiento de los tubos a las cajas de revisión	64
Figura 45: Protección en los filos de la manguera BX.....	65
Figura 46: Fibra en las cajas de revisión.....	65
Figura 47: Conector dúplex de final de fibra	66
Figura 48: OTDR	67
Figura 49: Power Meter	67
Figura 50: Medida de pérdida de inserción.....	68
Figura 51: Medida de pérdida de retorno en un OTDR.....	69
Figura 52: Parámetros y medidas en el OTDR	70
Figura 53: Etiqueta en el rack de equipos de fibra	70
Figura 54: Etiqueta del switch (1) y organizador (2)	71
Figura 55: Etiquetas en la fibra	72
Figura 56: Utilización del equipo de protección personal	72

Índice de Tablas

Tabla 1: Características de una red GPON	14
Tabla 2: Características de una red EPON.....	15
Tabla 3: Características de la red APON.	15
Tabla 4: Características de la red BPON.	15
Tabla 5: Características de una red GEPON.....	16
Tabla 6: Pérdidas de un splitter	17
Tabla 7: Recomendaciones para una sala de equipos	22
Tabla 8: Recomendaciones para una sala de telecomunicaciones	23
Tabla 9: Canalizaciones permitidas.....	24
Tabla 10: recomendaciones para la instalación de ductos.....	24
Tabla 11: Componentes de un sistema de telecomunicaciones	26
Tabla 12: Máxima tensión y mínimo radio de curvatura	27
Tabla 13: Recomendaciones para el cableado	28
Tabla 14: Recomendaciones para pruebas en campo.....	28
Tabla 15: Elementos de un sistema de cableado	30
Tabla 16: Recomendaciones para el cableado Backbone	32
Tabla 17: Recomendaciones para el cableado horizontal.....	32
Tabla 18: Especificaciones para el cableado de fibra óptica	34
Tabla 19: Recomendaciones para la instalación de fibra óptica	34
Tabla 20: Recomendaciones para conexiones de fibra óptica.	35
Tabla 21: Recomendaciones para mediciones de fibra óptica	38
Tabla 22: Pasos para la medición de atenuación de un enlace de fibra.....	39
Tabla 23: Documentación de mediciones con OLT	43
Tabla 24: Documentación de mediciones con OTDR	44
Tabla 25: directrices de administración de una red de telecomunicaciones.....	46
Tabla 26: Elementos a etiquetar en Clase 1	46
Tabla 27: Recomendaciones generales para el diseño e implementación de una red	53

1. Introducción.

1.1 Antecedentes.

En los últimos años en la Universidad Israel se incrementó el número de estudiantes, profesores, laboratorios de Informática y electrónica con equipos de mejor tecnología y que basan, en gran medida, en el uso de aplicaciones informáticas en línea que demandan un servicio de datos rápido y confiable. La Universidad también implementó la academia de certificación de Cisco e impartirá los cursos de CCNA, mismos que para su funcionamiento óptimo requieren tener redes de banda ancha.

En la actualidad las telecomunicaciones no solo se utilizan para el transporte de datos o audio, se incorpora servicios de video, seguridad, sistemas de alarmas y datos ambientales.

En años anteriores se realizaron diseños e implementaciones de instalación de fibra óptica, donde solo se toma referencia de los estándares. En este proyecto se detalla las normativas exigidas por CNT, desarrolladas desde las organizaciones autoras de tales documentos, como la IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers), TIA (Telecommunications Industry Association), EIA (Electronic Industries Alliance), ANSI (American National Standards Institute), ITU-T (Telecommunication Standardization Sector).

1.2 Problema

Es importante el uso de la red de datos interna en la Universidad Tecnológica Israel, principalmente en laboratorios, aulas con tecnología multimedia y oficinas administrativas. Con el crecimiento de los dispositivos fijos y móviles que contienen aplicaciones en línea, se multiplicó la demanda de ancho de banda. Muchas aplicaciones, especialmente de video, son restringidas para no saturar el ancho de banda disponible; con la red actual no se puede utilizar otros servicios de comunicaciones. Todas estas limitaciones se deben, no solamente al servicio de internet, sino también al tipo de medio de transmisión que se utiliza para el transporte interno de datos, pues en toda la instalación se utiliza cable de cobre.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Aplicar los estándares necesarios para el diseño e implementación de una red de fibra óptica en la Universidad Tecnológica Israel, que garanticen un correcto funcionamiento de todos los servicios de comunicaciones.

1.3.2 Objetivos específicos

- Realizar un estudio de los estándares para cableado de fibra óptica en un backbone y cableado horizontal.
- Proponer la aplicación de estándares internacionales para el cableado estructurado de una red de fibra óptica.
- Recomendar la aplicación de las diferentes normativas en la instalación de una red de fibra óptica para cumplir con niveles de atenuación y pérdida de retorno.
- Sugerir la aplicación de los procedimientos de medición de fibra óptica según el estándar.

2. Fundamentación Teórica y Metodológica

En la Universidad Tecnológica Israel existe la necesidad de una modernización de su red de comunicación interna. Existen algunos trabajos hechos anteriormente, que es necesario su continuación para satisfacer las necesidades actuales y futuras.

Para realizar este proyecto es necesario conocer los conceptos necesarios de los componentes que utilizan.

2.1 Fibra Óptica

La fibra óptica es un elemento dieléctrico conductor de luz, un material delgado y flexible, el cual se llama filamento o núcleo y está compuesto de vidrio por lo que tiene un alto índice de refracción. Tiene la capacidad de transmitir luz que puede ser emitida por diodo LÁSER o un diodo LED. (Rodriguez, 2013) Una muestra en la figura 1.



Figura 1. Fibra óptica
Fuente: (LLorente, 2011)

2.1.1 Tipos

Existen 2 tipos principales de fibra, la Monomodo y Multimodo

2.1.1.1 Fibra Óptica Monomodo.

Tiene un núcleo muy pequeño, de diámetro $9\ \mu\text{m}$ y un revestimiento de $125\ \mu\text{m}$ y solo permite la propagación de un solo modo sin reflexiones, esto posibilita tener un buen ancho de banda en distancias superiores a 10 Km, puede tener 100 Ghz/Km, una longitud de onda de corte de 1255 nm. Se utiliza en 1310 y 1550 nm. La atenuación es menor en 1550 nm. (TELNET, 2005)

Un corte de la fibra se muestra en la figura 2.

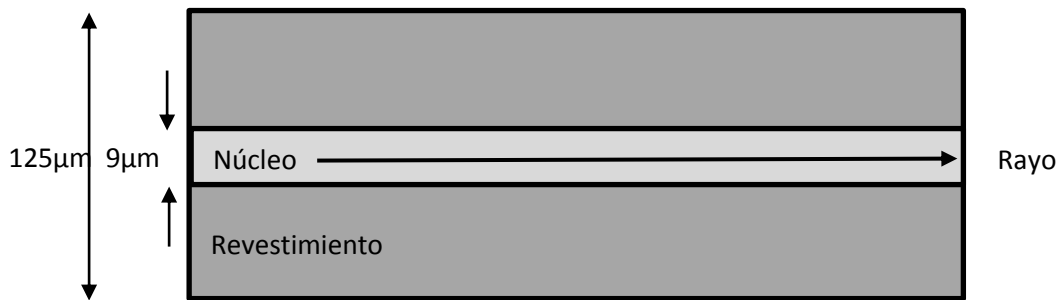


Figura 2. Fibra óptica Monomodo

Fuente: Autor

2.1.1.2 Fibra Óptica Multimodo

- El diámetro del núcleo es de 50 o 62.5 μm, mucho más grande que en la monomodo, aunque el revestimiento tiene el mismo diámetro de 125 μm. Transporta algunos haces de luz, todos por diferentes caminos en el núcleo reflejándose en las paredes del revestimiento. Se utilizan en distancias cortas, máximo 3 Km, el ancho de banda es menor que la fibra monomodo.

Tiene un ancho de banda de 1000 MHz/ Km. La atenuación es menor en 1300 nm, que en 850 nm. Se utiliza en 850 y 1300 nm; en 1300 nm tiene un mayor ancho de banda. (TELNET, 2005)

Existen 2 tipos de fibras Multimodo de acuerdo al índice de refracción.

- **Multimodo de índice escalonado.-** el índice de refracción del núcleo y revestimiento son muy diferentes, por lo que la refracción entre los dos materiales produce niveles diferentes de índice. Los rayos de luz viajan a la misma velocidad pero por caminos diferentes en el núcleo de la fibra, esto hace que lleguen a su destino en diferentes tiempos, esto reduce la tasa de transmisión de datos. (Córdoba, 2003)

- **Multimodo de índice gradual.-** el índice de refracción del núcleo no es uniforme; ésta es máxima en el centro y disminuye hacia el exterior. Al igual que la de índice escalonado el núcleo se rodea por un revestimiento de menor índice refractivo; la luz entra a la fibra y forma muchos ángulos diferentes. Al propagarse por la fibra más externa recorren mayor distancia que los que van cerca del centro, esto se muestra en la Figura 3. (Córdoba, 2003)

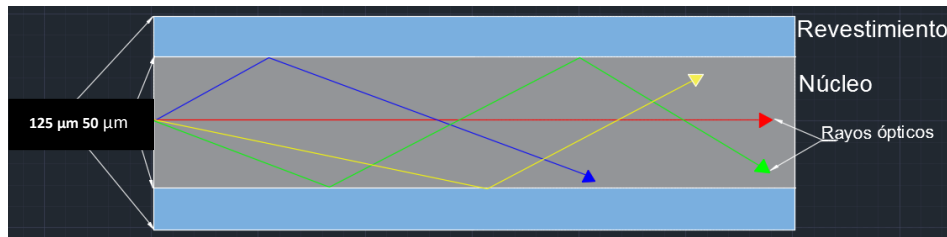


Figura 3. Fibra Óptica Multimodo

Fuente: El autor

2.1.2 Partes de la fibra

Generalmente está formada por 4 elementos: el núcleo, es el cilindro concéntrico interior; el revestimiento es el cilindro externo que cubre el núcleo, ambos tiene diferentes índices de refracción. La cobertura es una capa de plástico que cubre el revestimiento y que le sirve para amortiguar golpes. Al final está una capa de revestimiento externa que protege a la fibra de elementos corrosivos y contaminantes. (Eusko Jaurlaritza, 2015) Esto se presenta en la Figura 4.

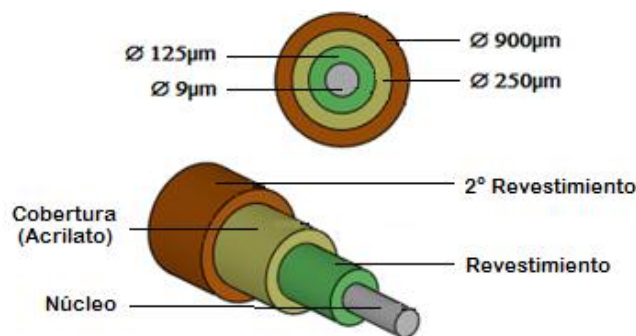


Figura 4. Partes de una fibra óptica

Fuente: El Autor

2.1.3 Dispersión.

Es una deformación o ensanchamiento que se produce en un pulso entre lo que ingresa y lo que sale luego de pasar por la fibra. Esta variación se mide en pico segundo por kilómetro (ps/Km). Mientras más larga es la fibra, la dispersión aumenta y baja el ancho de banda. (Grupo Comunicaciones ópticas, 2006)

Hay algunos tipos de dispersión, mismos que se detallan a continuación:

- **Dispersión modal.-** se produce en la fibra multimodo y se debe a la diferencia en los tiempos de propagación de los modos al tomar diferentes trayectorias.

- **Dispersión por polarización de modo.-** se produce cuando se transmite en las dos polarizaciones, los dos modos viajan a diferentes velocidades y llegan en diferente tiempo, lo que causa el ensanchamiento del pulso. Mas significativamente en enlaces de fibra óptica monomodo que trasportan más de 10 Gbps. (Grupo Comunicaciones ópticas, 2006)
- **Dispersión cromática.-** se produce por que el índice de refracción del silicio, material que se utiliza en la fabricación de la fibra, es diferente para cada frecuencia. La refracción en este material descompone el ancho espectral en las longitudes de onda que lo componen, por lo tanto las longitudes de onda viajan a velocidades distintas. Esta dispersión se presenta en la fibra monomodo.
La dispersión cromática de una fibra significa el retraso o incremento de tiempo (en ps) para una anchura espectral de 1 nm que viaja 1 Km de fibra, se expresa como ps/(nm*Km). (Urrutia, 2012)

2.2 Conectores.

Son elementos pasivos que establecen una conexión óptica y permiten la alineación de dos fibras en buenas condiciones.

Existen tres tipos de conectores que son: estándar o normales, SFF (Small Form Factor) y los conectores para fibras múltiples.

Los conectores estándar tiene una férula de 2.5 mm, y entre estos están: ST, SC y FC; los conectores SFF tienen la férula de 1.25 mm y son los LC y MU; y dentro de los multifibra están los MT-RJ, MTP y MPO. (Fibremex, 2016). Varios tipos de conectores se presentan en la figura 5.



Figura 5. Conectores para fibra

Fuente: (FiberSiles, 2015)

2.2.1 Conector ST.

Tiene una férula de diámetro 2.5 mm. Este conector tiene un seguro tipo bayoneta, al cual se da medio giro para conectarlo, ya que posee un resorte que presiona para que no se suelte fácilmente. Este sistema es muy seguro para lugares de alta vibración. (Fibremex, 2016). Tiene las siguientes características técnicas:

- Pérdida de inserción \leq a 0.3 dB.
- Pérdida de retorno \geq a 45 dB.

2.2.2 Conector SC.

Es un conector cuadrado que se asegura con presión al conectar. Se utiliza más con fibras monomodo, se usa frecuentemente por su facilidad de conexión y desconexión. Se puede tener conectores dúplex. (Fibremex, 2016). Tiene las siguientes características:

- Pérdida de inserción $<$ a 0.1 dB
- Pérdida de retorno $<$ a 30 dB

2.2.3 Conector LC.

Es muy similar al conector SC en cuanto a sus características eléctricas y físicas, pero más pequeño. Su sujeción es con una pestaña que se presiona para conectar y desconectar. Se utiliza mayormente en equipos como convertidores de medio, módulos transceiver para los puertos de un switch y otros equipos que requieren conexión dúplex. (Fibremex, 2016). Tiene las siguientes características:

- Pérdida de inserción $<$ a 0.1 dB.
- Pérdida de retorno $>$ a 30 dB

2.2.4 Pulido en conectores.

Para mejorar el funcionamiento de los conectores, se tienen algunos tipos de terminados de las férulas como FLAT, PC, UPC y APC.

- **FLAT.-** la férula tiene un terminado plano, esto hace que la reflexión sea alta, por lo que se tiene una pérdida de retorno desde 20 dB. Solo se usa en fibras multimodo.

- **PC.-** la punta termina con la superficie plana, un poco redondeada, su pérdida de retorno está entre 30 y 50 dB. Se puede usar con los dos tipos de fibras.
- **UPC.-** la férula termina más redondeada que el tipo PC, con lo cual se obtiene una pérdida de retorno mayor a 50 dB. Se usa especialmente en fibra monomodo.
- **APC.-** el terminado de la férula es diagonal con un ángulo de inclinación de 8 grados, además también es un poco redondeada. Esto permite tener una pérdida de retorno mayor a 60 dB. Se utiliza básicamente con fibras monomodo. (Rodríguez, 2013)



Figura 6: Tipos de terminaciones

Fuente: (FiberSiles, 2015)

2.3 Dispositivos de transmisión y recepción.

2.3.1 Transmisor óptico.

Para transmitir por fibra óptica, un transmisor tiene etapas que permiten convertir o modular una señal análoga o digital en un haz de luz, estas son: el codificador o convertidor, el circuito “driver” y la fuente de luz, como se presenta en la figura 7. Como fuente de luz se tiene al diodo LED y al Láser. La luz que emite el diodo LED es infrarroja en longitudes de onda de 850 nm o 1310 nm, mientras que la luz del láser es más fina y en 1310 nm y 1550 nm. (FEEC, 2015)

2.3.1.1 Características de emisión.

La potencia óptica depende de las características del LED o láser. El LED emite una potencia que depende de la corriente que circula hasta un punto en que se satura. Su ancho espectral es de 50 nm. La radiación del diodo láser es igual a la del LED antes de su umbral de trabajo, al sobrepasar este se genera un haz muy delgado y más direccional con un ancho espectral de 1 nm. (FEEC, 2015).

2.3.1.2 Modulación óptica.

La modulación de las fuentes ópticas se consigue al variar su intensidad, esto se puede hacer directa o externamente. El tipo de modulación externa es donde la luz primero se genera y después es modulada a través de un modulador externo. Existe el sistema de modulación IM-DD (Intensity Modulation and Direct Detection) y el de modulación de amplitud (AM) que se afecta menos con la dispersión, pero se reduce el ancho de banda. (Fernandez, 2010)

2.3.2 Receptor óptico.

El receptor tiene la función de recuperar los datos modulados en el haz de luz, para lo cual tiene un fotodetector que transforma la luz en voltaje, posteriormente se amplificará y procesará hasta extraer los datos que se enviaron desde el transmisor. Un diagrama en bloque se presenta en la figura 7. El fotodetector debe cumplir con características de sensibilidad, longitud de onda, ruido y ancho de banda. (FEEC, 2015)

Hay dos tipos de diodos fotodetectores, el PIN y el de APD (avalancha).

2.3.2.1 Fotodetector PIN.

Tiene una estructura de 3 capas, la capa intermedia es un semiconductor, y las externas son la tipo P y tipo N.

En comunicación óptica, es el que más se utiliza. Es de bajo ruido y buen ancho de banda. También se utiliza para conmutación de radio frecuencia, pues al aumentar la corriente de polarización en el diodo, disminuye la resistencia a las altas frecuencias. (Ecured, 2016)

2.3.2.2 Fotodetector de Avalancha APD.

Tiene una mayor sensibilidad respecto al diodo PIN, trabaja con polaridad inversa, pero necesitan un voltaje de 150 a 300 V para producir el efecto avalancha, que se puede entender como una amplificación de corriente. (Tutorial de comunicaciones ópticas, 2015)

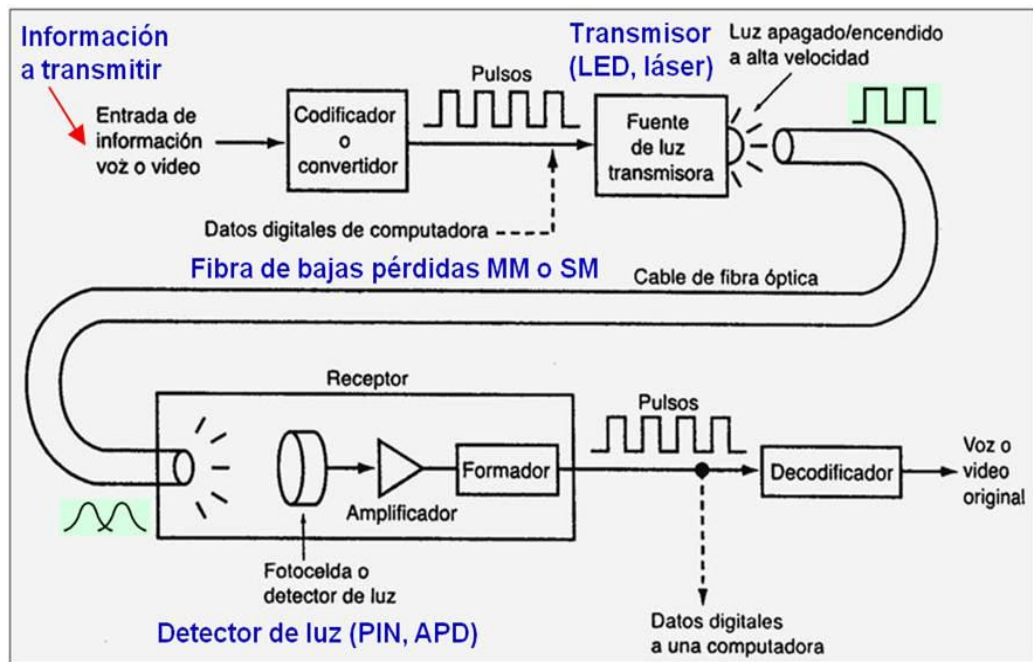


Figura 7. Transmisión y recepción por fibra óptica.

Fuente: (Coimbra, 2011)

2.4 Redes FTTX (Fiber To The X)

FTTx se utiliza para describir varios tipos de redes que utiliza fibra óptica en la última milla, o en algún otro sector de la instalación de un sistema de comunicación guiado.

FTTx, en inglés Fiber-to-the-x, donde x se refiere al lugar que se dirige la red. Los más importantes son: FTTH, FTTE, FTTC, FTTB, FTTN, FTTP.

2.4.1 FTTH (Fiber To The Home)

Es la red que llega con fibra óptica hasta el hogar o negocio donde están los usuarios. Esto permite dar servicio de banda ancha y otros servicios como: Televisión y telefonía.

Es una red óptica pasiva y se distribuye mediante splitters ubicados en el último nodo cercano al usuario; utiliza una topología en estrella, puesto que la fibra que viene desde la central se divide en varias para llegar a los abonados. (Linge, 2010). Un ejemplo de esta red se tiene en la figura 8.

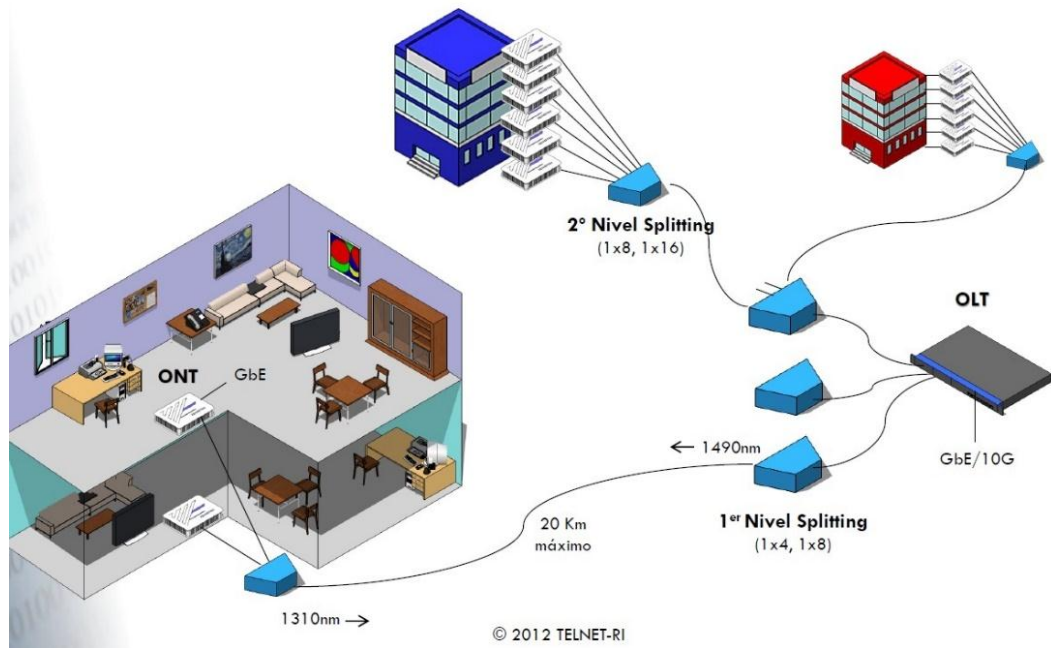


Figura 8: Red FTTH – GPON y niveles de splitting.

Fuente: (TELNET, 2005)

2.4.2 FTTE (Fiber To The Enclosure)

FTTE es una red de fibra óptica que se extiende hasta el sitio de distribución de comunicaciones en el área de trabajo, parte desde la sala de equipos.

Su aplicación se basa en la norma TIA/EIA-569-C "Caminos y Espacios", la cual define el Cuarto de Telecomunicaciones (TE), y TIA/EIA-568-C.1 Adendum 5, que define el cableado.

La arquitectura FTTE puede ser de cable de par trenzado de cobre, fibra óptica (Multimodo o Monomodo), o inalámbrica. (Hardy, 2009). Un ejemplo de este tipo de red en el interior de un edificio se presenta en la figura 9.

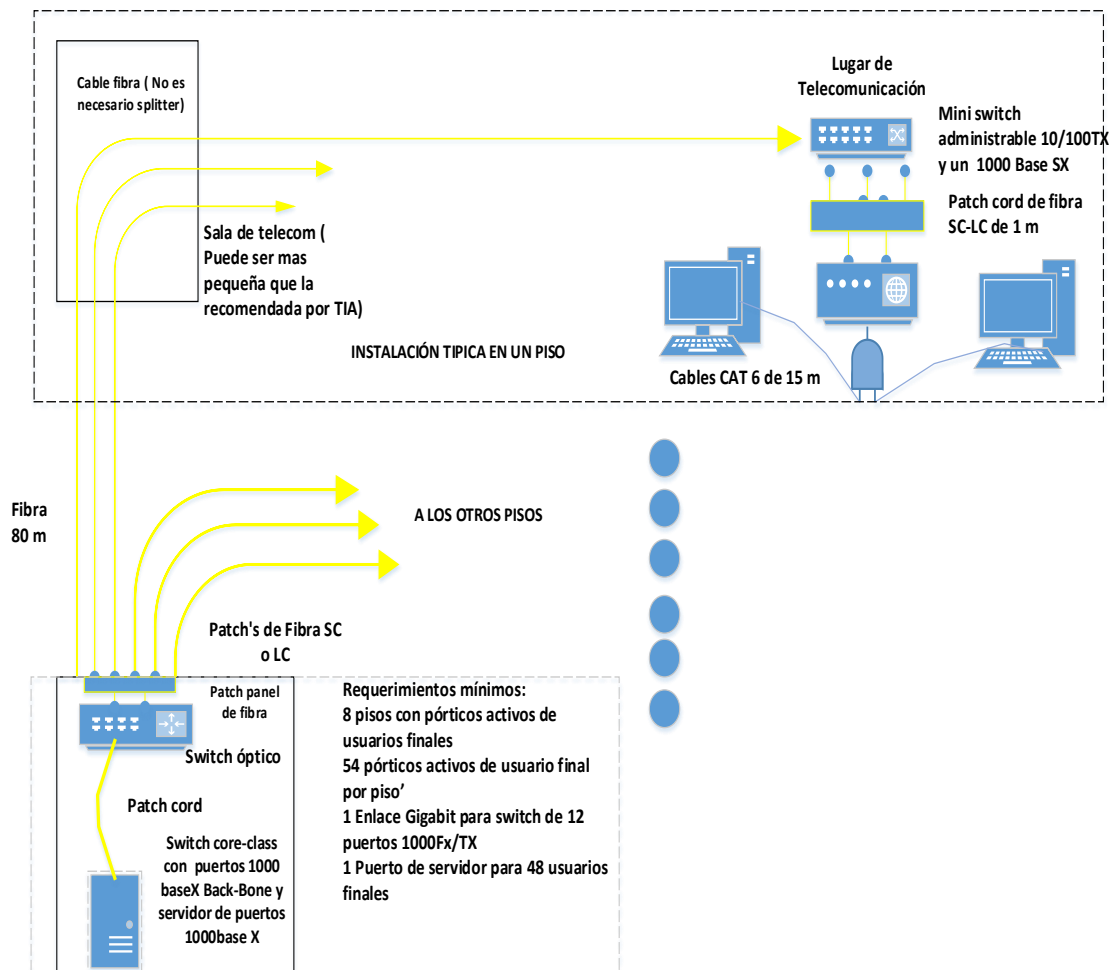


Figura 9: Fibra para un sitio de telecomunicaciones.

Fuente: El autor

2.4.3 FTTC (Fiber To The Cabinet)

En una FTTC se utiliza fibra desde la central hasta la cabina próxima a una urbanización, desde donde se distribuye banda ancha a las casas. Para esto se utiliza un "DSLAM (Digital Subscriber Line Access Multiplexer) de la calle" cerca de los hogares.

Desde el DSLAM hacia el cliente se utiliza línea de cobre con velocidades de hasta 40 Mbps. (Kits, 2015). El servicio de fibra hasta el gabinete se observa en la Figura 10.

Fibre To The Cabinet (FTTC)

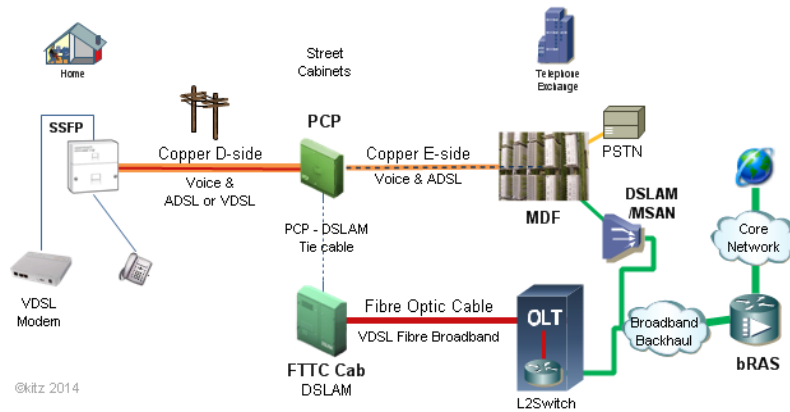


Figura 10: Fibra hasta el gabinete

Fuente: (Kits, 2015)

2.4.4 FTTB (Fiber To The Building)

FTTB es una forma de servicio de comunicación mediante fibra óptica a edificios donde existen múltiples usuarios o espacios de trabajo. El enlace entre la central y las instalaciones de entrada del edificio, se realiza con fibra, mientras que la distribución interna a los pisos y sitios de trabajo, se realiza con otros medios. (nbn, 2016). Un ejemplo se muestra en la figura 11.

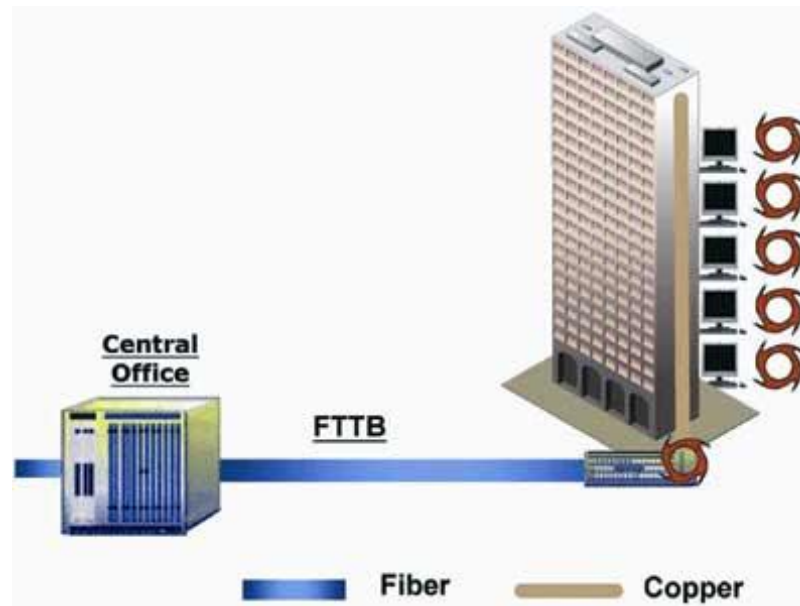


Figura 11: Fibra hacia un edificio

Fuente: (Spirit, 2016)

2.4.5 FTTN (Fiber To The Node)

La red FTTN se conecta mediante fibra óptica desde la central que provee los servicios hasta el último distribuidor próximo al usuario final. Es una red de telecomunicaciones con fibra óptica entre la central hasta un armario desde donde se distribuye los servicios a los usuarios cercanos. Tiene similitud con la red FTTC. Desde el armario se conectan los clientes mediante cable de cobre, puede ser coaxial o de par trenzado. Desde este armario se puede servir a algunos cientos de clientes. (nbn, 2016).

Este tipo de red sirve para distribuir banda ancha. Un diagrama se aprecia en la figura 12.

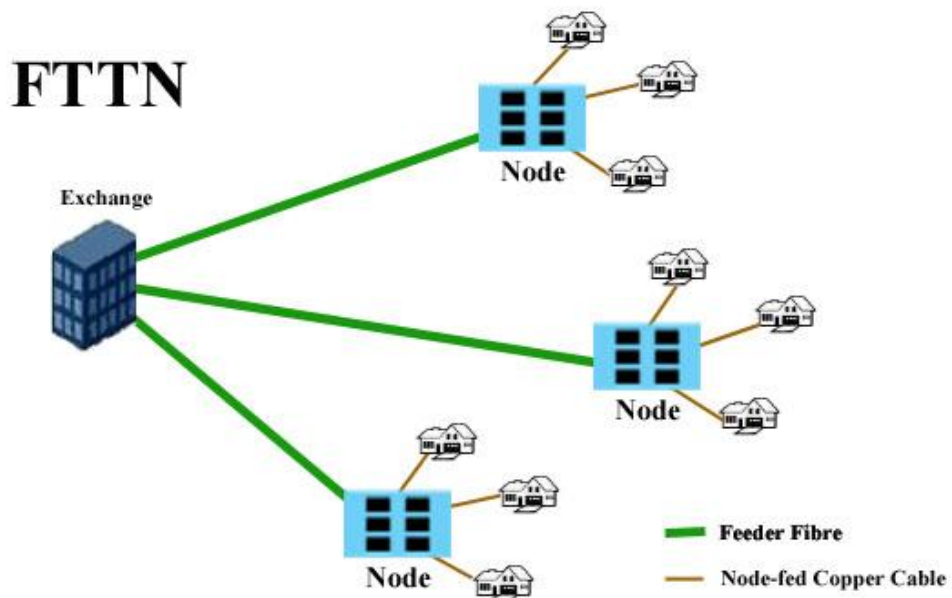


Figura 12: Fibra hasta el nodo

Fuente: (TANBN, 2006)

2.4.6 FTTP (Fiber To The Premises)

FTTP se refiere llegar con fibra desde la red principal hasta el último distribuidor cercano al usuario. La conexión final hasta los abonados se realiza con medios de cobre.

FTTP y FTTH son similares, con la diferencia que FTTH llega hasta el terminal del usuario. (ZEN, 2016). Un ejemplo de esta red se presenta en la figura 13.

FTTp - Fiber to the Premises

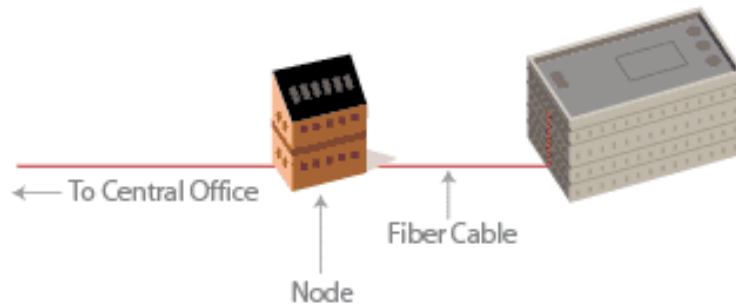


Figura 13: Fibra hasta el local

Fuente: (Timbercom, 2016)

2.5 Tipos de redes de fibra óptica

En instalaciones de fibra se tiene las redes activas (AON) y las redes pasivas (PON).

2.5.1 Redes activas (AON)

Es una red donde se usan equipos ópticos activos, maneja velocidades simétricas que superan 1Gbps. Permiten largas distancias entre la sala de equipos y el área de trabajo. (Su, 2015). Un diagrama de esta red se observa en la figura 14.

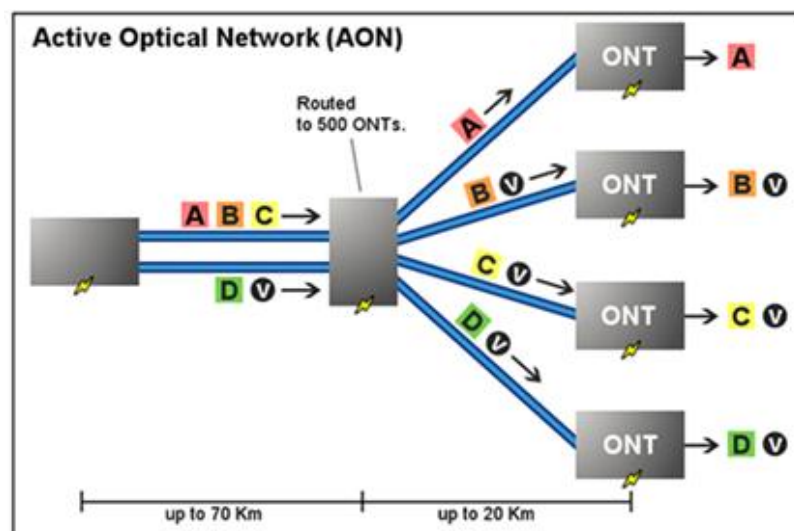


Figura 14: Red activa de fibra

Fuente: (Su, 2015)

2.5.2 Redes pasivas (PON)

Son redes de fibra óptica que se configuran solamente con equipos pasivos, en especial el splitter. Esta red se diseña para dar un servicio punto-multipunto, su origen es la central donde se ubica un OLT (Optical Line Terminal) hasta un ONT (Óptical Network Terminal) que se ubica en el usuario final. (Su, 2015). Un ejemplo se presenta en la figura 15.

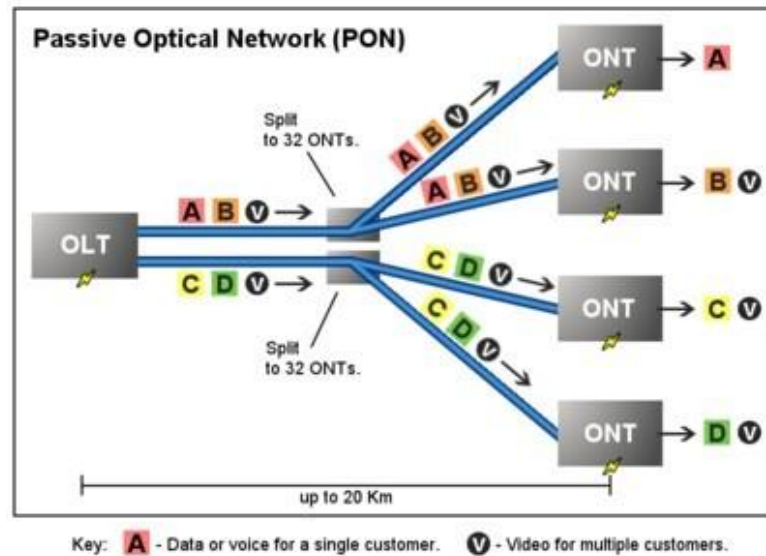


Figura 15: Red óptica pasiva

Fuente: (Su, 2015)

2.5.2.1 Tipos de redes PON

- **GPON (Gigabit PON):** se rige por el estándar ITU-T G.894 y tiene las características que se indican en la tabla 1.

Tabla 1: Características de una red GPON

1	Se desarrolla sobre ATM (Asynchronous Transfer Mode)
2	Puede transmitir video, voz y datos
3	Velocidades en modo Asimétrico: bajada 2.5 Ghz y subida 1.25 Ghz
4	En modo Simétrico : 622 Mbps/ 1.25 Gbps. Cobertura hasta 20 Km

Fuente: (Holguin, 2008)

- **EPON (Ethernet PON):** Se basa en el estándar IEEE 802.3ah, las características se presentan en la tabla 2.

Tabla 2: Características de una red EPON

1	Utiliza el protocolo Ethernet, cuando trabaja en modo Ethernet nativo.
2	Trabaja a velocidades de 1.25 Gbps.
3	Cuando se envía información desde la central es una red punto-multipunto y si envía el usuario es una red punto-punto.
4	Al no utilizar ATM o SDH, sus costos son menores.

Fuente: (Matiz, 2011)

- **APON (ATM (Passive Optical Network):** Se basa en el estándar ITU-T G.893. A continuación algunas características se muestran en la tabla 3.

Tabla 3: Características de la red APON.

1	Tiene un sistema ATM para transmitir
2	Trabaja con una tasa de transmisión de 155 Mbps que se dividen entre las ONT conectadas.
3	La tasa inicial de 155 Mbps se aumentó a 622 Mbps.

Fuente: (Matiz, 2011)

- **BPON (Broadband PON):** Tiene como base las redes APON. Características principales se presentan en la tabla 4.

Tabla 4: Características de la red BPON.

1	Tráfico simétrico: canal de bajada 622 Mbps, canal de subida 155 Mbps.
2	Tráfico simétrico: canal de bajada y subida 622 Mbps

Fuente: (Matiz, 2011)

- **GEPON (Giga Ethernet PON).** Tiene las siguientes características:

Tabla 5: Características de una red GEPON

1	Cumple con los parámetros del estándar IEEE 802.3ah
2	Se desarrolla sobre Internet
3	Similares características de la red GPON

Fuente: (LOOR, 2012)

2.5.2.2 Elementos de una red PON

Para formar una red PON es necesario tres elementos básicos:

- **OLT (Optical Line Termination)**

Es el equipo activo que transmite desde la central. En éste se conecta la fibra óptica que llevara los servicios al usuario final. Todos los servicios se encapsulan y se transmiten por el OLT.

La red que se forma entre la central (OLT) y el cliente (ONT) está estructurada con componentes pasivos. Para distribuir la fibra que sale del OLT, se utilizan divisores ópticos (Optical splitters). EL ONT, puede estar a una distancia promedio de 20 Km de la central, esto depende de su sensibilidad, la cantidad de splitters, la pérdida de la fibra y el nivel de potencia del OLT. (Guzman, 2011)

Hay 3 tipos de OLT que tienen diferente potencia del láser para soportar las pérdidas que se producen hasta el ONT:

Tipo A..... -4dBm

Tipo B+..... +1dBm

Tipo C..... +5dBm

- **Divisor óptico (Splitter óptico):**

Es otro componente pasivo que integra una red PON, divide el tráfico de una fibra en varias salidas simétricas también en fibra óptica. El uso de estos

divisores configura una red punto a multipunto. Son de banda ancha, tienen una pérdida de inserción que depende del número de divisiones y se expresa en dB, como se muestra en la tabla 6. (Asis, 2013)

Tabla 6: Pérdidas de un splitter

Número de puertos	Pérdida de divisor (dB)
2	3
4	6
8	9
16	12
32	15
64	18

Fuente: (Asis, 2013)

- **Modulo ONT (Optical Network Termination).**

Es el dispositivo que se instala al cliente y esta al final de la red PON. Este equipo realiza la conversión de señales ópticas a eléctricas para la entrega de servicios al cliente vía conexión RJ45, RJ11, etc. También trabaja como multiplexor o de-multiplexor. (Onet, 2011)

Al igual que el OLT, hay tres tipos de ONT, según su sensibilidad:

- Tipo A..... -25dBm
- Tipo B+..... -27dBm
- Tipo C..... -26dBm

2.6 Normativas y estándares.

Actualmente existen numerosos estándares internacionales que tienen recomendaciones para el diseño, implementación, mantenimiento y administración de todo tipo de redes. También dictan parámetros máximos para que sean cumplidas por los fabricantes de fibras ópticas u otros medios.

2.6.1 Organismos Reguladores

2.6.1.1 ANSI: American National Standards Institute.-

Fue fundada en 1918, es de carácter privado sin ánimo de lucro y se encarga de la estandarización de la empresa privada en los Estados Unidos. (ANSI, 2016)

2.6.1.2 EIA: Electronics Industry Association.-

Fundada en 1924. Es la institución que dicta las normativas para los fabricantes de: equipos de telecomunicaciones, electrónica del consumidor, componentes electrónicos, e información electrónica. (EIA, 2016)

2.6.1.3 TIA: Telecommunications Industry Association.-

Fundada en 1985. Es una organización que dicta las normativas para los cables y tipos de cableados para instalaciones de telecomunicaciones. Tiene alrededor de setenta normas publicadas. (TIA, 2016)

2.6.1.4 ISO: International Standards Organization.-

Es una organización creada en 1947. Dicta normativas con la unión de 140 países. Normativas que permiten cumplir con las expectativas en muchos temas de la actualidad. Su principal objetivo es garantizar que los productos fabricados cumplan estándares de buena calidad, sean confiables y seguros. En empresas se adopta para establecer procedimientos que reducen errores y por consiguiente aumentan la productividad. Las empresas que aplican estas normativas, pueden acceder a otros mercados con niveles de competitividad más altos. (ISO, 2016)

2.6.1.5 IEEE: Institute of electrical and electronic engineers.

La fundación IEEE fomenta la innovación tecnológica y la excelencia en beneficio de la humanidad. Para cumplir esta función, la fundación IEEE depende de donaciones para financiar programas nuevos e innovadores que apoyan la conservación educativa, humanitaria.

Es la asociación mundial de ingenieros que dicta normativas para estandarizar el desarrollo de distintos sectores técnicos. “Tiene cerca de 425 000 miembros y voluntarios en 160 países, es la mayor asociación internacional sin ánimo de lucro formada por profesionales de las nuevas tecnologías, como ingenieros

eléctricos, ingenieros en computación, matemáticos aplicados, ingenieros en biomedicina, ingenieros en Telecomunicaciones, ingenieros en mecatrónica, etc.” (IEEE, 2016)

Regula las especificaciones de redes de área local como 802.3 Ethernet, 802.5 Token Ring, ATM y las normas de Gigabit Ethernet. (IEEE, 2016)

2.7 Estándares para fibra óptica

2.7.1 ITU-T G.652 09/11. Monomodo

Este estándar trata sobre los parámetros para la fabricación de la fibra óptica monomodo. Esta fibra debe tener cero dispersión cromática en 1310 nm, el coeficiente de dispersión (D_{1550}) debe ser máximo 17 ps/(nm*Km). (ITU-T, 2012). Los demás parámetros se muestran en el anexo 1.

2.7.2 ITU-T G-653 Monomodo

Corresponde a una fibra óptica monomodo de dispersión desplazada DSF (Dispersión Shift) para tener cero dispersión en 1550 nm. Permite gran ancho de banda en redes de larga distancia y trabajan en la tercera ventana. El coeficiente de dispersión cromático máximo es de 3.5 ps/(nm*Km). (ITU-T, 2009). Más parámetros se muestran en el anexo 2.

2.7.3 ITU-T G-654 Monomodo

Tiene una atenuación mínima en 1550 nm y una dispersión nula alrededor de 1300 nm. No se recomienda trabajar en 1310 nm. Sirve para transmisión de larga distancia. Tiene una dispersión cromática alta, 20 ps/(nm*Km), lo que limita su funcionamiento. (ITU-T, 2008). Los demás parámetros se presentan en el anexo 3.

2.7.4 ITU-T G-655 Monomodo

Es una fibra con baja dispersión en el rango de 1500 nm que permite usar multiplexación WDM, y no es necesario utilizar equipos que compensen la dispersión. Su coeficiente esta entre 1 y 10 ps/(nm*Km). Más características se tienen en el anexo 4. (ITU-T G655, 2009)

2.7.5 ITU-T G-657 Monomodo

Tiene dos categorías G-657 A y G657 B. Esta fibra se diseñó para aplicaciones interiores de construcciones o edificios, donde existen espacios reducidos y es necesario muchas curvaturas. Esta fibra tiene menor pérdida en las macrocurvaturas. Está fabricada para utilizar en los 850 nm o 1300 nm. Es la última fibra que se diseña para despliegues de FTTH. (ITU-T, 2012). Otros parámetros se tienen en el anexo 5.

2.7.6 ITU-T G.651.1 Multimodo.

Fibra compatible para instalaciones en edificios hacia los usuarios en departamentos, para dar servicios de internet hasta 1 Gbps y se utiliza en longitudes de onda de 550 y 850 nm. Su uso es muy rentable por su bajo costo. (ITU-T, 2008). Más características en el anexo 6.

2.8 Estándares para la instalación de Fibra Óptica.

Antes de 1985, no existían normas para las instalaciones de cableado de telecomunicaciones en edificios, los sistemas se instalaban de acuerdo a su disponibilidad física, por lo que se encontraban instalaciones de múltiples servicios en un mismo punto. Desde este año la EIA crea los estándares para sistemas de telecomunicaciones que sean independientes de la tecnología aplicada y de los fabricantes

La instalación interna de una red de fibra debe realizarse con la aplicación de las recomendaciones de los estándares vigentes, donde las más importantes son: ANSI/TIA/EIA 568-C.0, ANSI/TIA/EIA 568-C.3 Y ANSI/TIA/EIA 569-C. (CNT, 2015), ANSI/TIA/EIA 606-A, ANSI/TIA/EIA 607-A, ANSI/TIA/EIA 526-7, ANSI/TIA/EIA 526-14.A, las cuales dan las recomendaciones mínimas o máximas para que la instalación garantice confiabilidad y estabilidad. (ANSI, 2016).

2.8.1 Estandar ANSI/TIA/EIA 569-C:

Este estándar tiene las recomendaciones necesarias para el diseño de telecomunicaciones en edificios comerciales. Los edificios y la tecnología de telecomunicaciones cambian rápidamente con el tiempo, y la instalación en un edificio debe estar preparada para estos cambios. El estándar da las recomendaciones para que la instalación esté lista para esos cambios. En este estándar, la instalación es dividida en seis secciones. (ANSI/TIA/EIA 569-C, 2012) Se representa en la figura 16.

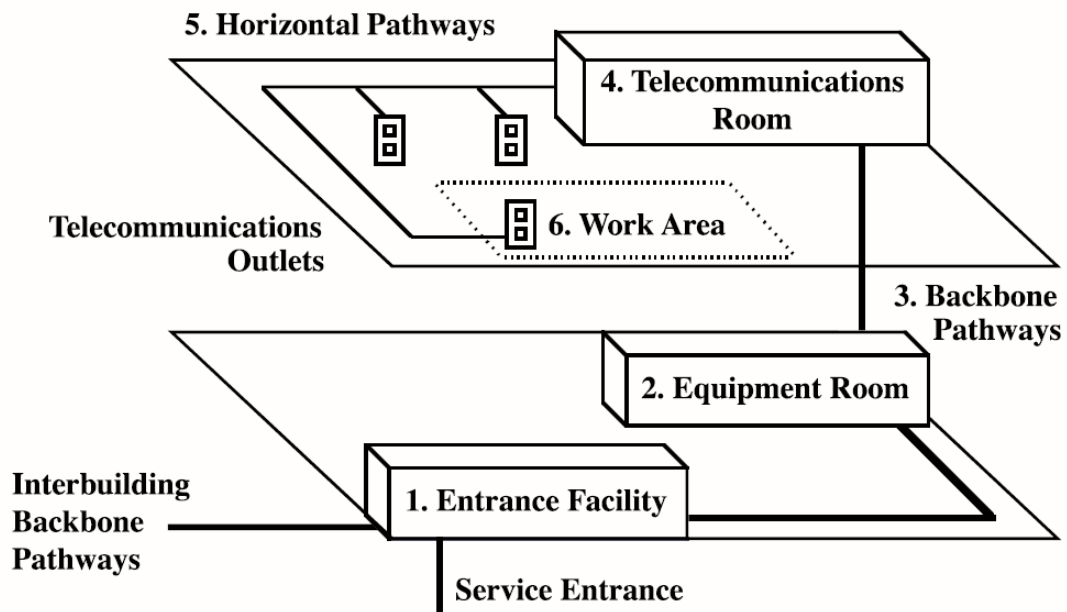


Figura 16: Áreas consideradas en estándar 569-C

Fuente: ANSI/TIA/EIA 569-A

2.8.1.1 Instalaciones de entrada.

Es un espacio destinado para la conexión de las redes de comunicaciones externas hacia las internas en un edificio. Puede tener dispositivos activos o pasivos, como borneras, splitter, módems que hacen de interfaz con la empresa proveedora de comunicaciones. El lugar que se destina para las instalaciones de entrada debe estar junto al Back- Bone y debe ser un lugar seco. (ANSI/TIA/EIA 569-C, 2012).

2.8.1.2 Sala de equipos.

Es el lugar que se destina para los equipos de telecomunicaciones, como PBX, servidores, switches, routers, equipos de video, etc. Las recomendaciones para el diseño de una sala de equipos se tienen en la tabla 7.

Tabla 7: Recomendaciones para una sala de equipos

Consideraciones para el diseño de una sala de equipos	
1	Posibilidad de crecimiento de equipos, así como también una expansión de la sala.
2	Evitar que la sala de equipos tenga lugares húmedos en paredes o techo.
3	Debe permitir el acceso a grandes equipos.
4	El tamaño mínimo que se recomienda es de 13.5 m ² (3.7 x3.7 m)
5	Debe estar cerca a la canalización del back-bone
6	No debe tener ventanas hacia el exterior.
7	El rack de equipos debe tener paneles de 480 mm para montaje de equipos y poseer ventilación forzada.
8	Evitar radiación electromagnética, vibraciones. Tener buena iluminación, altura, prevención de incendios, aterramientos.

Fuente: (ANSI/TIA/EIA 569-C, 2012)

2.8.1.3 Canalizaciones de Montantes (Back-Bone)

Depende del tipo de estructura donde se implementará, estas pueden ser internas y externas.

2.8.1.3.1 Canalizaciones externas.

Son las canalizaciones que interconectan las instalaciones de entrada a varias edificaciones en un conjunto. La norma permite canalizaciones subterráneas, aéreas y en túneles. (ANSI/TIA/EIA 569-C, 2012)

2.8.1.3.2 Canalizaciones internas.

Son llamadas “montantes”, y son las que enlazan el espacio de las conexiones de entrada al edificio con la sala de equipos o sala de Telecomunicaciones. Pueden ser canaletas, ductos, bandejas, escalerillas y deben ser verticales u horizontales. (ANSI/TIA/EIA 569-C, 2012)

- **Canalizaciones internas verticales.-** en edificios, son las que unen las “instalaciones de entrada” con la “sala de equipos”. Están alineadas

verticalmente y pasan por cada piso. Puede ser hecha con ductos, bandejas, escalerillas.

- **Canalizaciones internas horizontales.**- cuando las instalaciones de entrada no están en línea vertical, es necesario canalización horizontal para el cableado back bone. Se puede utilizar ductos, bandejas o escalerillas y se pueden montar adosadas a las paredes, sobre el cielo raso o debajo del piso. (ANSI/TIA/EIA 569-C, 2012).

2.8.1.4 Sala de telecomunicaciones.

Es el espacio que contiene los equipos que sirven de transición entre el Back-Bone y la canalización del cableado horizontal. En este espacio pueden ir equipos activos como Switches, ODF como punto de terminación e interconexión de la fibra. En este espacio no pueden estar equipos de respaldo de energía.

Es recomendable que esta sala se ubique en el centro del área a servir. Debe tener un espacio de Telecomunicaciones en cada piso. (ANSI/TIA/EIA 569-C, 2012). Las recomendaciones principales se presentan en la tabla 8.

Tabla 8: Recomendaciones para una sala de telecomunicaciones

Recomendaciones para una sala de Telecomunicaciones	
1	Si el edificio tiene más de 1000 m ² , debe existir más de una sala de destinada para telecomunicaciones.
2	La distancia de la tubería horizontal, debe ser máximo 90 m.
3	Debe tener buena iluminación, paredes de colores claros.
4	No debe tener cielo raso.
5	Debe tener una acometida eléctrica independiente con energía de reserva.
6	El sitio debe tener ventilación y si es necesario se implementa aire acondicionado.
7	Contar con una conexión a tierra, según la norma ANSI/TIA 607-B.

Fuente: (ANSI/TIA/EIA 569-C, 2012)

2.8.1.5 Canalizaciones horizontales. Son las canalizaciones que unen la sala de Telecomunicaciones con las áreas de trabajo. Se deben diseñar según la norma TIA-568, para soportar cables UTP o fibra óptica. Las canalizaciones que permite el estándar TIA 569 se indican en la tabla 9.

Tabla 9: Canalizaciones permitidas

Canalizaciones permitidas	
1	Ductos bajo el piso
2	Ductos por debajo de piso falso
3	Bandejas porta cables
4	Ductos sobre cielo raso
5	Ductos perimetrales

Fuente: (ANSI/TIA/EIA 569-C, 2012)

En el caso de la instalación de ductos se debe seguir las recomendaciones de la tabla 10.

Tabla 10: recomendaciones para la instalación de ductos.

Recomendaciones para la instalación de ductos	
1	Los ductos o tuberías deben sobresalir de la pared, entre 2.5 y 7.5 cm.
2	Deben estar por encima de 2.4 m.
3	Los sujetadores de la tubería deben estar máximo a un 1.5 m de distancia.
4	Deben soportarse directamente a la pared o varillas del edificio, no se recomienda sujetar al cielo falso.
5	Para sistemas fijos y permanentes se puede utilizar tubería metálica.
6	Se permite la utilización de tubería flexible metálica, pero entamos menores a 6 m. se debe proteger los filos abrasivos.
7	No se puede superar los 30 m de tubería entre dos puntos de revisión.
8	La tubería debe ser ocupada máximo un 40 %.

Fuente: (ANSI/TIA/EIA 569-C, 2012)

2.8.1.6 Área de trabajo.

Son los espacios donde están los usuarios, lugares de trabajo o sitios que necesiten de telecomunicaciones. En estas áreas pueden estar computadores, teléfonos, cámaras de video, monitores de video, alarmas, impresoras, etc. (ANSI/TIA/EIA 569-C, 2012)

2.8.2 Estándar ANSI/TIA 568-C

Es una actualización del estándar EIA 568-B a partir del año 2010.

Esta norma describe requerimientos mínimos para la instalación de redes dentro de oficinas, tanto para cobre, como para fibra óptica.

Es una familia de cuatro documentos individuales. A continuación la subdivisión:

- **ANSI/TIA/EIA 568-C.0:** Estándar general para el cableado de telecomunicaciones en cobre o fibra óptica en diferentes locaciones. Se incluyen procedimientos para el cableado y pruebas de campo.
- **ANSI/TIA/EIA 568-C.1:** Estándar específico que establece los requisitos de diseño para el cableado de telecomunicaciones en edificios comerciales.
- **ANSI/TIA/EIA 568-C.2:** Estándar para sistemas de cableado de telecomunicaciones con par trenzado balanceado de cobre.
- **ANSI/TIA/EIA 568-C.3:** Estándar para sistemas de telecomunicaciones con fibra óptica.

2.8.2.1 Estándar ANSI/TIA/EIA 568-C.0:

Este estándar es la base para la planificación, e instalación de sistemas de cableado de Telecomunicaciones en edificios u otros espacios. Se complementa con otras normas específicas que tiene el TIA 568- C.1.

Se puede encontrar normativas obligatorias y opcionales, las obligatorias empiezan con “debe” y las opcionales comienzan con la palabra “debería” o “podría”.

Este estándar especifica requerimientos para cableado genérico de telecomunicaciones, sistemas de cableado estructurado, topologías y distancias. También tiene recomendaciones para instalación, mantenimiento y pruebas. (ANSI/TIA/EIA 568C.0, 2009)

2.8.2.1.1 Componentes de un sistema de cableado de Telecomunicaciones.

Los elementos que comprenden un sistema de cableado de Telecomunicaciones que establece el estándar son: equipos de salida, distribuidores y subsistemas de cableado.

Este estándar define los componentes que se presentan en la tabla 11.

Tabla 11: Componentes de un sistema de telecomunicaciones

Componentes de un sistema de telecomunicaciones		
1	Subsistema de cableado 1	Conecta el área de trabajo con el distribuidor A
2	Subsistema de cableado 2	Conecta el distribuidor A al siguiente nivel de distribución (B)
3	Subsistema de cableado 3	Conecta el distribuidor C con el distribuidor intermedio B.
4	Distribuidor A	Distribuidor donde se conectan las áreas de trabajo.
5	Distribuidor B	Distribuidor intermedio
6	Distribuidor C	Es el distribuidor principal del edificio
7	Equipos de salida	Tomas de comunicación en el área de trabajo

Fuente: (ANSI/TIA/EIA 568C.0, 2009)

Estos elementos se detallan en la figura 17.

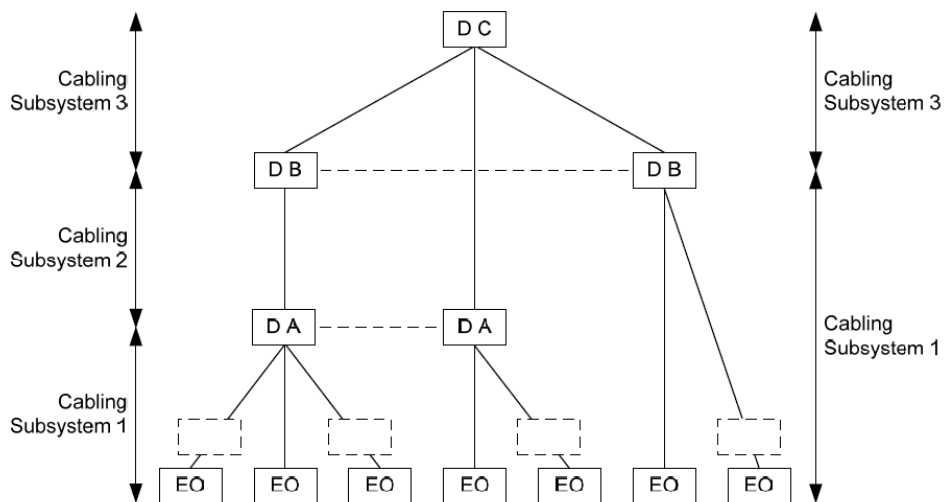


Figura 17: Elementos que comprenden un sistema de cableado genérico.

Fuente: ANSI/TIA/EIA 568-C.0


EO: Equipo de salida.

DA: Distribuidor A.

DB: Distribuidor B.

DC: Distribuidor C.

----- Cable opcional

 Punto de consolidación opcional.

2.8.2.1.2 Topología

El cableado debe instalarse con una topología estrella jerárquica. No puede haber más de dos distribuidores entre el distribuidor A y el C. También se puede realizar otro tipo de topologías, si algún equipo o subsistema lo necesite. (ANSI/TIA/EIA 568C.0, 2009)

Los medios reconocidos que se pueden usar individualmente o combinados son:

- Cable de cobre de par trenzado. (ANSI/TIA/EIA 568-B.1 y B.2).
- Fibra óptica Multimodo. (ANSI/TIA/EIA 568-C.3).
- Fibra óptica Monomodo. (ANSI/TIA/EIA 568-C.3).

2.8.2.1.3 Requerimientos para la instalación del cableado.

El estándar exige algunas normas para la instalación de fibra:

Tabla 12: Máxima tensión y mínimo radio de curvatura

Cable type and installation details	Maximum tensile load during installation	Minimum bend radii while subjected to	
		maximum tensile load (during installation)	no tensile load (after installation)
Inside plant cable with 2 or 4 fibers installed in Cabling Subsystem 1	220 N (50 lbf)	50 mm (2 in)	25 mm (1 in)
Inside plant cable with more than 4 fibers	Per manufacturer	20-times the cable outside diameter	10-times the cable outside diameter
Indoor/outdoor cable with up to 12 fibers	1335 N (300 lbf)	20-times the cable outside diameter	10-times the cable outside diameter
Indoor/outdoor cable with more than 12 fibers	2670 N (600 lbf)	20-times the cable outside diameter	10-times the cable outside diameter
Outside plant cable	2670 N (600 lbf)	20-times the cable outside diameter	10-times the cable outside diameter
Drop cable installed by pulling	1335 N (300 lbf)	20-times the cable outside diameter	10-times the cable outside diameter
Drop cable installed by directly buried, trenched or blown into ducts	440 N (100 lbf)	20-times the cable outside diameter	10-times the cable outside diameter

Fuente: ANSI/TIA/EIA 568-C.0

Tabla 13: Recomendaciones para el cableado

Recomendaciones para el cableado	
1	La fijación del cable no debe ser ajustada para que tenga libre movimiento
2	El cable no puede someterse a una tensión mayor a la especificada
3	El radio de curvatura será igual o mayor al que se muestra en la tabla 12
4	No utilizar abrazaderas o grapas para soportar los cables de fibra óptica
5	Los patch cord deben ser del mismo tipo de fibra de la instalación
6	Tener en cuenta la polaridad física.

Fuente: (ANSI/TIA/EIA 568C.0, 2009)

2.8.2.1.4 Pruebas de campo.

Contiene especificaciones para las pruebas de campo, como longitud, pérdidas y polaridad. Se debe seguir las siguientes recomendaciones:

Tabla 14: Recomendaciones para pruebas en campo

Recomendaciones para pruebas de campo	
1	La medida de atenuación no debe incluir elementos activos
2	El cable del subsistema 1 se debe medir en una dirección y con una longitud de onda de 850 nm, 1300 nm para Multimodo y 1310 nm, 1550 nm para monomodo.
3	Las fibras ópticas que componen los subsistemas 2 y 3, se deben medir en una sola dirección.

Fuente: (ANSI/TIA/EIA 568C.0, 2009)

Para calcular la atenuación de un enlace de fibra se sigue la siguiente fórmula:

$$At \text{ de enlace (dB)} = At \text{ del cable} + \text{pérd. de ins. conect.} + \text{pérd. ins. uniones.} \quad \text{Ec. 2.1}$$

Donde:

Atenuación del cable = máximo coeficiente de atenuación del cable (dB/Km) *
Distancia (Km).

Perdida de inserción de conectores = número de pares de conectores * perdida de un conector (dB).

Perdida de inserción de las uniones = número de uniones * perdida de una unión (dB). (ANSI/TIA/EIA 568C.0, 2009).

2.8.2.1.5 Normativa de polaridad.- (Anexo B).

Existen varios métodos para mantener la polaridad en sistemas de Fibra óptica, el método de polaridad dúplex y el de polaridad matriz. Se debe seguir los lineamientos siguientes:

- En el sistema de polaridad dúplex las dos posiciones del conector y adaptador SC pueden ser identificadas como posición A y posición B. La marca es puesta en fábrica o con la instalación, de la forma que se observa la figura 18.

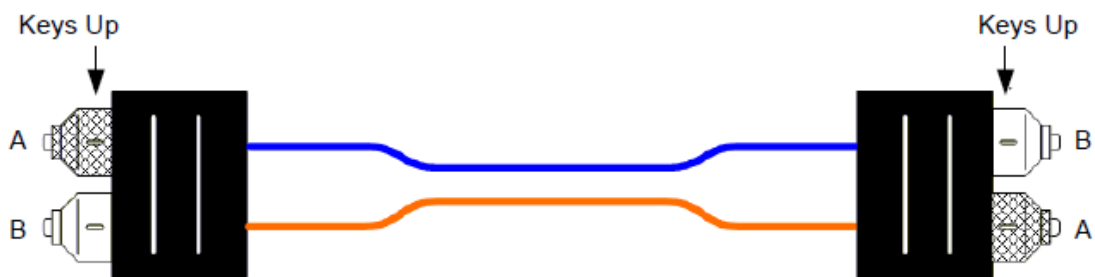


Figura 18: Patch-Cord de fibra óptica A –B

Fuente: ANS/TIA/EIA 568-C.0

En la implementación de sistemas, se utiliza el método de posicionamiento consecutivo y el reverso.

En el posicionamiento consecutivo los adaptadores deben instalarse en la misma posición en cada extremo del cable. Ejemplo: En un extremo A-B, A-B, A-B y en el otro extremo B-A, B-A, B-A, como se representa en la figura 19. (ANSI/TIA/EIA 568C.0, 2009)

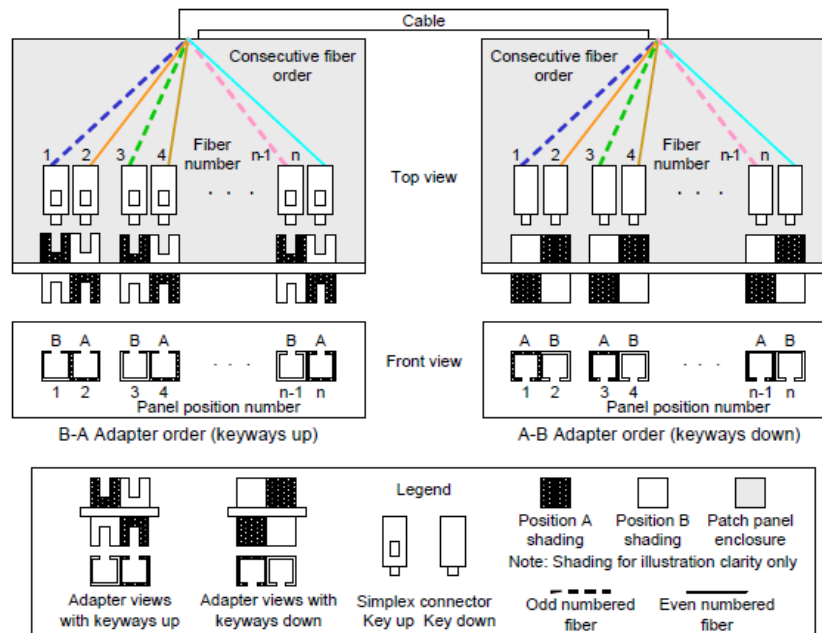


Figura 19: Posicionamiento consecutivo

Fuente: ANSI/TIA/EIA 568-C.0 Anexo B

2.8.2.2 Estándar ANSI/TIA/EIA 568-C.1.

El objetivo de este estándar es normar la instalación de comunicaciones en un edificio comercial. La norma establece criterios técnicos para varios tipos de cableado, configuraciones de acceso y conexión con sus elementos. La aplicación de la norma en el diseño y aplicación de métodos de instalación influyen en la vida del producto y la sostenibilidad de los equipos electrónicos. El estándar establece una estructura de cableado que se basa en la norma ANSI/TIA/EIA 568-C.0, este aplica para una estructura de un edificio comercial. Los elementos para un sistema de cableado se muestran en la tabla 15:

Tabla 15: Elementos de un sistema de cableado

Elementos de un sistema de cableado	
1	Instalaciones de entrada
2	Sala de Telecomunicaciones
3	Cableado Backbone (Cableado de subsistema 3)
4	Cableado Horizontal (Cableado de subsistema 2)
5	Área de trabajo

Fuente: (ANSI/TIA/EIA 568-C.1, 2009)

2.8.2.2.1 Instalaciones de entrada.

Tiene que ver con los cables, conectores, accesorios de protección, y otros equipos que conectan al proveedor de servicios.

La vía de acceso y los espacios se diseñan de acuerdo a la norma ANSI/TIA/EIA 569-C. Los elementos de protección para los cables del Backbone pueden estar en este sitio.

2.8.2.2.2 Sala de equipos.

Es un cuarto de telecomunicaciones o sitio de telecomunicaciones por la complejidad de sus equipos. En esta sala puede estar el cross-connect principal que corresponde al distribuidor C, el cross-connect intermedio que corresponde al distribuidor B, o el distribuidor A que corresponde al cross-connect horizontal.

La sala de equipos puede tener hardware de conexión, cajas de empalmes, puesta a tierra y equipos de protección. En este lugar se realiza la administración y ruteo de los cables desde el main cross-connect a los equipos de telecomunicaciones. (ANSI/TIA/EIA 568-C.1, 2009)

2.8.2.2.3 Sala de telecomunicaciones.

Es un punto de acceso común para el cableado Backbone y el cableado interno, pueden contener los tres tipos de distribuidores con sus respectivos cross-connect. Debe ser diseñada de acuerdo con la norma ANSI/TIA/EIA 569-C.

La conexión cruzada con jumper o patch cords permite flexibilidad en las comunicaciones cuando se tiene que extender varios servicios para telecomunicaciones. En esta sala pueden estar los main cross-connect o los cross-connect intermedios. La distancia máxima permitida para estos cables es de 90 m. (ANSI/TIA/EIA 568-C.1, 2009)

2.8.2.2.4 Cableado Backbone.

Es el cableado principal en un sistema de comunicaciones dentro de un edificio, es aquel que distribuye la señal a las salas o áreas de comunicaciones, que según el estándar TIA 569-C, existe en un edificio comercial. Debe cumplir los requerimientos de la tabla 16:

Tabla 16: Recomendaciones para el cableado Backbone

Recomendaciones para el cableado Backbone	
1	El cableado Backbone tendrá una topología en estrella jerárquica, según el requerimiento de la norma ANSI/TIA/EIA 568-C.0.
2	Tener máximo dos niveles jerárquicos de cross-connect. En el horizontal un nivel de cross-connect.
3	En el caso del cableado con fibra óptica, permite eliminar un Cross-Connect del cuarto de Telecomunicaciones.
4	Las conexiones del Cross-Connect principal no deben exceder los 20 m, los que conectan al cuarto de telecomunicaciones, no exceder los 30 m, esto se aplica a cable de par trenzado.
5	Se permiten los cables de par trenzado, fibra multimodo 50/125 y 62.5/125 μm y fibra Monomodo.

Fuente: (ANSI/TIA/EIA 568-C.1, 2009)

2.8.2.2.5 Cableado Horizontal.

Incluyen todas las conexiones entre la sala de telecomunicaciones y el área de trabajo, puntos de consolidación y demás patch-cords en esta área. Debe satisfacer las recomendaciones de la tabla 17.

Tabla 17: Recomendaciones para el cableado horizontal.

Recomendaciones para el cableado horizontal	
1	Satisfacer necesidades futuras de ampliación, mantenimiento continuo, reubicación y cambios de servicios.
2	Ser en estrella jerárquica, como se puede observar en la figura 20.
3	Los conectores del final de la fibra deben ser dúplex
4	No debe superar los 90 m con cualquier tipo de medio que se utilice.
5	Los patch-cords que interconectan el Cross-Connect horizontal, o los que conectan a los equipos del Back-Bone, no exceder los 5 m de longitud.
6	Se permite utilizar cable UTP, fibra multimodo y fibra monomodo.

Fuente: (ANSI/TIA/EIA 568-C.1, 2009)

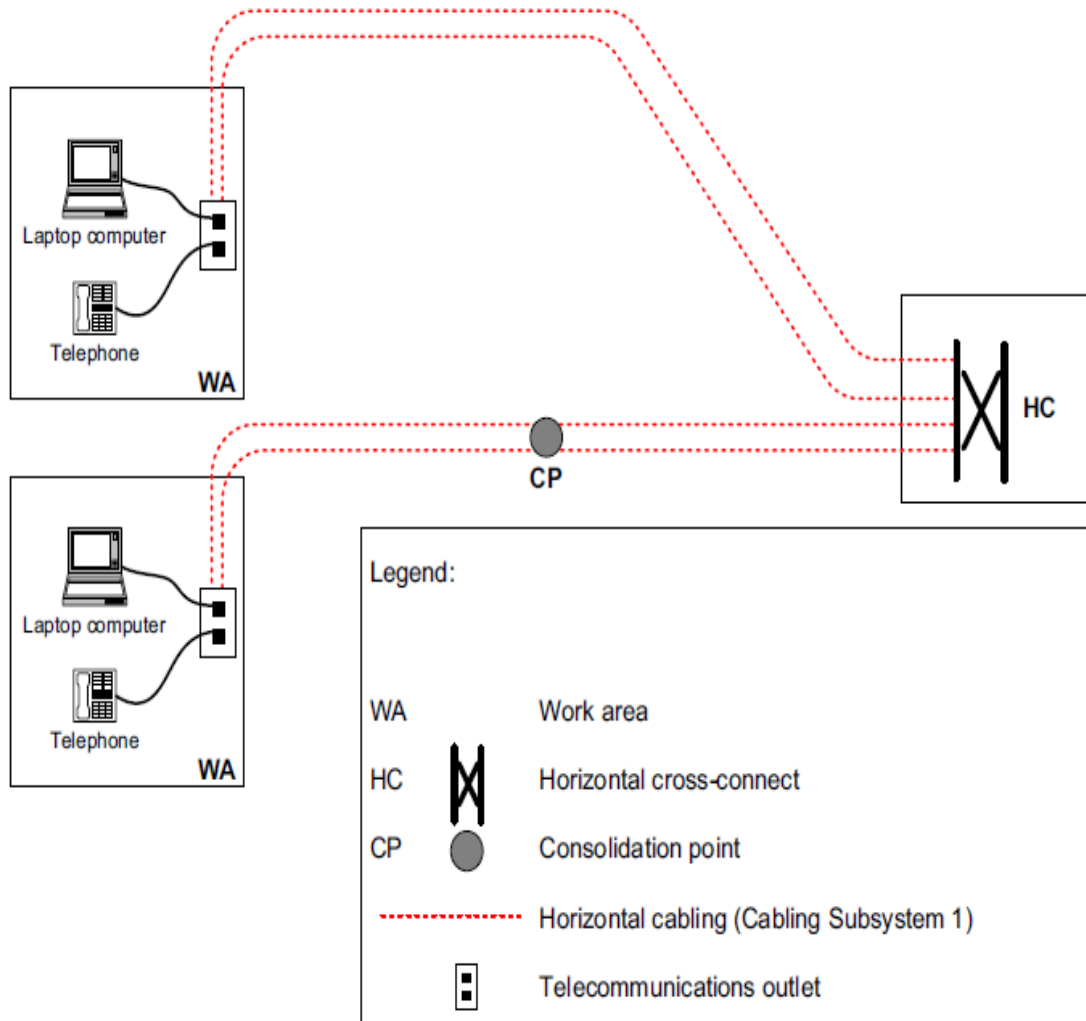


Figura 20: Topología del cableado horizontal

Fuente: ANSI/TIA/EIA 568-C.1

2.8.2.2.6 Área de trabajo.

Es el área a la que se conecta el último subsistema de la red y están los terminales que contienen los servicios a disposición del usuario final.

2.8.2.3 Estándar ANSI/TIA/EIA 568-C.3

El objetivo de este estándar es que los fabricantes, diseñadores de redes, instaladores, cuenten con los parámetros necesarios para que las redes realizadas con fibra óptica, sean seguras, eficientes y durables en el tiempo.

El cableado de fibra óptica debe cumplir las especificaciones de la tabla 18.

Tabla 18: Especificaciones para el cableado de fibra óptica

Optical fiber and cable type ²	Wavelength (nm)	Maximum attenuation (dB/km)	Minimum overfilled modal bandwidth-length product (MHz-km) ¹	Minimum effective modal bandwidth-length product (MHz-km) ¹
62.5/125 µm Multimode TIA 492AAAA (OM1)	850	3.5	200	Not Required
	1300	1.5	500	Not Required
50/125 µm Multimode TIA 492AAB (OM2)	850	3.5	500	Not Required
	1300	1.5	500	Not Required
850 nm Laser-Optimized 50/125 µm Multimode TIA 492AAAC (OM3)	850	3.5	1500	2000
	1300	1.5	500	Not Required
Single-mode Indoor-Outdoor TIA 492CAA (OS1) TIA 492CAAB (OS2) ³	1310	0.5	N/A	N/A
	1550	0.5	N/A	N/A
Single-mode Inside Plant TIA 492CAA (OS1) TIA 492CAAB (OS2) ³	1310	1.0	N/A	N/A
	1550	1.0	N/A	N/A
Single-mode Outside Plant TIA 492CAA (OS1) TIA 492CAAB (OS2) ³	1310	0.5	N/A	N/A
	1550	0.5	N/A	N/A

NOTES
 1 - The bandwidth-length product, as measured by the fiber manufacturer, can be used to demonstrate compliance with this requirement.
 2 - The fiber designation (OM1, OM2, OM3, OS1 and OS2) corresponds to the designation of ISO/IEC 11801 or ISO/IEC 24702.
 3 - OS2 is commonly referred to as "low water peak" single-mode fiber and is characterized by having a low

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

Las fibras ópticas pueden seleccionarse según su aplicación; en la tabla 18 se tiene una clasificación. Además se deben cumplir las recomendaciones en la instalación que se muestra en la tabla 19:

Tabla 19: Recomendaciones para la instalación de fibra óptica

Recomendaciones para la instalación de fibra óptica	
1	Un radio de curvatura máximo de 10 veces su diámetro cuando no están sometidas a alguna tensión y 20 veces sí la tiene.
2	Usar conductos para proteger los cables de fibra de la abrasión.
3	No utilizar abrazaderas o grapas para soportar el cable.
4	No retirar la cobertura del cable con cuchilla
5	Siempre limpiar e inspeccionar la férula del conector antes de conectar.
6	Verificar con un OTDR luego de la instalación para detectar micro curvaturas.
7	Dejar de dos a tres metros de cable de fibra en las cajas de revisión.
9	Dejar un metro de fibra antes de la toma final.

Fuente: (ANSI/TIA/EIA 568-C.3, 2008)

2.8.2.3.1 Hardware.

En esta sección se encuentra las recomendaciones para el uso de adaptadores y conectores para conexiones con fibra óptica, estas se muestran en la tabla 20:

Tabla 20: Recomendaciones para conexiones de fibra óptica.

Recomendaciones para conexiones de fibra óptica	
1	Para las conexiones de fibra monomodo, todo conector es de color azul.
2	La pérdida de inserción de los conectores es máximo 0.75 dB, con dos conectores unidos, a una temperatura entre -10° C a 60°C y humedad de 95%. Se permite una variación máxima de 0.4 dB en condiciones extremas.
3	La pérdida de retorno con fibras monomodo, es mínimo 26 dB, y con fibras multimodo, 20 dB. Para aplicaciones de video análogo y CATV 55 dB.
4	Los empalmes mecánicos o fusionados tienen una pérdida de inserción máxima de 0.3 dB y una pérdida de retorno mínima igual a la de los conectores

Fuente: (ANSI/TIA/EIA 568-C.3, 2008).

En los conectores dúplex, las fibras deben colocarse como A y B. En la figura 21 se muestra la posición de un conector 568SC con respecto a su claveta.

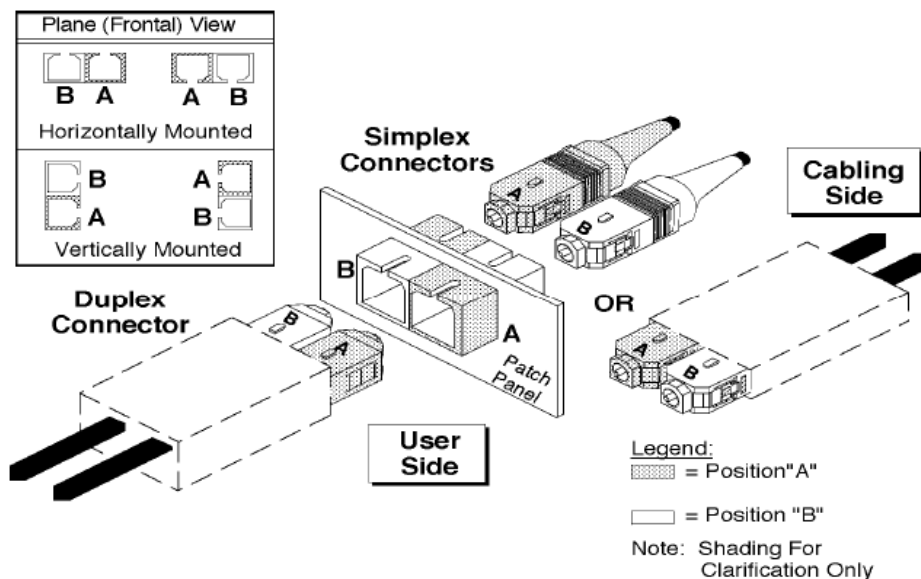


Figura 21: Posición de un conector 568SC

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

Esta configuración debe ser tomada para todo tipo de conectores dúplex.

2.8.2.3.2 Patch cords y transiciones para fibra óptica.

Los patch cords se utilizan en la conexión de los cross-connect con la sala de telecomunicaciones y demás equipos.

Existen los patch cords simples, que tiene una sola fibra y los dúplex que tienen dos fibras. En los patch cords dúplex, de acuerdo con la polaridad mecánica, se tiene de tipo A-B y A-A.

En el primero de polaridad inversa, la posición A de un extremo conecta con la posición B en el otro extremo. En el segundo, de polarización directa, la posición A de un extremo conecta con la posición A del otro extremo e igualmente la posición B. La figura 22 presenta los tipos de patch cords. (ANSI/TIA/EIA 568-C.3, 2008)

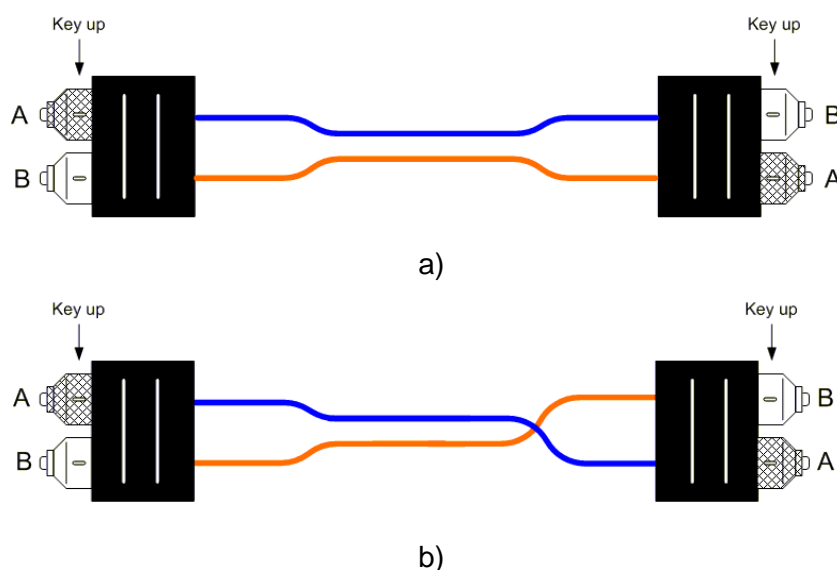


Figura 22: Patch cords según la polaridad. a) Posición A-B. b) Posición A-A

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

2.8.3 Estándar ANSI/TIA/EIA 526-7

Este estándar tiene las directrices y procedimientos para mediciones de fibra óptica monomodo en campo, longitud, pérdida de inserción y pérdida de retorno.

A una fibra instalada se debe realizar mediciones para asegurar un buen funcionamiento. En una red de fibra óptica existen, conectores, adaptadores, terminaciones, que influyen en la atenuación de los enlaces; así como también la fibra tiene diferente atenuación según la longitud de onda transmitida.

La atenuación medida deberá ser siempre menor a la atenuación calculada.

La prueba de nivel 1 consiste en verificar la longitud y polaridad de la fibra. La prueba de nivel 2, consiste además de las pruebas de nivel 1, el uso de un OTDR (Optical Time Domain Reflectometer) para medir la pérdida de inserción de los conectores y la atenuación de la fibra.

Esta norma describe los instrumentos que se utilizan en las pruebas de campo, estos son: el OTDR, OLT (Optical Line Termination), Power Meter y VFL (Visual Fault Locator). (ANSI/TIA/EIA 526-7, 2011)

2.8.3.1 Pruebas de pérdida óptica:

Es la medición básica de la fibra, para la cual se utiliza un OLT y un Power Meter (medidor de potencia óptica). El OLT transmite una señal láser que es medida en el otro extremo de la fibra por el Power Meter. (ANSI/TIA/EIA 526-7, 2011)

2.8.3.1.1 Fuente de Luz Visible (VFL).

Es una fuente de láser visible (630-655 nm) que se utiliza para ver la continuidad de la fibra, identificar conectores en paneles de distribución, detectar roturas o dobleces de la fibra. (ANSI/TIA/EIA 526-7, 2011)

2.8.3.1.2 OTDR.

Sirve para medir la longitud de la fibra, detectar anomalías en la fibra instalada, y evaluar la uniformidad en conectores y empalmes. El equipo envía pulsos de alta potencia hacia la fibra y mide la que regresa al equipo en función del tiempo. La potencia de retorno es producida por la retro-dispersión de la luz desde el material de la fibra y los cambios en el índice de refracción en las uniones. Esto se grafica en la pantalla. (ANSI/TIA/EIA 526-7, 2011)

Para la medición con los instrumentos, se debe seguir las recomendaciones de la tabla 21.

Tabla 21: Recomendaciones para mediciones de fibra óptica

Recomendaciones para mediciones de fibra óptica	
1	Usar adaptadores apropiados para la interconexión de fibras a los equipos.
2	Asegurar que todos los conectores o adaptadores estén limpios, antes, durante y después de la prueba.
3	Comprobar que todos los cables de prueba estén correctos.
4	Verificar que los cables de prueba sean de una calidad aceptable para que soporten el uso intensivo. Si no cumple hay que reemplazarlos.
5	Asegurarse que el OLT y el Power Meter estén en la misma longitud de onda.
6	Verificar que la fuente de láser este encendida un tiempo mínimo de 15 minutos, antes de iniciar la prueba.
7	Comprobar que los cables de prueba y el cable de lanzamiento sean bajo recomendación del fabricante del instrumento. Deben ser del mismo núcleo.

Fuente: (ANSI/TIA/EIA 526-7, 2011)

2.8.3.2 Mediciones de atenuación.

La atenuación en un enlace de fibra se mide con un OLT y un Power Meter, para asegurar la calidad y el funcionamiento de los componentes que se instalan. El uso de OLT requiere cables de prueba de calidad para tomar el nivel de referencia entre el OLT y el Power Meter. La medida de atenuación siempre se compara con la atenuación teórica. (ANSI/TIA/EIA 526-7, 2011)

2.8.3.2.1 Configuración de referencia.

La medición de referencia se toma al conectar el jumper de prueba entre el OLT y el Power Meter, la fibra que se utiliza para esta conexión debe tener una espira de 30 mm de diámetro cerca al OLT, como se muestra en la figura 23.

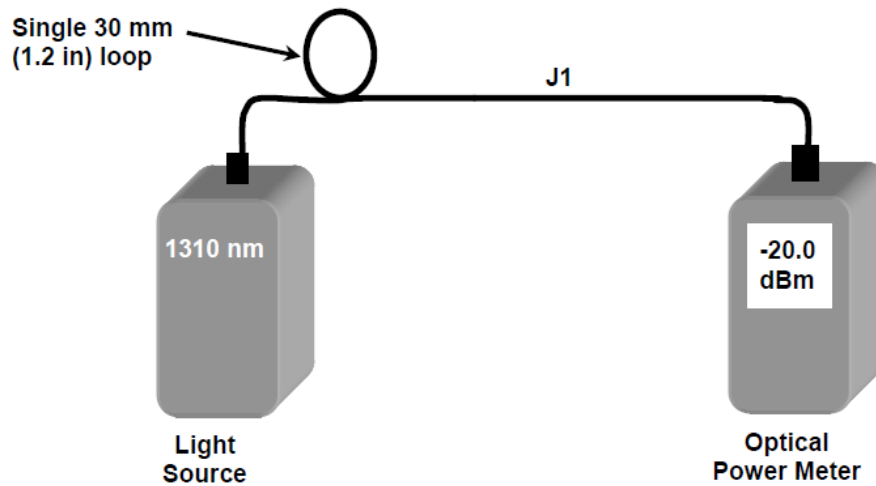


Figura 23: Conexión para referencia

Fuente: ANSI/TIA/EIA 526-7

2.8.3.2.2 Medición de atenuación del enlace.

Para esta medida se utilizan dos jumpers de prueba. Los pasos para realizar esta medición se muestran en la tabla 22.

Tabla 22: Pasos para la medición de atenuación de un enlace de fibra

Pasos para la medición de atenuación de fibra	
1	Verificar la calidad del jumper de prueba.
2	Configurar la referencia.
3	Medición de atenuación del enlace.
4	Cálculo de la atenuación del enlace y comparar.

Fuente: (ANSI/TIA/EIA 526-7, 2011)

Para la medida de atenuación de un enlace de fibra se utiliza dos jumpers de prueba, uno entre el OLT y el enlace en prueba y otro que conecta desde la fibra en prueba al Power Meter, como se indica en la figura 24.

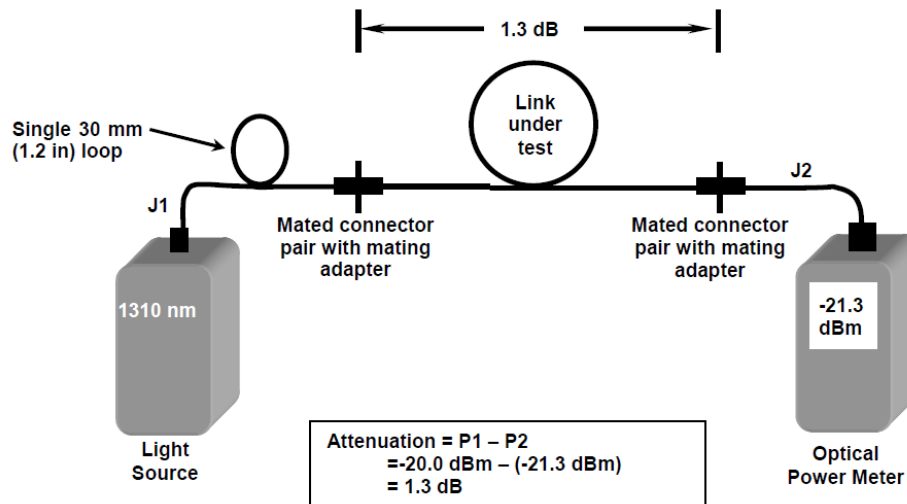


Figura 24: Medida de atenuación de un enlace de fibra óptica

Fuente: ANSI/TIA/EIA 526-7

2.8.3.2.3 Cálculo de atenuación del enlace.

Para calcular la atenuación del enlace se resta la potencia recibida con el cable de prueba y la potencia recibida a través del enlace en medición. (ANSI/TIA/EIA 526-7, 2011)

$$\text{Perdida del enlace}(dB) = P1(dBm) - P2(dBm) \quad \text{Ec. 2.2}$$

P1= Potencia medida con el cable de referencia.

P2 = Potencia medida con los tres cables que se conectan.

2.8.3.3 Mediciones con el OTDR.

Con este instrumento se puede realizar varias medidas que se representan gráficamente en una pantalla; en el trazo vertical se expresa el nivel en dB y en el trazo horizontal se tiene la longitud según la escala configurada. El OTDR se conecta con el enlace de fibra a través de un cable que se llama “Cable de zona muerta”, la longitud de este cable generalmente es determinada por el fabricante del equipo. Si el fabricante no indica este dato, la longitud usual para la medición de fibra monomodo es de 300 m. En la medición de reflexión del conector de fin del enlace, se conecta un cable de fibra al final, este cable se llama “Fibra de recepción”. La conexión del OTDR se observa en la figura 25. (ANSI/TIA/EIA 526-7, 2011)

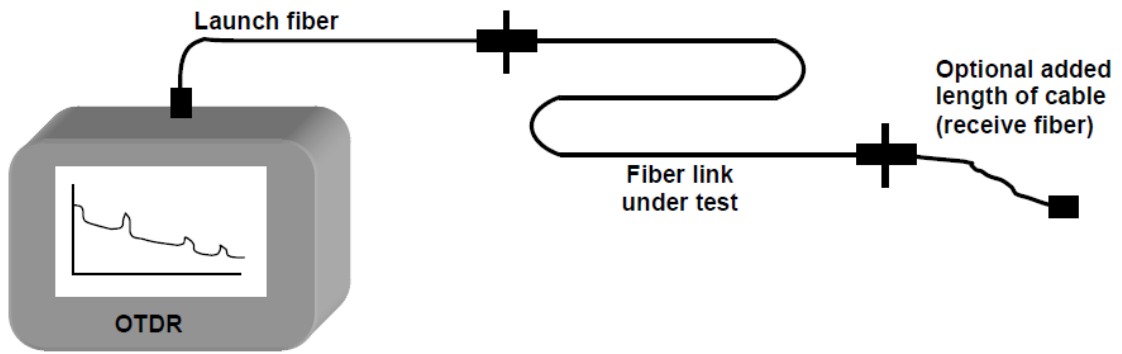


Figura 25: Medida de una fibra con el OTDR

Fuente: ANSI/TIA/EIA 526-7

2.8.3.3.1 Interpretación de la medida de longitud con OTDR.

Antes de realizar una medida, se configura el equipo de acuerdo con las recomendaciones del fabricante. Para medir la longitud de la fibra en prueba, se coloca el primer cursor al inicio del primer pico de reflexión (Z_0), y el otro cursor al inicio del segundo pico de reflexión (Z_1). La diferencia entre los dos puntos marcados, indica la longitud de la fibra que está en medición. (ANSI/TIA/EIA 526-7, 2011). Gráficamente se explica en la figura 26.

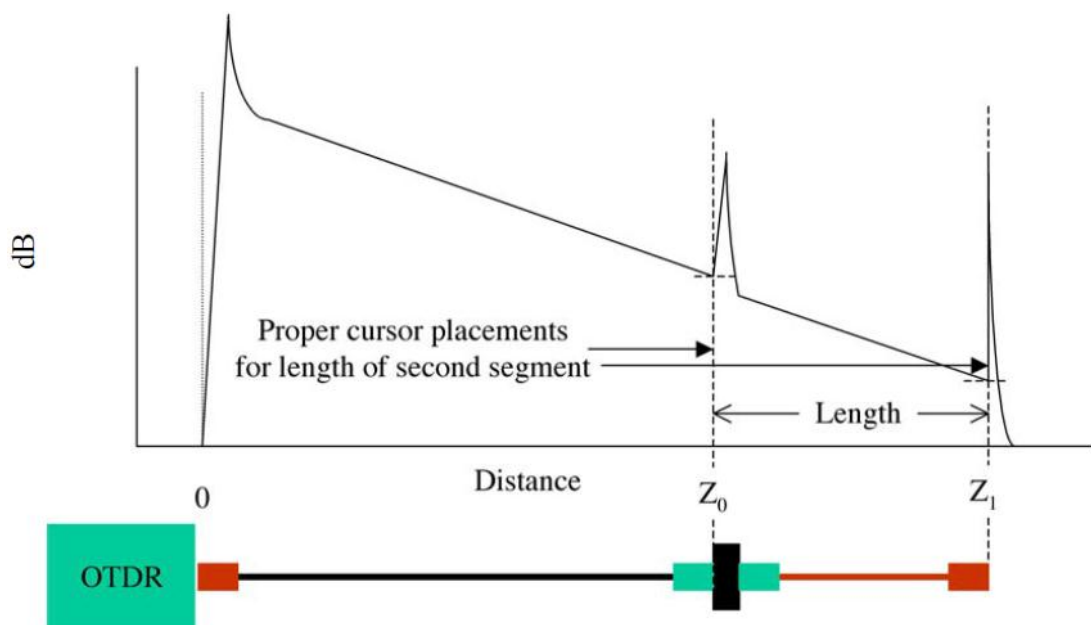


Figura 26: Trazo de la medida de longitud de una fibra

Fuente: ANSI/TIA/EIA 526-7

2.8.3.3.2 Interpretación de la medición de atenuación en el OTDR.

Para la medida de atenuación de un tramo de fibra se coloca el primer cursor al inicio de la línea recta, después del pico de reflexión inicial y el otro cursor al final de la línea recta, antes del pico de la segunda reflexión. La atenuación es medida en dB/Km y resulta de la diferencia de las medidas P_1 menos P_2 , dividido para la diferencia de las medidas de longitud Z_1 y Z_2 , esto se observa en la figura 27. (ANSI/TIA/EIA 526-7, 2011)

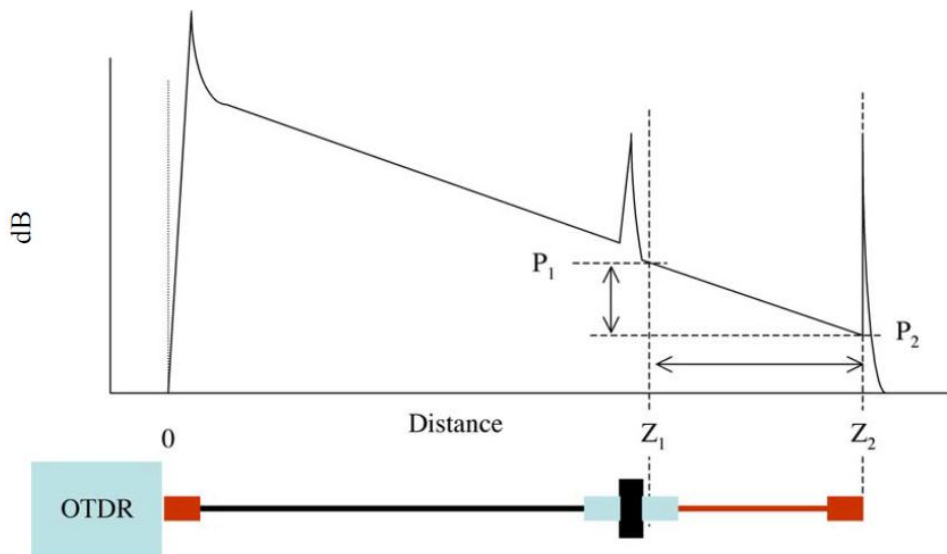


Figura 27: Medida de coeficiente de atenuación de un tramo de fibra.

Fuente: ANSI/TIA/EIA 526-7

También se utiliza el método de “least squares analysis” (LSA), esta medida toma una estadística y saca la mejor línea recta entre los dos cursores, con esta forma es más exacta la medición.

2.8.3.3.3 Interpretación de la medición de pérdida de inserción.

En esta medición se puede usar el método de “dos puntos”, se pone los dos cursores a los dos lados de un evento de reflexión que produce una unión. El primer cursor se ubica al final de la primera línea recta, antes del evento de reflexión, y el segundo cursor se debe ubicar en el inicio de la segunda línea recta al final del evento de reflexión. La pérdida de inserción es la diferencia de la potencia medidas en los dos puntos. La medida se aprecia en la figura 28. (ANSI/TIA/EIA 526-7, 2011)

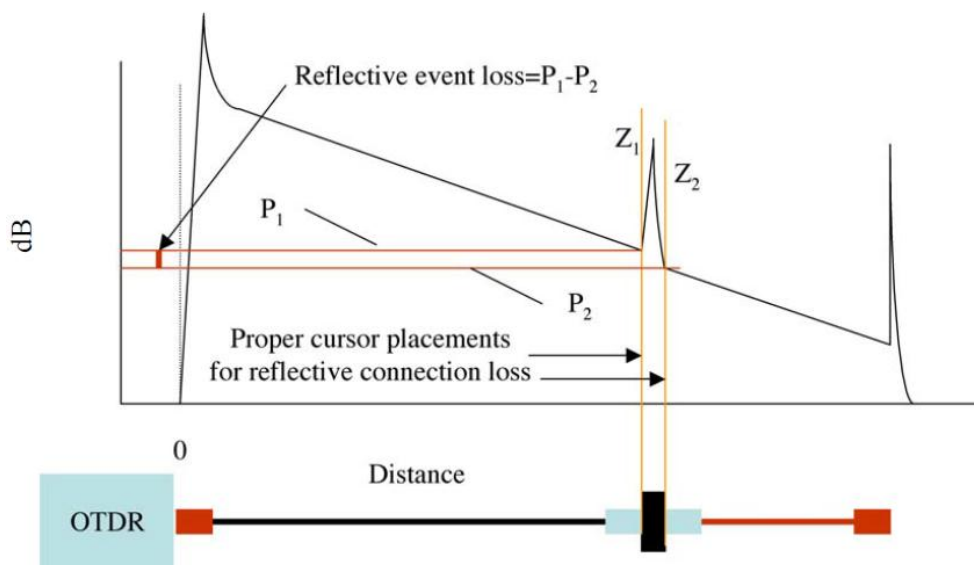


Figura 28: Medida de pérdida de inserción de una unión

Fuente: ANSI/TIA/EIA 526-7

2.8.3.4 Documentación.

La documentación de las pruebas y mediciones con instrumentos que debe ser guardada y presentada de acuerdo a la tabla 23 y 24.

Tabla 23: Documentación de mediciones con OLT

Documentación de las mediciones con OLT	
1	Fecha de la prueba.
2	Personal que hace la prueba.
3	Descripción del instrumento que se utiliza en la prueba, marca, modelo y número de serie.
4	Fecha de calibración.
5	Tipo y longitud de los patch cord de prueba.
6	Identificación de la fibra (ID).
7	Procedimiento y método que se utiliza (Para Monomodo TIA 526-7 y para Multimodo TIA-526-14-A).
8	Resultados de la pérdida del enlace (Incluye dirección) y longitud de onda utilizada.

Fuente: (ANSI/TIA/EIA 526-7, 2011)

Tabla 24: Documentación de mediciones con OTDR

Documentación de mediciones con OTDR	
1	Fecha de la prueba.
2	Personal que realiza la prueba.
3	Descripción del instrumento que se utiliza, marca, modelo, número de serie.
4	Fecha de calibración.
5	Tipo y longitud del cable de zona muerta que se utiliza.
6	Identificación de la fibra (ID).
7	Archivo de los trazos del OTDR, incluir los parámetros de configuración.
8	Longitud de onda utilizada en la medición.

Fuente: (ANSI/TIA/EIA 526-7, 2011)

2.8.4 Estándar ANSI/TIA/EIA 606-B.

Este estándar regula la administración de la infraestructura de telecomunicaciones. En la figura 29 se tiene una red de comunicaciones en un edificio que se administra según esta norma.

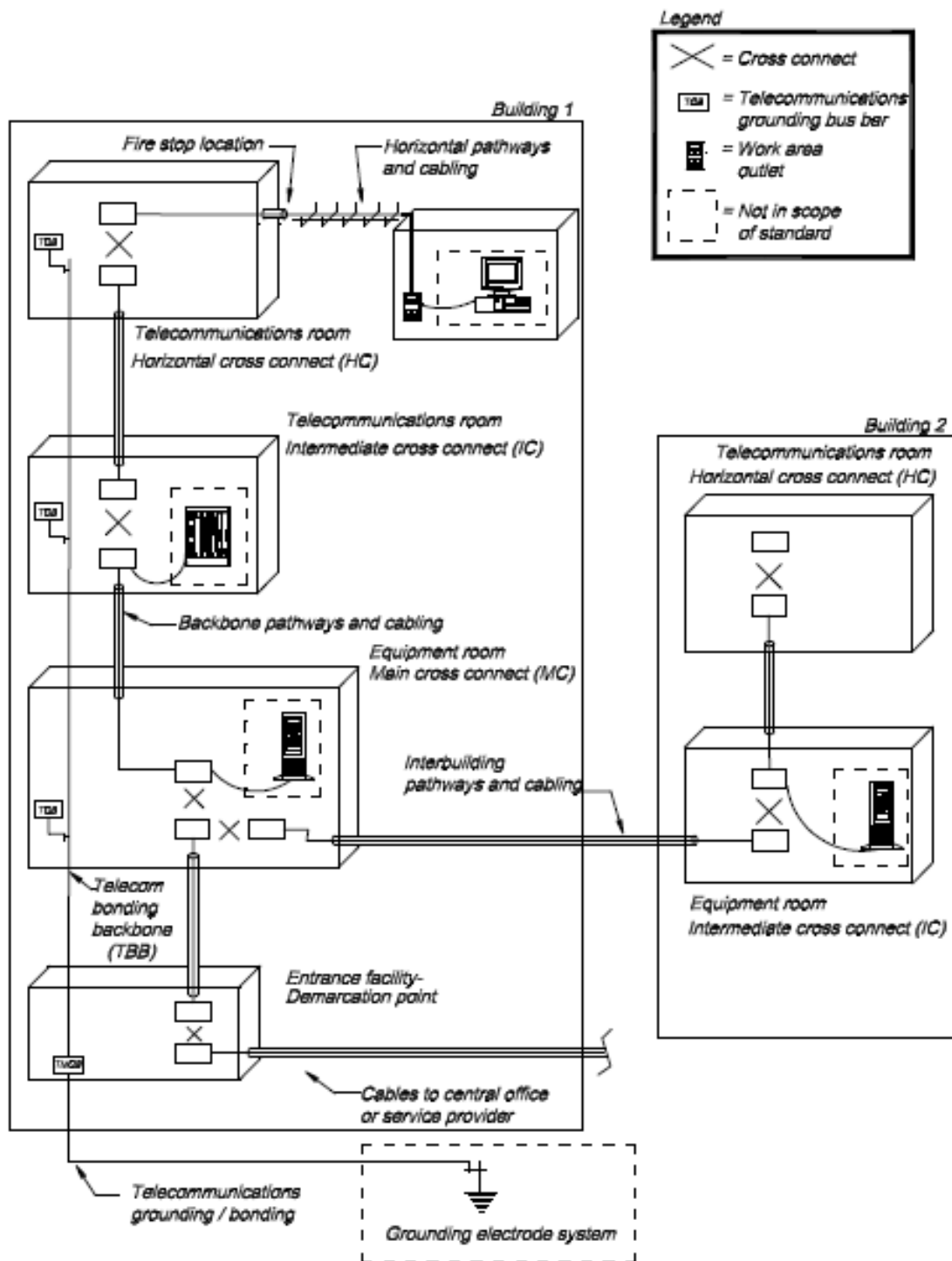


Figura 29: Elementos de una red de telecomunicaciones.

Fuente: (ANSI/TIA/EIA 606 B, 2012)

El estándar administra con las directrices de la tabla 25:

Tabla 25: directrices de administración de una red de telecomunicaciones

Directrices para la administración de una red	
1	Asigna identificadores a los componentes.
2	Especifica la información de los elementos que conforman el registro en cada identificador.
3	Especifica la relación entre los registros para acceder a la información que ellos contienen.
4	Especifica los reportes que contiene información de los grupos de registros.

Fuente: (ANSI/TIA/EIA 606 B, 2012)

Se especifican cuatro clases de administración para cubrir los grados de complejidad de la infraestructura. La administración se puede gestionar a través de tablas en papel, un software específico o una gestión automatizada de infraestructuras. Deben estar disponible los dibujos donde estén todos los elementos identificados de la infraestructura. (ANSI/TIA/EIA 606 B, 2012)

2.8.4.1 Clase 1.

Es para administrar un sistema que consta de un cuarto de equipos, no tiene sala de telecomunicaciones, cableado de subsistema 2 y subsistema 3. Los elementos que deben ser etiquetados se indican en la tabla 26.

Tabla 26: Elementos a etiquetar en Clase 1

Elementos a etiquetar en Clase 1	
1	Sala de equipos y rack o cabina
3	Patch panel o bloque de terminación.
4	Puerto de patch panel e identificadores de posición del bloque de terminación.
5	Cables entre racks.
6	Cableado del subsistema 1.
7	La TMGB y TGB

Fuente: (ANSI/TIA/EIA 606 B, 2012)

2.8.4.2 Clase 2.

Puede tener uno o más cuartos de telecomunicaciones además de los elementos de la clase 1. Incluye los identificadores del cableado de los subsistemas 2 y 3, elementos de unión y sistemas de puesta a tierra. (ANSI/TIA/EIA 606 B, 2012). Los elementos que se etiquetan, además de los de la clase 1, son:

- Subsistema de cableado 2 y 3 (Backbone)
- Puertos del subsistema de cableado 2 y 3.

2.8.4.3 Clase 3.

En esta clase de administración es para sistemas que además de los elementos de la clase 2 se tenga elementos de planta externa, otros edificios, vías y espacios. (ANSI/TIA/EIA 606 B, 2012)

En esta clase se aumenta el etiquetado de:

- Identificador del edificio.
- Identificador del cable del campo.
- Identificador de la fibra en el campo.

2.8.4.4 Clase 4.

Se ocupa de la administración de sistemas de múltiples edificios o campus, identificadores de todos los sitios de planta externa. (ANSI/TIA/EIA 606 B, 2012)

2.8.4.5 Formatos de etiquetado.

Cuarto de equipos o Telecomunicaciones.- consta de dos partes: "fs.". , donde "f" es el número del piso y "s", el número de aula. Ej.: 3SE309. La etiqueta se coloca en un sitio visible al interior de la sala. (ANSI/TIA/EIA 606 B, 2012)

Rack o cabinas.- para identificar el rack se realiza mediante las coordenadas "x" y "y" de ubicación dentro de la sala. El punto de partida puede ser una de las esquinas donde no se tenga previsto una expansión. Las coordenadas "x" serán en letras y las "y" en números. Ej. AB04. La etiqueta debe estar en la parte frontal y trasera.

Cuando son pocos racks en una sala se puede usar un etiqueta simple con el número de rack. Ej. Rack 1 (ANSI/TIA/EIA 606 B, 2012)

Patch panel y bloque de terminación.- se toma como base el etiquetado del rack de acuerdo a las coordenadas de ubicación, además se pone la referencia de ubicación vertical en el rack de acuerdo con el número de unidades (La unidad superior).

Ej. AB04-36.

Donde:

AB04= ubicación del rack por coordenadas “x” y “y”

36 = Unidades de rack contadas desde el piso hasta la ubicación del equipo.

La etiqueta con la otra forma es R1-36, significa que el equipo está ubicado en el Rack 1 en la unidad de rack 36. (ANSI/TIA/EIA 606 B, 2012)

Patch de fibra.- para equipos que están en la misma sala, se sigue el mismo proceso y se toman como base el rack, el equipo; y se aumenta el pódico que sale en el local, separado con la letra “a” se escribe el rack, el equipo y el puerto remoto. Ej. AB04-36p5 a AA02-24p10. Cuando el patch conecta dos equipos en diferentes salas del mismo edificio es necesario que el etiquetado tenga el código del piso y la sala, con lo cual queda de la siguiente forma:

3SE-309.AB04-36p5 a 3SE-309.AA02-24p10.

De la otra forma es: 3SE-309.R1-36p5 a 3SE-309.R2-24p10

Donde:

3SE = piso 3 sala de equipos.

309 = número de aula o sala.

R1 = rack 1.

36 = unidad de rack de ubicación del equipo al cual se conecta el patch.

p5 =puerto al que se conecta el patch cord.

2.8.5 Estándar ANSI/TIA/EIA 607-B-1.

Este estándar tiene las recomendaciones necesarias para realizar un buen sistema de tierra en un edificio.

2.8.5.1 TMGB (Telecommunications Main Ground Bar).

El sistema de tierra parte con la conexión de un cable desde una tierra principal en el suelo a una barra TMGB. Este cable debe estar etiquetado, tener color verde y mínimo ser número 6 AWG. La TMGB se ubica en el lugar destinado para las instalaciones de entrada. Hay que procurar que el cable de tierra sea lo más directo posible. (ANSI/TIA/EIA 607-B, 2011). La figura 30 detalla un diagrama de un sistema de aterramiento

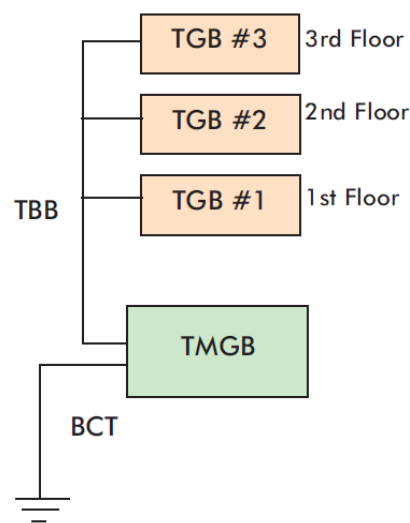


Figura 30: Sistema de aterramiento para telecomunicaciones en un edificio.

Fuente: (ANSI/TIA/EIA 607-B, 2011)

“La TMGB es una barra de cobre con huecos roscados según el estándar NEMA.” (Joskowicz, 2013). Esta barra puede tener la cantidad suficiente de perforaciones para las conexiones actuales y futuras. Tiene mínimo 6 mm de espesor, 100 mm de ancho y el largo va a depender de la cantidad de huecos necesarios. Esta barra se observa en la figura 31. (ANSI/TIA/EIA 607-B, 2011)

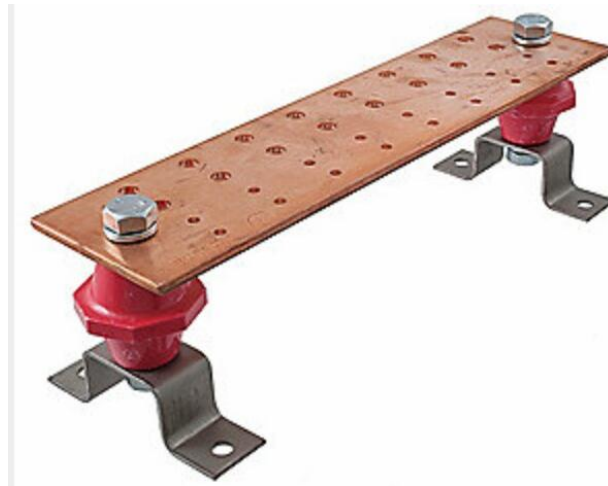


Figura 31: Barra principal de tierra para Telecomunicaciones

Fuente: (ANSI/TIA/EIA 607-B, 2011)

2.8.5.2 TGB: Telecommunications Ground Bar.

Es una barra para sitios o áreas más pequeñas. Esta barra se ubica dentro de la sala de equipos y es el punto de tierra para aterrizar los racks. Las dimensiones recomendadas son: mínimo 6 mm de espesor, 50 mm de ancho y el largo de acuerdo a la cantidad de huecos necesarios.

En los racks debe existir también una barra de tierra (RGB= Rack Grounding Bussbar), ésta puede ser horizontal o vertical a lo largo de todo el rack, donde se conectarán los cables de tierra con los equipos internos (TEBC= “Telecommunication Equipment Bonding Conductor”). (Joskowicz, 2013)

2.8.6 Normativa de Protección Personal para obra civil

Según las recomendaciones de la Oficina Internacional del Trabajo, todo obrero que realice un trabajo donde implique riesgo para su integridad deben utilizar equipo de protección personal (EPP) adecuado.

Los objetivos principales para tener procedimientos de seguridad en el trabajo son:

- Impedir accidentes y enfermedades.
- Garantizar la realización correcta de un trabajo u obra.

Para determinar el tipo de equipo que utilizara el obrero, se realiza un análisis previo del tipo de riesgos a los que estará expuesto. (OIT, 2010)

2.8.5.1 Equipos de protección personal

Los equipos de protección personal deben cumplir con las siguientes características:

- **Homologación.-** verificar que el equipo este certificado por alguna institución de control nacional, como el INEN, o internacional, como la ANSI.
- **Calidad.-** existen equipos de diferente calidad, sin embargo si todos cumplen con los estándares de certificación, la calidad pasa a un segundo plano.
- **Comodidad.-** el trabajador debe sentirse cómodo al utilizar este equipo, el mismo que debe mantener las siguientes características: facilidad de movimiento, no obstrucción de visibilidad, temperatura estable y que vaya de acuerdo a su peso. Solo usar la protección estrictamente necesaria.
- **Mantenimiento.-** tiene que ver con la limpieza de los equipos, pero lo más importante es la inspección periódica para desechar las partes que tengan cualquier imperfección. Un equipo de protección nunca se repara o hace modificaciones, pues no se garantiza que cumpla las certificaciones iniciales del fabricante. Los fabricantes deben proporcionar las partes de repuesto debidamente certificadas.

Entre los EPP más importantes están los siguientes:

- **Protección para la cabeza.-** donde exista el riesgo de caída de objetos, golpes con partes salientes o riesgo eléctrico, se debe utilizar casco de seguridad.
- **Protección para ojos.-** cuando existen partículas en el aire, productos químicos, radiaciones (Ultravioleta, infrarroja, calórica), gases y vapores irritantes, se utiliza gafas con protectores laterales.
- **Protección para los oídos.-** por los ruidos continuos o de impacto, que superen los 85 dB(A), el trabajador puede utilizar protectores auditivos con una atenuación tal que el nivel del ruido no supere los 85 dB(A).
- **Protección respiratoria.-** cuando en el aire existen partículas de polvo, liquido rociado, vapores, humo, gases u organismos vivos, se utiliza respirador con filtro que proteja de la contaminación existente.
- **Protección de extremidades superiores.-** ante la presencia de polvo u otras partículas químicas que pueden causar alergias o quemaduras, se utiliza camisa de mangas largas. En las manos se porta guantes, mismos que serán seleccionados de acuerdo al tipo de riesgo.

- **Protección de extremidades inferiores.**- Los pies se protegen con el uso de calzado con punta de acero, para minimizar el riesgo de caída de objetos, golpes con objetos duros o riesgo eléctrico.
- **Protección general.**- la persona ropa y accesorios de material reflectante que sean visibles en caso de maquinaria en movimiento. La figura 32 presenta el equipo de protección personal (OIT, 2010)



Figura 32: Equipo de protección personal

Fuente: (OIT, 2010)

3. Presentación de resultados

3.1 Diseño de la red

En el diseño de esta red se toma como guía las recomendaciones de los estándares internacionales de instalación en edificios comerciales, que se detalló en la sección de fundamentación teórica.

El proyecto tiene dos fases, el cableado Backbone que distribuye fibra a las siete plantas del edificio de la Universidad Tecnológica Israel y el cableado horizontal en el tercer piso que distribuye fibra a cinco laboratorios desde la sala de equipos en el aula 309.

Las recomendaciones de la norma ANSI/TIA/EIA 569-C, 568-C, 526-7, 627-B.1 dan los lineamientos para realizar el diseño y la instalación, por lo que se considera cada una de las normativas específicas, las principales se detallan en la tabla 27.

Tabla 27: Recomendaciones generales para el diseño e implementación de una red

Recomendaciones generales para el diseño e implementación de una red	
1	La topología debe ser en estrella jerárquica.
2	La canalización del Backbone debe pasar junto a la sala de equipos
3	La sala de equipos debe ser un ambiente limpio y con temperatura controlada.
4	Las canaletas deben estar aterradas al sistema de tierra principal del área de comunicaciones.
5	La instalación de la fibra se debe realizar con precauciones de limpieza, radios de curvatura, tensión y estrechamiento.
6	Las férulas de los conectores deben limpiarse antes de cada conexión
7	Los conectores deben estar correctamente alineados y polarizados.
8	Las mediciones deben realizarse con instrumentos adecuados y calibrados.
9	Los resultados de las mediciones deben ser documentados.

Fuente: El autor

A continuación en la figura 33, se presenta el diseño general de la instalación, donde se observa el switch principal que distribuye señal a todas las fibras del

Backbone o subsistema 3; en cada piso debe existir un distribuidor óptico secundario para el cableado horizontal y en el área de trabajo otro distribuidor para dar señal a los usuarios, para completar los tres subsistemas de una topología en estrella jerárquica, que indica el estándar ANSI/TIA/EIA 568-C.0. En este proyecto se diseña el subsistema 3, que corresponde al Backbone y el cableado horizontal del tercer piso que corresponde al subsistema 2.

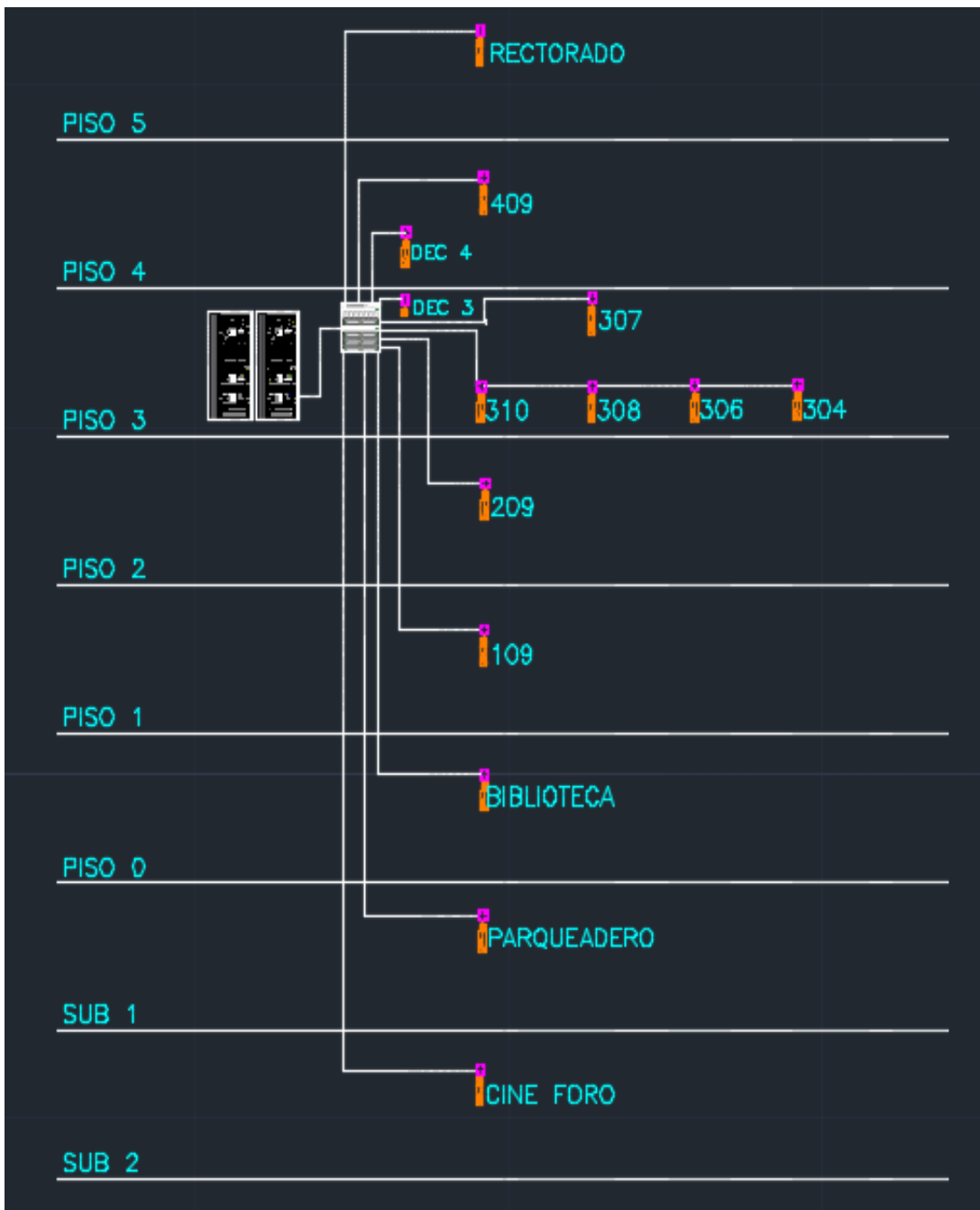


Figura 33: Diagrama general de toda la red

Fuente: El autor

La figura 34 presenta el plano del Backbone y el cableado al rectorado.

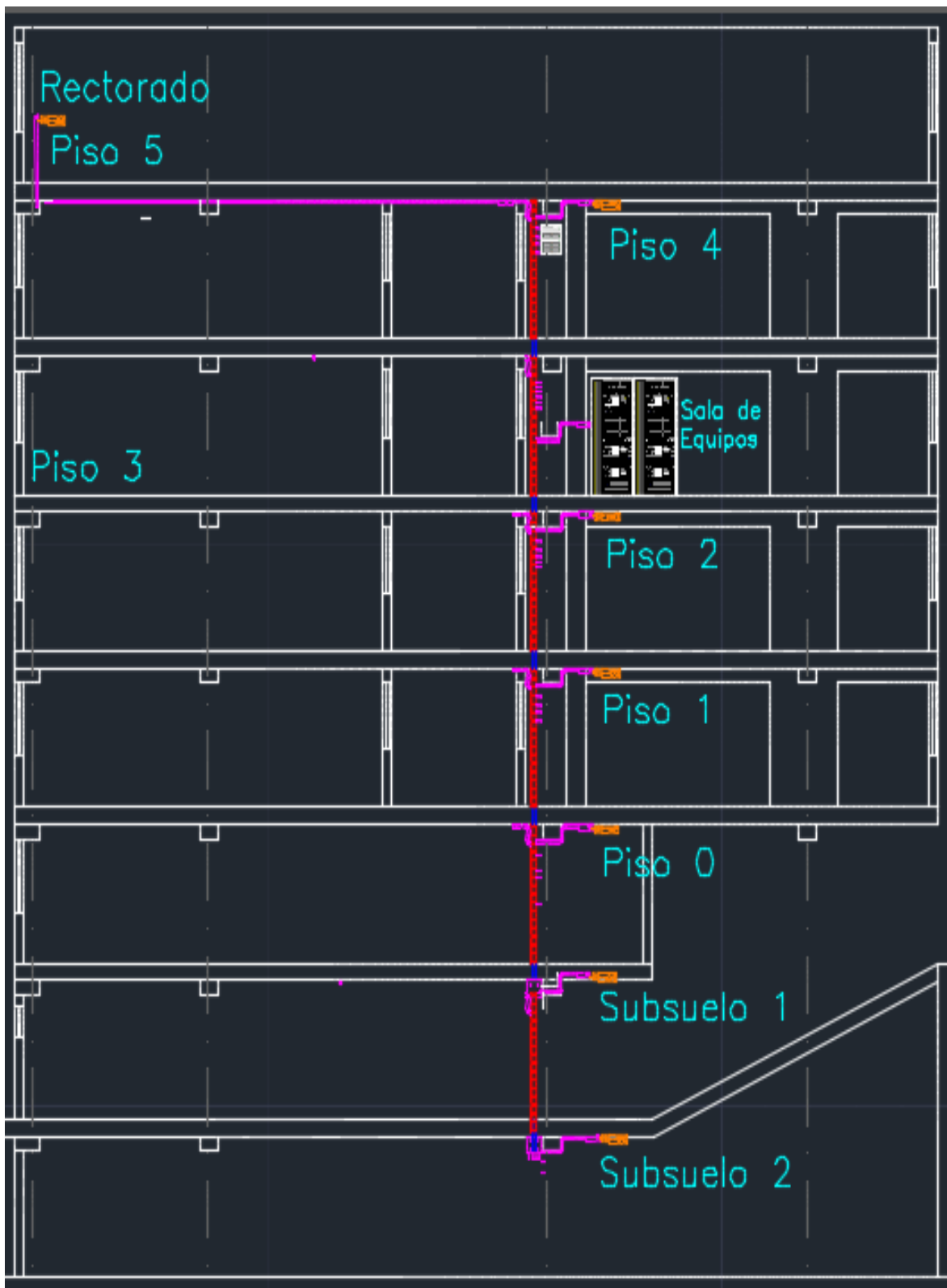


Figura 34 : Plano general del cableado back-bone en el edificio

Fuente: Grupo de fibra

En la figura 35 se tiene el plano del cableado horizontal en el piso 3 del edificio.



Figura 35: Plano de distribución horizontal en el tercer piso.

Fuente: Grupo de fibra

Según el diseño que propone el estándar ANSI/TIA/EIA 569-C y ANSI/TIA/EIA 568-C.1 debe haber un sitio para las instalaciones de entrada, sin embargo en el edificio de la Universidad Israel, no se considera ese sitio en este proyecto.

3.1.1 Sala de equipos:

En cumplimiento con las indicaciones del estándar ANSI/TIA/EIA-568-C.1, la sala de equipos de un edificio comercial tiene que situarse junto a la canaleta del backbone, tener un sistema de aterramiento para el rack de equipos, ser un ambiente cerrado, tener climatización, contar con buena iluminación y espacio amplio. De acuerdo al espacio disponible en la Universidad Israel la sala de equipos y telecomunicaciones comparten el mismo espacio, donde se instala el distribuidor principal que divide la señal a los subsistemas 2 y 3, según el estándar ANSI/TIA/EIA-C.0.

Para el montaje de los equipos activos y pasivos es necesario un rack, que será diferente al de servidores y distribución en cobre ya existente, el mismo que contará con un sistema de aterramiento como indica el estándar ANSI/TIA/EIA-607-B.1.

Topología: Los estandar ANSI/TIA/EIA-568-C.0 y ANSI/TIA/EIA-568-C.1 indica que la topología de una red en un edificio es en estrella jerarquica, es por eso que debe haber un distribuidor principal para el cableado backbone que corresponde al subsistema 3 y varios distribuidores secundarios para el cableado horizontal que componen los subsistemas 2 y que sirven a las areas de trabajo, como lo muestra la figura 36.

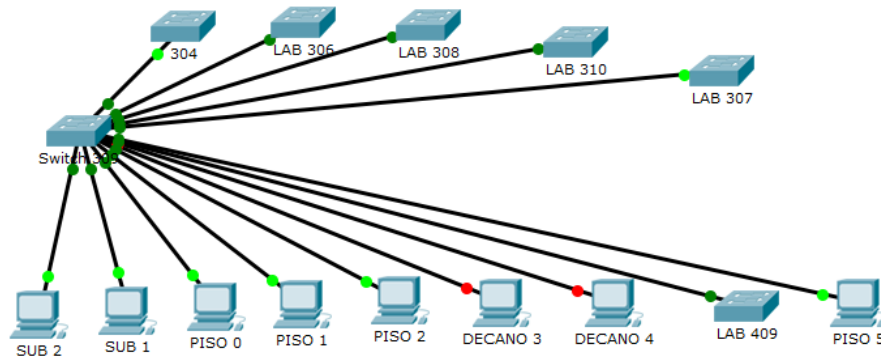


Figura 36: Diagrama general de la red de fibra óptica

Fuente: El autor

Como distribuidor principal se puede implementar un switch de mínimo 14 puertos ópticos, con su respectivo ODF y organizador para la distribución de fibras.

3.1.2 Cableado Back-bone:

El estándar ANSI/TIA/EIA 568-C.0 recomienda que el Backbone vaya por un lugar diferente a los ductos de ascensores u otros servicios que pueden poner en riesgo la operatividad de la fibra óptica.

Se recomienda usar canaleta cerrada, escalerilla o tubería. Lo ideal es canaleta cerrada para proteger la fibra de roedores, humedad y manipulación involuntaria. La fibra no va directamente sujeta a esta canaleta, se utiliza manguera plástica corrugada para mejor protección.

Para el diseño es necesario considerar las curvaturas de los ductos, los trayectos que estén libres de humedad o polvo especialmente en la sala de equipos, la tensión de la fibra en el circuito vertical, las cuales son pueden causar daño de la fibra o atenuación de señal óptica.

En la figura 37 se tiene una canaleta cerrada.

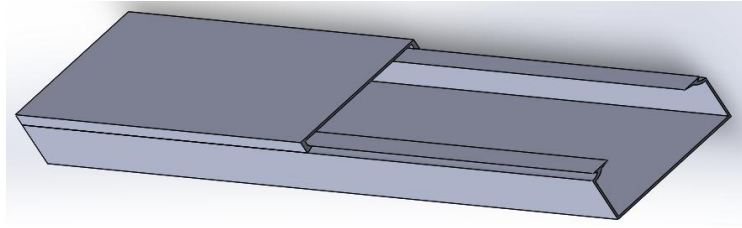


Figura 37: Canaleta para fibra Back-Bone

Fuente: El autor

La norma ANSI/TIA/EIA 568-C.0, indica que el radio de curvatura de la fibra sin tensión debe ser 10 veces su diámetro y con tensión, 20 veces su diámetro. En esta instalación se toma en cuenta las curvaturas de 90°, al poner elementos que permitan tener un radio mayor del recomendado. En el proyecto se utiliza fibra de diámetro 1.5 mm, por lo que el mínimo radio de curvatura es 1.5 cm. En la figura 38 se muestra el radio de curvatura.



Figura 38: Radio de curvatura

Fuente: (LLorente, 2011)

3.1.3 Cableado horizontal:

Al aplicar el estándar ANSI/TIA/EIA 568-C.1, este cableado debe seguir la misma topología en estrella jerárquica hacia los sitios de telecomunicaciones; al ser espacios pequeños, no es necesario un punto de consolidación.

Para pasar paredes y espacios poco accesibles, es necesario considerar la instalación con tubería metálica y así asegurar una protección y durabilidad que se recomienda.

En los cambios de dirección es necesario colocar cajas de revisión, en este caso de 20x20 cm, donde se deja una o más espiras de fibra, como se presenta en la figura 39.

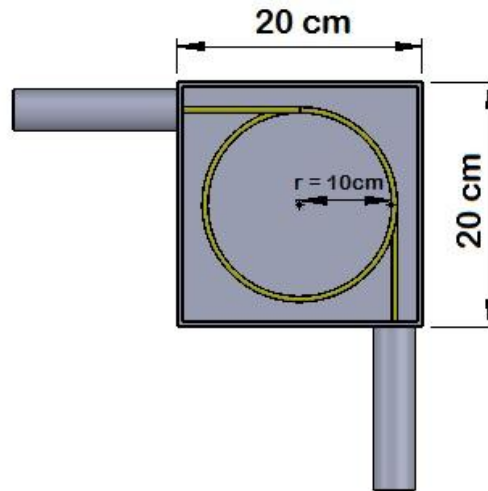


Figura 39: Circulación de la fibra en una esquina

Fuente: El autor

En los puntos terminales hay un conector unión doble SC-SC con tapas de protección, para la conexión al distribuidor del subsistema 1.

3.1.4 Áreas de trabajo:

En este proyecto no se considera modificar el área de trabajo, en el que la señal está distribuida con cableado con cobre UTP.

3.1.5 Mediciones:

Las mediciones que recomienda el estándar ANSI/TIA/EIA 526-7, se realizan de acuerdo con los procedimientos indicados para medir la pérdida de inserción y pérdida de retorno de cada una de las fibras. Para estas mediciones es necesario contar con un OLT o generador de láser, un power meter y un OTDR. Para las dos mediciones de pérdida es necesario contar con patch-cord de prueba, de las distancias que recomienda el estándar.

Todas las medidas deben ser documentadas en un protocolo de entrega, en la que consten todos los datos relacionados, como la fecha, el personal que realiza, las características y configuración de los equipos, longitud de onda de la medida, longitud de los patch cord de prueba y los métodos utilizados, en el caso de la pérdidas de

retorno se incluye los trazos del OTDR de cada medida con su interpretación respectiva.

3.1.5.1 Medición de pérdida de inserción:

Para estas medidas se utilizará OLT o un generador de señal láser y un power meter, también se puede realizar con un OTDR que tenga generador de señal. Para realizar esta prueba y de acuerdo al estándar ANSI/TIA/EIA 526-7, se escoge un patch cord de buena calidad de una longitud máxima de 5 m para que sirva de referencia entre la fuente luz y el medidor de potencia. La conexión, de acuerdo a la norma, será como indica la figura 40:

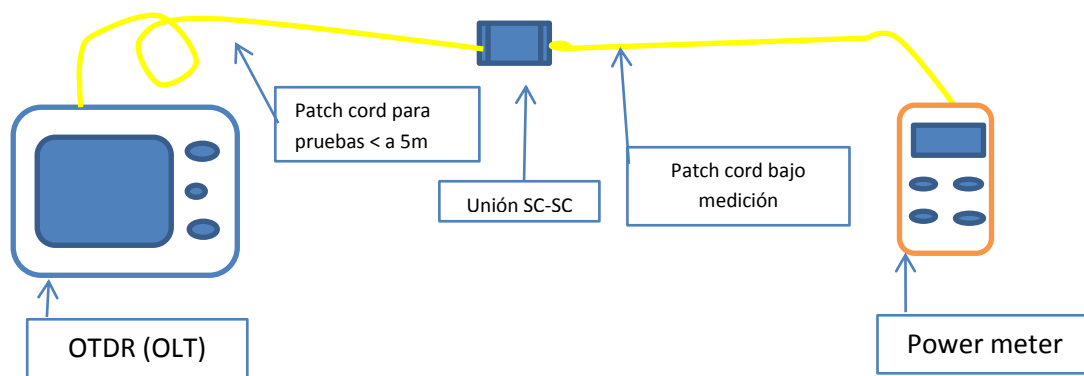


Figura 40: Medida de pérdida de inserción.

Fuente: El autor

3.1.5.2 Medición de pérdida de retorno

Esta medición se realiza con el OTDR, un patch cord de 300 m o de la longitud que indique las características del instrumento (Patch de zona muerta). Este patch cord se conecta entre el instrumento y la fibra a ser medida. En el final de la fibra en medición, es necesario otro patch cord de mínimo 10 m de longitud. En la figura 41 se indica las conexiones para la medición.

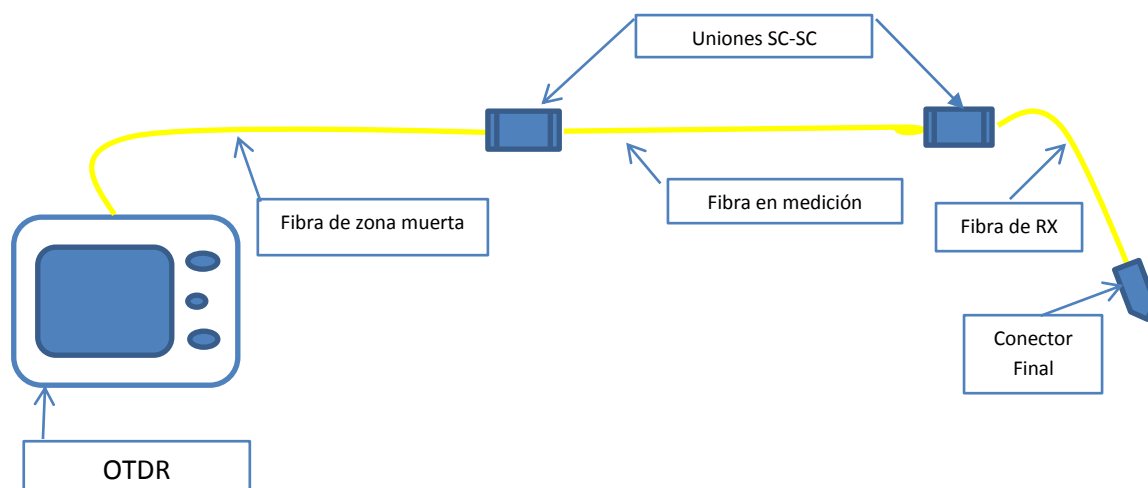


Figura 41: Medidas de pérdida de retorno

Fuente: El autor

3.2 Implementación.

Para la implementación se sigue las indicaciones de la normativa de espacios y canalizaciones ANSI/TIA/EIA 569-C, para adaptar la infraestructura existente en la Universidad y cumplir con las recomendaciones. Se considera como partes de la infraestructura para la red, la sala de equipos o sala de telecomunicaciones, que se ubica en el laboratorio 309; la canalización Backbone, que comprende la canaleta vertical que se extiende desde el subsuelo 2 hasta el piso 4; el cableado horizontal desde el Laboratorio 309 hasta los 5 laboratorios del piso 3, que se realiza con tubería conduit.

3.2.1 Sala de equipos:

En la sala de equipos se coloca un rack provisto de sistema de aterramiento y ventilación forzada en cumplimiento del estándar ANSI/TIA/EIA-569-C.

Para distribuir el cableado del subsistema 2 y 3, se instaló un único switch de marca CTC, modelo GSW-3420FM, que cuenta con veinticuatro puertos, veintidós de ellos son salidas ópticas 100/1000 base-x SPF y los dos restantes se utilizarán como entradas eléctricas con conector RJ45 10/100/1000 Base-T. Siete puertos están conectados al cableado Backbone y siete a los laboratorios del piso 3, decanato de sistemas y electrónica. Según la normativa, esta red debe contar con un switch para cada subsistema, pero por razones económicas no se contó con el otro.

En los veintidós puertos del switch se tiene los módulos tranceiver modelo SFS-7010-L31-DD (Q) con conector de TX y RX tipo LC, que cumple con el estándar IEEE 802.3z sobre la transmisión sobre fibra óptica de 1 Gbps.

Este switch cumple con los estándares IEEE 802.1x, en cuanto a los requerimientos para el control de acceso a la red. IEEE 802.1D, que se refiere a los procedimientos para el uso de puentes MAC, para la preservación del servicio y mantenimiento de la calidad. IEEE 802.1Q, el cual tiene los parámetros para tener más de una LAN en el mismo medio físico.

Para el conexionado del switch, se usa un organizador horizontal y un ODF (Óptica Distribution Fiber) con un panel de conexiones que permite el tratamiento de la fibra según indica el estándar ANSI/TIA/EIA 568-C.3.

El panel de conexiones tiene 48 puertos SC-SC, de los cuales están utilizados 42, y quedan 6 de back-up. Los equipos instalados se muestran en la figura 42.



Figura 42: Equipos para distribución de fibra

Fuente: Universidad Tecnológica Israel

3.2.2 Cableado Backbone:

El cableado Backbone corresponde al subsistema 3, que une el distribuidor principal al distribuidor intermedio que distribuye el cableado horizontal correspondiente al subsistema 2; sin embargo en este proyecto se integra en el mismo distribuidor los dos subsistemas.

La canalización para el cableado Backbone se implementa según el diseño, es una canalización vertical independiente que recorre las siete plantas del edificio de la Universidad Tecnológica Israel, para cumplir con la recomendación ANSI/TIA/EIA 568-C.1, se permite que pase por la sala de Equipos. Esta canalización se hizo con canaletas metálicas de 15 cm cubiertas.

La fibra óptica que corresponde al Backbone se instala dentro de mangueras plásticas corrugadas, estas son fijadas a los soportes de la canaleta, esto permite que la fibra quede libre y no sujeta directamente, según indica la norma ANSI/TIA/EIA 568-C.3. Esto se puede observar en la figura 43.

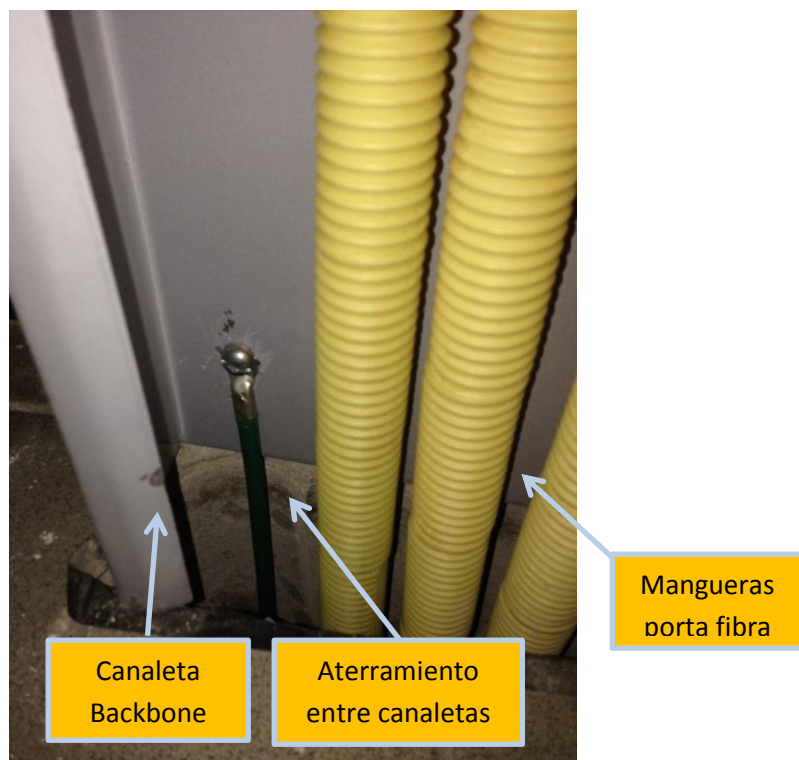


Figura 43: Canalización y cableado Backbone

Fuente: Universidad Tecnológica Israel

La canalización Backbone lleva el cableado de fibra desde el distribuidor principal hasta cada uno de los pisos, donde deberá instalarse un distribuidor horizontal, o switch, para distribuir al subsistema 2 según el estándar ANSI/TIA/EIA-568 C.1.

Las canaletas están aterradas al sistema de tierra central del edificio, como se recomienda en la norma ANSI/TIA/EIA 607-B.1, según se presenta en la figura 43.

3.2.3 Cableado Horizontal:

Para soportar el cableado horizontal se utiliza tubo conduit de una pulgada de diámetro, con el objetivo de proteger las fibras. Para los cambios de dirección en las paredes se utiliza cajas de revisión, donde la fibra tiene un radio de giro mayor a 5 cm, que supera la recomendación del estándar ANS/TIA/EIA 568-C.3. En las uniones de la tubería a las cajas y paredes, esta implementa tubería BX y así evitar curvas cerradas de 90°, como se observa en la figura 44.



Figura 44: Acoplamiento de los tubos a las cajas de revisión

Fuente: Universidad Tecnológica Israel

Cuando se corta la manguera BX, es necesario proteger el contorno que queda abrasivo y que puede dañar la fibra. Esta protección se muestra en la figura 45.



Figura 45: Protección en los fillos de la manguera BX
Fuente: Universidad Tecnológica Israel

En las cajas donde termina la fibra se tiene una reserva de 1 m, de acuerdo a lo que exige el estándar ANSI/TIA/EIA 568-C.0 y C.3, eso se indica en la figura 45.

Para la sujeción al interior de las cajas y en los sitios que hay más de una fibra, se utiliza velcro para abrazar las fibras y evitar que la amarra plástica las sujete directamente, esto cumple con la recomendación del estándar ANSI/TIA/EIA 568-C.0 y C.3, como se observa en la figura 46.



Figura 46: Fibra en las cajas de revisión
Fuente: Universidad Tecnológica Israel

Al final de las fibras del cableado horizontal se deja un conector dúplex, donde debe conectarse el distribuidor A que distribuye la señal al subsistema 1 como sugiere el estándar ANSI/TIA/EIA 568-C.0

Los conectores de salida en la caja de revisión son uniones SC-SC dúplex y están marcadas con las siglas A y B, de acuerdo al estándar ANSI/TIA/EIA 568-C.0 que norma la polaridad mecánica. En la figura 47 se muestra una caja con el conector de salida.



Figura 47: Conector dúplex de final de fibra

Fuente: Universidad Tecnológica Israel

3.2.4 Mediciones:

Según el estándar ANSI/TIA/EIA-526-7, las mediciones que se realizaron son: pérdida de inserción y pérdida de retorno. Para la ejecución de las mediciones se utiliza un OTDR y un medidor de potencia óptica.

También se realizó medidas de BER tipo loop, con un analizador de datos, con el cual se insertó 155 Mbps a todas las fibras instaladas en el edificio de la Universidad Tecnológica Israel.

Antes de realizar cualquier medición o conexión de una fibra se limpió las férulas de los conectores con alcohol isopropílico, para cumplir con el estándar ANSI/TIA/EIA-568-C.3.

Características de los equipos:

OTDR:

Marca:	YOKOGAWA
Modelo:	AQ7270.
Serie:	91G252583
Lugar de fabricación:	Japón
Año de fabricación:	2007.



Figura 48: OTDR
Fuente: El autor

Medidor de potencia:

Marca: WaveTester.
 Modelo: WT-11C.
 Serie: WT60023.
 Lugar de fabricación: EE.UU.
 Año de fabricación: 2007



Figura 49: Power Meter
Fuente: El autor

3.2.4.1 Medición de pérdida de inserción.

Para la medida de pérdida de inserción, se utilizó un patch cord de 5m, que se conecta entre el OTDR y panel de distribución que está en la sala de equipos, al cual llegan todas las diferentes fibras de la red. En el patch cord de enlace se hace una espira, según indica la recomendación del estándar ANSI/TIA/EIA 526-7.

La medición tomada se compara con el dato que se calcula según indica el estándar de la fibra y conectores. El coeficiente de pérdida de la fibra es 0.4 dB/Km. La pérdida de dos conectores es 0.75 dB máximo. La medida se realiza en dBm, se presenta en la figura 50.



Figura 50: Medida de pérdida de inserción.

Fuente: El autor

La potencia de la fuente de láser del OTDR, es alrededor de 5 dBm, este valor se comprueba con el patch cord de prueba y es el nivel promedio de referencia para las medidas; si al conectar una fibra entre el patch cord de prueba y el medidor de potencia, la medida que resulta se resta de la medida obtenida de referencia y se obtiene el valor de la pérdida de inserción de la fibra en medición.

3.2.4.2 Medida de pérdida de retorno.

La medida de pérdida de retorno se realiza con un patch cord para pasar la zona muerta del equipo, (Patch de enlace) de 11 m que se dispone. Para hacer la medición se pone en serie las fibras A principal y A backup, similar proceso se sigue con las fibras B principal y B backup, en lo que corresponde al Backbone; las fibras de la distribución horizontal hacia los laboratorios se mide al conectar en serie la fibra A con

la B. El estándar ANSI/TIA/EIA 568-C.3 indica que la pérdida de retorno para una fibra monomodo debe ser mayor que 26 dB. La figura 51 muestra la medición de dos fibras conectadas en serie.

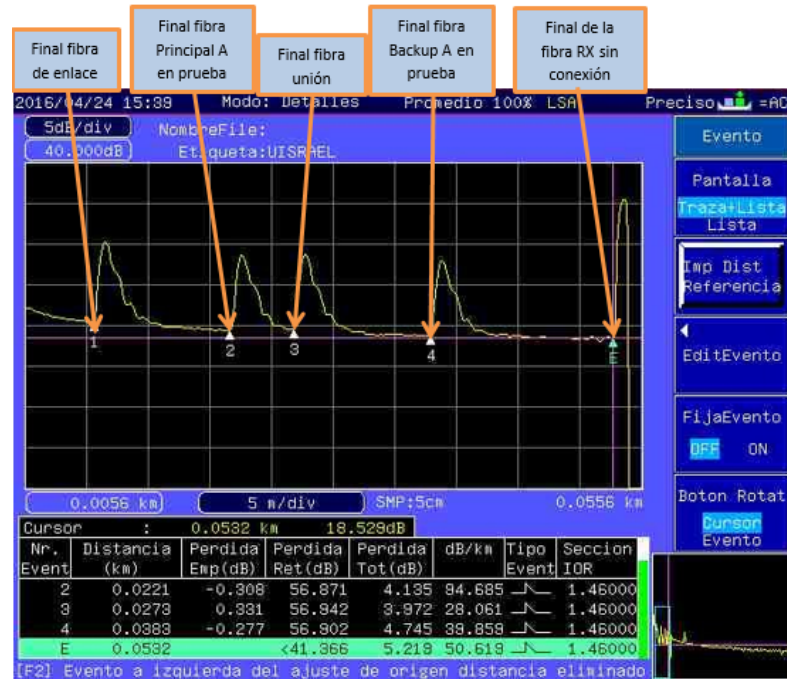


Figura 51: Medida de pérdida de retorno en un OTDR

Fuente: El autor

En la figura 52 se tiene los datos de la gráfica de la figura 51, se establecen cuatro eventos, el primero, mide la pérdida de retorno de la fibra de “zona muerta”, la cual es de 11 m y tiene un valor de pérdida de retorno de 55.58 dB, el segundo, mide la pérdida de la fibra instalada y se trata de una fibra de 11 m que tiene una pérdida de retorno de 56.8 dB; el tercero se trata de la fibra que une las dos fibras en prueba. El cuarto es la otra fibra instalada. El punto E mide la pérdida de retorno del conector sin conexión que esta al final.

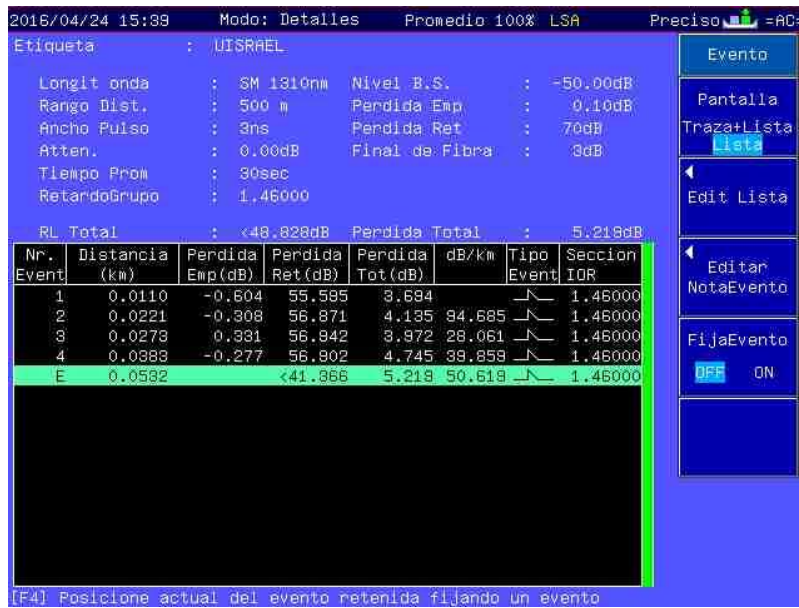


Figura 52: Parámetros y medidas en el OTDR

Fuente: El autor

3.2.5 Etiquetado.

Se basa en el estándar ANSI/TIA/EIA 606-B para etiquetar todo los elementos de la red de fibra interna en el edificio de la Universidad Israel.

Etiquetado del Rack.- al haber solamente dos rack en la sala de equipos, se realiza un etiquetado simple que permite la noma, esto es por numeración de los racks existentes.



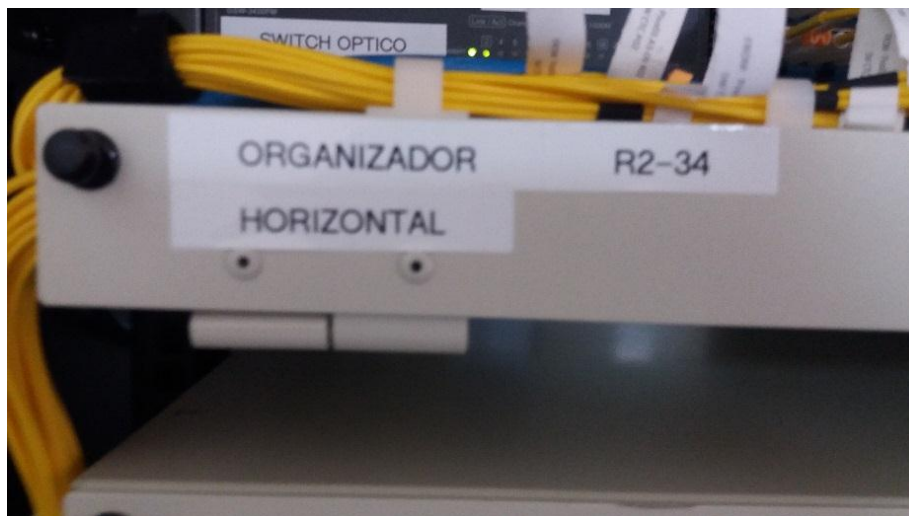
Figura 53: Etiqueta en el rack de equipos de fibra

Fuente: Universidad Tecnológica Israel

Equipos en el rack.- los equipos etiquetados son: el switch óptico, el organizador y el patch panel, que son descritos con numeración simple, como demuestra en la figura 54.



(1)



(2)

Figura 54: Etiqueta del switch (1) y organizador (2)

Fuente: Universidad Tecnológica Israel

Cables de fibra óptica.- se toma como referencia la ubicación, el puerto donde sale y a donde se conecta en el sitio lejano. Se presenta en la figura 55.



Figura 55: Etiquetas en la fibra
Fuente: Universidad Tecnológica Israel

3.2.6 Protección personal.

De acuerdo con la Oficina Internacional de Trabajo, todo trabajador debe usar EPP para protegerse de los riesgos localizados en las distintas áreas de trabajo.

Particularmente en los trabajos de instalación de fibra en el edificio de la Universidad Israel, es necesario utilizar protecciones contra polvo, herramientas pesadas, corto punzantes y contra emisiones laser. Un ejemplo se muestra en la figura 56.



Figura 56: Utilización del equipo de protección personal
Fuente: Universidad Tecnológica Israel

CONCLUSIONES.

- Se realizó un estudio de las recomendaciones de todos los estándares internacionales que intervienen en la instalación de una red de fibra óptica.
- Se supervisó la aplicación del estándar ANSI/TIA/EIA 568-C.1 en la instalación de canaletas y tuberías según las condiciones físicas que presenta el edificio.
- Se sugirió la implementación de la fibra ANSI/TIA/EIA G657A según los requerimientos de CNT, en el caso de proyectarse a una red GPON.
- El tratamiento de la fibra es muy delicado, por tanto se realiza la supervisión del manejo en la instalación para cumplir con la las recomendaciones del estándar ANSI/TIA/EIA 568-C.0, ANSI/TIA/EIA 568-C.1 y ANSI/TIA/EIA 568-C.3.
- Los datos de las mediciones de la fibra instalada, son mejores que los máximos permitidos en las recomendaciones de las normativas.
- La distribución de las fibras Backbone y el cableado horizontal se realiza desde un mismo switch, aunque la norma recomienda separar los dos sistemas.

RECOMENDACIONES.

- Se recomienda realizar el mantenimiento preventivo de la red con el fin de aumentar su vida útil.
- Revisar las recomendaciones para manipular la fibra óptica instalada.
- Basados en las normativas, se recomienda implementar un switch en el tercer piso para independizar el cableado horizontal del cableado Backbone y cumplir con la topología estrella jerárquica.
- Se sugiere tener equipos de medición de fibra óptica para realizar el mantenimiento de la red.
- La temperatura recomendada en la sala de equipos debe ser de 20°C a 25°C.

BIBLIOGRAFÍA

- ANSI. (2016). *www.ansi.org*. Obtenido de *www.ansi.org*
- ANSI/TIA/EIA 526-7. (2011). <https://www.utexas.edu/sites/default/files/27%2008%2010%20Optical%20Fiber%20Testing%20and%20Measurement.pdf>. Obtenido de *www.utexas.edu*
- ANSI/TIA/EIA 568C.0. (2009). <http://innovave.com/wp-content/uploads/2016/01/TIA-568-C.0.pdf>. Obtenido de *www.innovave.com*
- ANSI/TIA/EIA 568-C.1. (2009). <https://es.scribd.com/document/285709161/TIA-568-C-1>. Obtenido de *www.es.scribd.com*
- ANSI/TIA/EIA 568-C.3. (2008). <https://es.scribd.com/doc/298740676/TIA-568-C-3-1>. Obtenido de *www.es.scribd.com*
- ANSI/TIA/EIA 569-C. (2012). <http://innovave.com/wp-content/uploads/2016/03/tia-569-c.pdf>. Obtenido de *www.innovave.com*
- ANSI/TIA/EIA 606 B. (2012). *www.az776130vo.msecnd.net*. Obtenido de <http://az776130.vo.msecnd.net/media/docs/default-source/contractors-and-bidders-library/standards-guidelines/it-standards/tia-606-b.pdf?sfvrsn=2>
- ANSI/TIA/EIA 607-B. (2011). <http://innovave.com/wp-content/uploads/2016/03/tia-607-b.pdf>. Obtenido de *www.innovave.com*
- Asis, R. (2013). *www.instaladoresdetelecomhoy.com*. Obtenido de <http://www.instaladoresdetelecomhoy.com/divisores-splitters-para-ftth/>
- Benitez, G. (02 de Febrero de 2013). <http://www.ingenieriasystems.com/>. Recuperado el 01 de Agosto de 2015, de http://www.ingenieriasystems.com/2013/02/redes-y-comunicaciones-i-medios-de_21.html
- BOGDANA, T. (2010). <http://arantxa.ii.uam.es/>. Recuperado el 06 de 09 de 2015, de http://arantxa.ii.uam.es/~ferreiro/sistel2008/practicas/Entregas_prospeccion/X_5_prspeccion.pdf
- CNT. (2015). *NORMATIVA TÉCNICA DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE REDES DE DISTRIBUCIÓN INTERNA GPON FTTH EN EDIFICIOS*. QUITO.
- Coimbra, E. (Abril de 2011). *Transmisión de datos por fibra óptica*. Obtenido de *www.coimbraweb.com*
- Córdoba, M. (Marzo de 2003). *Universidad de Belgrano*. Recuperado el 07 de Marzo de 2016, de http://www.ub.edu.ar/investigaciones/tesinas/34_cordoba.pdf
- Ecured. (2016). *www.ecured.cu*. Obtenido de https://www.ecured.cu/Diodo_p-i-n
- EIA. (2016). Obtenido de *www.eia.gov*: https://www.eia.gov/about/eia_standards.cfm

- Eusko Jaurlaritz. (2015). *www.hiru.eus*. Obtenido de <http://www.hiru.eus/tecnologias-para-la-informacion-y-la-comunicacion/fibra-optica>
- FEEC. (2015). *Facultad de Ingeniería Eléctrica y de computación*. Recuperado el 15 de Marzo de 2016, de <http://www.dsif.fee.unicamp.br/~moschim/cursos/simulation/transmissor.htm>
- Fernandez, J. C. (Febrero de 2010). *Escuela Superior Politécnica de Casteldefells*. Recuperado el 15 de Marzo de 2016, de <http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/9483/memoria.pdf>
- FiberSiles. (2015). *Silesfiber*. Obtenido de <http://silexfiber.com/conectores-fibra-optica/>
- Fibremex. (2016). *Fibremex*. Recuperado el Marzo de 2016, de <http://fibremex.com/fibraoptica/index.php?mod=contenido&id=3&t=3&st=11>
- FURUKAWA. (2014). <http://www.furukawa.com.br>. Recuperado el 12 de Septiembre de 2015, de <http://www.furukawa.com.br/ni/productos/splitter/divisor-optico-balanceado-756.html>
- Grupo Comunicaciones ópticas. (2006). *www.nemesis.tel.uva.es*. Obtenido de http://nemesis.tel.uva.es/images/tCO/contenidos/tema1/tema1_5_1.htm
- Guzman, H. (2011). *www.es.slideshare.com*. Obtenido de <http://es.slideshare.net/haroldguz/gpon-7278692>
- Hardy, S. (2009). *www.lwc.com.cn*. Obtenido de <http://www.lwc.com.cn/yueduzazhi/shichangfenxi/2009-07-07/1474.html>
- Holguin, C. (2008). *www.epn.edu.ec*. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1130/1/CD-1974.pdf>
- HUBBELL. (2010). <http://www.argo-contar.com>. Recuperado el 01 de 09 de 2015, de http://www.argo-contar.com/download/passive/ANSI-TIA_Standards.pdf
- IEEE. (2016). *Fundación IEEE*. Recuperado el 30 de Marzo de 2016, de <http://www.ieeefoundation.org/Home>
- ISO. (2016). *Organización internacional ISO*. Recuperado el 30 de Marzo de 2016, de <http://www.iso.org/iso/home.html>
- ITU. (04 de Marzo de 2008). *www.itu.int*. Recuperado el 05 de Agosto de 2015, de <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.651.1-200707-l/es>
- ITU-T. (Diciembre de 2008). *www.itu.int*. Obtenido de <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.651.1-200812-l!Amd1/es>
- ITU-T. (11 de 2009). *www.itu.int*. Obtenido de <https://www.itu>
- ITU-T. (Octubre de 2012). *www.itu.int*. Recuperado el 25 de Octubre de 2015, de <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.657-201210-l/es>

- ITU-T G655. (Noviembre de 2009). <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.655-200911-1/es>. Obtenido de www.itu.int
- Joskowicz, D. I. (2013). *Cableado Estructurado*. Montevideo: Universidad de la República.
- Kits. (2015). www.kits.co.uk. Obtenido de <http://www.kits.co.uk/adsl/fttc.htm>
- Linge, A. (2010). [www.es.slideshare.net](http://es.slideshare.net). Obtenido de <http://es.slideshare.net/guestdce28b2/que-es-el-ftth>
- LLorente, A. (Noviembre de 2011). www.fibraoptica.com. Obtenido de <http://www.fibraoptica.com/cable-de-fibra-optica-2/>
- LOOR, R. N. (2012). <https://www.dspace.espol.edu.ec>. Recuperado el 12 de Septiembre de 2015, de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/15949/1/Dise%C3%B1o%20de%20una%20Red%20%C3%93ptica%20Pasiva%20de%20Acceso%20para%20una%20Urbanizaci%C3%B3n%20Ubicada%20en%20la%20V%C3%ADa%20Samborond%C3%B3n.pdf>
- Matiz, N. (05 de 2011). <http://natymatiz.blogspot.com/>. Recuperado el 06 de 09 de 2015, de <http://natymatiz.blogspot.com/2011/05/redes-de-fibra-optica-activas-y-pasivas.html>
- nbn. (2016). www.nbnco.com.au. Obtenido de <http://www.nbnco.com.au/learn-about-the-nbn/network-technology/fibre-to-the-building-explained-fttb.html>
- nbn. (2016). www.nbncon.com.au. Obtenido de <http://www.nbncon.com.au/learn-about-the-nbn/network-technology/fibre-to-the-node-explained-fttn.html>
- OIT. (Marzo de 2010). http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_protect/---protrav/---safework/documents/normativeinstrument/wcms_112642.pdf. Obtenido de www.ilo.org
- Onet. (2011). www.ad-net.com.tw. Obtenido de <http://www.ad-net.com.tw/introduction-to-olt-optical-line-terminal-and-ont-optical-network-terminal-onu-optical-network-unit/>
- PLANET. (2015). www.planet.com.tw. Recuperado el 08 de Agosto de 2015, de <http://www.planet.com.tw/en/product/product.php?id=48563>
- PRYSMIAN. (2006). www.prysmiangroup.com.
- qd-tek. (2008). <http://iie.fing.edu.uy/>. Obtenido de <http://iie.fing.edu.uy/ense/assign/ccu/material/docs/Cableado%20Estructurado.pdf>
- Rio, E. d. (16 de Septiembre de 2014). <http://fibraoptica.blog.tartanga.net>. Recuperado el 28 de Julio de 2015
- Rodriguez, A. (10 de junio de 2013). www.fibraoptica.com. Recuperado el 02 de Agosto de 2015, de <http://www.fibraoptica.com/category/ingesdata/>

- Spirit. (2016). *www.spirit.com.au*. Obtenido de <http://www.spirit.com.au/owners-corporations-spirit-fibre-faqs/>
- Su, F. (09 de 2015). *www.fiber opticshare.com*. Obtenido de <http://www.fiber opticshare.com/ftth-access-networks-aon-vs-pon.html>
- TANBN. (2006). *www.lifespices.net*. Obtenido de http://lifespices.net/nbn/?page_id=38
- TELNET. (2005). *www.es.scribd.com*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/110851136/Curso-Fibra-Optica-Telnet>
- TIA. (2016). *www.tiaonline.org*. Obtenido de www.tiaonline.org
- Timbercom. (2016). *www.timbercom.com*. Obtenido de <http://www.timbercon.com/FTTp.html>
- TOMASI. (s.f.). *Sistemas de comunicaciones electrónicas*. Prentice Hall.
- TP-LINK. (2015). *www.tp-link.com*. Recuperado el 08 de Agosto de 2015, de <http://www.tp-link.com/ar/products/details/?model=MC200CM>
- Tutorial de comunicaciones ópticas. (2015). *www.nemesis.tel.uva.es*. Obtenido de http://nemesis.tel.uva.es/images/tCO/contenidos/tema2/tema2_5_4.htm
- Urrutia, I. P. (Diciembre de 2012). <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=1967>. Obtenido de www.emb.cl
- ZEN. (2016). *www.zen.co.uk*. Obtenido de <https://www.zen.co.uk/yourhome/superfast-fibre-broadband-packages/fibre-to-the-premises/>

ANEXO 1

ESTANDAR PARA FIBRA ÓPTICA ITU-T G652A

Fibre attributes		
Attribute	Detail	Value
Mode field diameter	Wavelength	1310 nm
	Range of nominal values	8.6-9.5 μm
	Tolerance	$\pm 0.6 \mu\text{m}$
Cladding diameter	Nominal	125.0 μm
	Tolerance	$\pm 1 \mu\text{m}$
Core concentricity error	Maximum	0.6 μm
Cladding noncircularity	Maximum	1.0%
Cable cut-off wavelength	Maximum	1260 nm
Macrobend loss	Radius	30 mm
	Number of turns	100
	Maximum at 1550 nm	0.1 dB
Proof stress	Minimum	0.69 GPa
Chromatic dispersion coefficient	$\lambda_{0\text{min}}$	1300 nm
	$\lambda_{0\text{max}}$	1324 nm
	$S_{0\text{max}}$	0.092 ps/nm ² × km
Cable attributes		
Attribute	Detail	Value
Attenuation coefficient (Note 1)	Maximum at 1310 nm	0.5 dB/km
	Maximum at 1550 nm	0.4 dB/km
PMD coefficient (Note 2)	M	20 cables
	Q	0.01%
	Maximum PMD _Q	0.5 ps/ $\sqrt{\text{km}}$
<p>NOTE 1 – The attenuation coefficient values listed in this table should not be applied to short cables such as jumper cables, indoor cables and drop cables. For example, [IEC 60794-2-11] specifies the attenuation coefficient of indoor cable as 1.0 dB/km or less at both 1310 and 1550 nm.</p> <p>NOTE 2 – According to clause 6.2, a maximum PMD_Q value on uncabled fibre is specified in order to support the primary requirement on cable PMD_Q.</p>		

ANEXO 2

ESTANDAR PARA FIBRA ÓPTICA ITU-T G653A

Fibre attributes		
Attribute	Detail	Value
Mode field diameter	Wavelength	1550 nm
	Range of nominal values	7.8-8.5 μm
	Tolerance	$\pm 0.8 \mu\text{m}$
Cladding diameter	Nominal	125 μm
	Tolerance	$\pm 1 \mu\text{m}$
Core concentricity error	Maximum	0.8 μm
Cladding non-circularity	Maximum	2.0%
Cable cut-off wavelength	Maximum	1270 nm
Macrobend loss	Radius	30 mm
	Number of turns	100
	Maximum at 1550 nm	0.5 dB
Proof stress	Minimum	0.69 GPa
Chromatic dispersion coefficient	λ_{min}	1525 nm
	λ_{max}	1575 nm
	D_{max}	3.5 ps/(nm \times km)
	$\lambda_{0\text{min}}$	1500 nm
	$\lambda_{0\text{max}}$	1600 nm
	$S_{0\text{max}}$	0.085 ps/(nm ² \times km)
Uncabled fibre PMD coefficient	Maximum	(Note 1)
Cable attributes		
Attribute	Detail	Value
Attenuation coefficient (Note 2)	Maximum at 1550 nm	0.35 dB/km
PMD coefficient	M	20 cables
	Q	0.01%
	Maximum PMD _Q	0.5 ps/ $\sqrt{\text{km}}$
<p>NOTE 1 – According to clause 6.2, a maximum PMD_Q value on uncabled fibre is specified in order to support the primary requirement on cabled PMD_Q.</p> <p>NOTE 2 – The attenuation coefficient values listed in this table should not be applied to short cables such as jumper cables. For example, [b-IEC 60794-2-11] specifies the attenuation coefficient of indoor cable as 1.0 dB/km or less at both 1310 and 1550 nm.</p>		

ANEXO 3

ESTANDAR PARA FIBRA ÓPTICA ITU-T G654A

Atributos de la fibra		
Atributo	Datos	Valor
Diámetro de campo modal	Longitud de onda	1550 nm
	Gama de valores nominales	9,5-10,5 μm
	Tolerancia	$\pm 0,7 \mu\text{m}$
Diámetro del revestimiento	Nominal	125 μm
	Tolerancia	$\pm 1 \mu\text{m}$
Error de concentricidad del núcleo	Máximo	0,8 μm
No circularidad del revestimiento	Máximo	2,0%
Longitud de onda de corte del cable	Máximo	1530 nm
Pérdida por macroflexión	Radio	30 mm
	Número de vueltas	100
	Máximo a 1625 nm	0,50 dB
Prueba de tensión	Mínimo	0,69 GPa
Coeficiente de dispersión cromática	$D_{1550\text{max}}$	20 ps/nm · km
	$S_{1550\text{max}}$	0,070 ps/nm ² · km
Coeficiente de PMD de fibra no cableada	Máximo	Véase la nota

Atributos del cable		
Atributo	Datos	Valor
Coeficiente de atenuación	Máximo a 1550 nm	0,22 dB/km
Coeficiente de PMD	M	20 cables
	Q	0,01%
	PMD _Q máximo	0,5 ps/ $\sqrt{\text{km}}$
NOTA – De conformidad con 6.2, se especifica un valor máximo PMD _Q para la fibra no cableada con el fin de soportar el requisito primario de PMD _Q del cable.		

ANEXO 4

ESTANDAR PARA FIBRA ÓPTICA ITU-T G654C

Fibre attributes		
Attribute	Detail	Value
Mode field diameter	Wavelength	1550 nm
	Range of nominal values	8-11 μm
	Tolerance	$\pm 0.7 \mu\text{m}$
Cladding diameter	Nominal	125 μm
	Tolerance	$\pm 1 \mu\text{m}$
Core concentricity error	Maximum	0.8 μm
Cladding non-circularity	Maximum	2.0%
Cable cut-off wavelength	Maximum	1450 nm
Macrobend loss	Radius	30 mm
	Number of turns	100
	Maximum at 1625 nm	0.50 dB
Proof stress	Minimum	0.69 GPa
Chromatic dispersion coefficient Wavelength range: 1530-1565 nm	λ_{min} and λ_{max}	1530 nm and 1565 nm
	Minimum value of D_{min}	1.0 ps/nm·km
	Maximum value of D_{max}	10.0 ps/nm·km
	Sign	Positive or negative
	$D_{max} - D_{min}$	≤ 5.0 ps/nm·km
Chromatic dispersion coefficient Wavelength range: 1565-1625 nm	λ_{min} and λ_{max}	TBD
	Minimum value of D_{min}	TBD
	Maximum value of D_{max}	TBD
	Sign	Positive or negative
Uncabled fibre PMD coefficient	Maximum	(Note 1)

Cable attributes		
Attribute	Detail	Value
Attenuation coefficient (Note 2)	Maximum at 1550 nm	0.35 dB/km
	Maximum at 1625 nm	0.4 dB/km
PMD coefficient (Note 3)	M	20 cables
	Q	0.01%
	Maximum PMD _Q	0.20 ps/ $\sqrt{\text{km}}$

NOTE 1 – According to clause 6.2, a maximum PMD_Q value on uncabled fibre is specified in order to support the primary requirement on cable PMD_Q.

NOTE 2 – The attenuation coefficient values listed in this table should not be applied to short cables such as jumper cables, indoor cables and drop cables. For example, [b-IEC 60794-2-11] specifies the attenuation coefficient of indoor cables as 1.0 dB/km or less at both 1310 and 1550 nm.

NOTE 3 – Larger PMD_Q values (e.g., ≤ 0.5 ps/ $\sqrt{\text{km}}$) can be agreed for particular applications between the manufacturer and user.

ANEXO 5

ESTANDAR PARA FIBRA ÓPTICA ITU-T G657A

Fibre attributes						
Attribute	Detail	Value				
Mode field diameter	Wavelength	1310 nm				
	Range of nominal values	8.6-9.5 μm				
	Tolerance	$\pm 0.4 \mu\text{m}$				
Cladding diameter	Nominal	125.0 μm				
	Tolerance	$\pm 0.7 \mu\text{m}$				
Core concentricity error	Maximum	0.5 μm				
Cladding non-circularity	Maximum	1.0%				
Cable cut-off wavelength	Maximum	1260 nm				
Uncabled fibre macrobending loss (Notes 1, 2)		ITU-T G.657.A1		ITU-T G.657.A2		
	Radius (mm)	15	10	15	10	7.5
	Number of turns	10	1	10	1	1
	Max. at 1550 nm (dB)	0.25	0.75	0.03	0.1	0.5
	Max. at 1625 nm (dB)	1.0	1.5	0.1	0.2	1.0
Proof stress	Minimum	0.69 GPa				
Chromatic dispersion coefficient	$\lambda_{0\text{min}}$	1300 nm				
	$\lambda_{0\text{max}}$	1324 nm				
	$S_{0\text{max}}$	0.092 ps/nm ² × km				
Cable attributes						
Attenuation coefficient (Note 3)	Maximum from 1310 nm to 1625 nm (Note 4)	0.40 dB/km				
	Maximum at 1383 nm ± 3 nm (Note 5)	0.40 dB/km				
	Maximum at 1550 nm	0.30 dB/km				
PMD coefficient	M	20 cables				
	Q	0.01%				
	Maximum PMD _Q	0.20 ps/ $\sqrt{\text{km}}$				

NOTE 1 – ITU-T G.652 fibres deployed at a radius of 15 mm generally can have macrobending losses of several dB per 10 turns at 1625 nm.

NOTE 2 – The macrobending loss can be evaluated using a mandrel winding method (method A of [IEC 60793-1-47]), substituting the bending radius and the number of turns specified in this table.

NOTE 3 – Due to the lack of accuracy in measuring the attenuation coefficient of a short cable, its value can be taken from that of the original longer donor cable.

NOTE 4 – This wavelength region can be extended to 1260 nm by adding 0.07 dB/km induced Rayleigh scattering loss to the attenuation value at 1310 nm. In this case, the cable cut-off wavelength should not exceed 1250 nm.

NOTE 5 – The sampled attenuation average at this wavelength shall be less than or equal to the maximum value specified for the range, 1310 nm to 1625 nm, after hydrogen ageing according to [b-IEC 60793-2-50] regarding the B1.3 fibre category.

ANEXO 6

ESTANDAR PARA FIBRA ÓPTICA ITU-T G651.1

Fibre attributes		
Attribute	Detail	Value
Cladding diameter	Nominal	125 μm
	Tolerance	$\pm 2 \mu\text{m}$
Core diameter	Nominal	50 μm
	Tolerance	$\pm 3 \mu\text{m}$
Core-cladding concentricity error	Maximum	3 μm
Core non-circularity	Maximum	6%
Cladding non-circularity	Maximum	2%
Numerical aperture	Nominal	0.20
	Tolerance	± 0.015
Macrobend loss (Notes 1 and 2)	Radius	15 mm
	Number of turns	2
	Maximum at 850 nm	1 dB
	Maximum at 1300 nm	1 dB
Proof stress	Minimum	0.69 GPa
Modal bandwidth-length product for overfilled launch	Minimum at 850 nm	500 MHz · km
	Minimum at 1300 nm	500 MHz · km
Chromatic dispersion coefficient (Note 3)	λ_{omin}	1295 nm
	λ_{omax}	1340 nm
	S_{omax} for $1295 \leq \lambda_0 \leq 1310$ nm	≤ 0.105 $\text{ps}/\text{nm}^2 \cdot \text{km}$
	S_{omax} for $1310 \leq \lambda_0 \leq 1340$ nm	$\leq 375 \times (1590 - \lambda_0) \times 10^{-6} \text{ps}/\text{nm}^2 \cdot \text{km}$
Cable attributes		
Attribute	Detail	Value
Attenuation coefficient	Maximum at 850 nm	3.5 dB/km
	Maximum at 1300 nm	1.0 dB/km
<p>NOTE 1 – In case of use of the multimode fibre outside the scope of this Recommendation, other macrobending loss values may be valid as specified in [IEC 60793-2-10].</p> <p>NOTE 2 – For testing the macrobending loss value, the launching conditions as specified for the attenuation measurement in [IEC 61280-4-1] shall be used.</p> <p>NOTE 3 – The worst-case chromatic dispersion coefficient at 850 nm (e.g., $S_0 = 0.09375 \text{ps}/\text{nm}^2 \cdot \text{km}$ at $\lambda_0 = 1340$ nm or $S_0 = 0.10125 \text{ps}/\text{nm}^2 \cdot \text{km}$ at $\lambda_0 = 1320$ nm) is $-104 \text{ps}/\text{nm} \cdot \text{km}$.</p>		