

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE
CABLEADO DE FIBRA ÓPTICA DEL CAMPUS DEL
INSTITUTO TECSUP**

INFORME DE COMPETENCIA PROFESIONAL

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRÓNICO

PRESENTADO POR:

FIDEL MATOS CASAS

**PROMOCIÓN
1985-II**

**LIMA – PERÚ
2008**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CABLEADO DE
FIBRA ÓPTICA DEL CAMPUS DEL INSTITUTO TECSUP**

Dedico este trabajo a Leonor y a la memoria de Manuel, mis padres.

SUMARIO

El presente trabajo contiene los fundamentos para elaborar un proyecto de cableado estructurado basado en fibra óptica, según las recomendaciones de la EIA/TIA , para un entorno de red informática de área local.

En su parte inicial se describe el entorno de trabajo en la sede del instituto privado Tecsup para luego resaltar las características de una infraestructura de cableado estructurado y en particular el cableado con fibra óptica.

A continuación se revisan los conceptos de transmisión y el comportamiento de la fibra óptica como medio de comunicación para posteriormente exponer los criterios de diseño del cableado troncal y de distribución así como también la elección de los componentes a utilizar en cada enlace y los procedimientos de montaje.

Finalmente se muestran los procedimientos para realizar el mantenimiento, el diagnóstico y la certificación de las instalaciones y la manera en que se debe documentar dicha infraestructura, de acuerdo a los criterios de rendimiento emitidos por la EIA/TIA.

INDICE

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES.

1.1.	El Instituto Tecsup	3
1.1.1	Propósito.	4
1.1.2	Consejo Directivo de Tecsup.....	5
1.1.3	Ubicación.....	6
1.2	Servicios que brinda.	6
1.3	Infraestructura de red LAN.	8
1.4	Proyección futura de los servicios.	9
1.5	Necesidades actuales y futuras.....	10
1.6	Objetivos del Proyecto.....	11
1.7	Alcances del Proyecto.	11

CAPÍTULO II

EL CABLEADO ESTRUCTURADO.

2.1.	Redes de alta velocidad.	12
2.2.	Cableado Estructurado.....	13
2.3.	Componentes del Cableado Estructurado.....	14
2.3.1	Servicios de Entrada.	15
2.3.2	El cableado principal o backbone.....	17
2.3.3	El cableado horizontal o de distribución.	18
2.3.4	El área de trabajo.	20
2.3.5	La sala de equipos.	20
2.3.6	El closet de telecomunicaciones.....	21
2.3.7	Conexiones Cruzadas.	22

CAPÍTULO III

LA FIBRA ÓPTICA

3.1.	Tipos de fibra óptica.	24
3.2.	Cables de fibra óptica.	26
3.2.1.	Cables para ductos	27
3.2.2.	Cables aéreos auto soportados.....	27
3.2.3.	Cables de interconexión e interiores.	28
3.2.4.	Códigos de colores para identificación numérica	29

CAPÍTULO IV

LAS COMUNICACIONES ÓPTICAS.

4.1.	Ventajas de la tecnología de la fibra óptica.	32
4.1.1.	Baja Atenuación	32
4.1.2.	Gran ancho de banda.....	32
4.1.3.	Peso y tamaño reducidos.	32
4.1.4.	Gran flexibilidad y recursos disponibles.	33
4.1.5.	Aislamiento eléctrico entre terminales.	33
4.1.6.	Ausencia de radiación emitida.....	33
4.1.7.	Costo y mantenimiento	33
4.2.	Desventajas de la fibra óptica	33
4.3.	Transmisión por fibra óptica.....	38
4.4.	Emisores ópticos.....	39
4.4.1.	Diodos LED	39
4.4.2.	Diodos Láser (LD).	40
4.5.	Receptores ópticos	42
4.5.1.	Foto detector.	43
4.5.2.	Foto detectores PIN.....	43
4.5.3.	Foto detectores de Avalancha APD.....	44
4.6.	Características de Transmisión.	44
4.6.1.	Cálculo del cable.	44
4.6.2.	Cálculo del margen.....	46
4.7.	Ancho de banda en fibras de índice gradual.....	46
4.8.	Dispersión de fibra óptica monomodo.....	47

CAPÍTULO V

DISEÑO DEL CABLEADO DEL CAMPUS DE TECSUP.

5.1.	Elección de la Topología Física:	48
5.2.	Implementación de la topología física.....	49
5.2.1.	Polaridad de los conectores.	50
5.2.2.	Cableado principal o backbone	51
5.2.3.	El Cableado Horizontal o de distribución.....	53
5.2.4.	Sala de Equipos.	54
5.3.	Cálculo del Presupuesto de Pérdidas.....	55
5.4.	Elección de la fibra óptica:	56
5.4.1.	Fibra para el cableado horizontal:	56
5.4.2.	Longitud de onda de trabajo:	57
5.4.3.	Fibra para el cableado principal:.....	57
5.5.	Elección del tipo de conector:	57
5.6.	Elección del enrutamiento:.....	58
5.7.	Elección de los paneles de empalme.....	60
5.8.	Elección de los armarios o racks.	61
5.9.	Sistema de tierra.....	61

CAPÍTULO VI

IMPLEMENTACIÓN DEL CABLEADO DE FIBRA ÓPTICA.

6.1.	Instalación de Canaletas.....	65
6.2.	Tendido del Cableado Principal	66
6.3.	El tendido del cableado horizontal	73

CAPÍTULO VII

DOCUMENTACIÓN.

7.1.	El sistema de administración típico.....	75
7.2.	Codificación de colores para el etiquetado	77
7.3.	Recomendaciones para la administración del cableado.....	78

CAPÍTULO VIII

PROCEDIMIENTOS DE PRUEBA Y CERTIFICACIÓN.

8.1.	Equipos de prueba para fibra óptica.	81
8.2.	Técnicas de Medición para Componentes.....	83
8.2.1.	Mediciones en la fibra.....	83

8.2.2.	Mediciones en la fuente de luz	83
8.2.3.	Mediciones en el detector de luz	85
8.2.4.	Medición de pérdidas de interconexión	85
8.2.5.	Mediciones en el Sistema.....	88
8.3.	Procedimiento de certificación.	89
8.3.1.	Elección del kit de certificación.....	89
8.3.2.	Comprobación de un par de fibra óptica.....	91

CAPÍTULO IX

PROCEDIMIENTOS DE DIAGNÓSTICO.

9.1.	Equipo de prueba	93
9.2.	Pruebas requeridas.	94
9.3.	Procedimiento de prueba.....	94
9.4.	Verificación del ancho de banda.....	96
9.5.	Tips para diagnóstico de fallas en sistemas instalados.	96

CAPÍTULO X

ESTADO ACTUAL.

10.1.	Instalaciones con cobre..	99
10.2.	Instalaciones con conexión Inalámbrica.	99
10.3.	Instalaciones con fibra óptica.....	100
10.4.	Instalaciones de Sala de Equipo y CT.	100
10.5.	Áreas de Trabajo.	100
CONCLUSIONES, APORTES Y RECOMENDACIONES.		103
BIBLIOGRAFÍA.		105

PRÓLOGO

El propósito de este documento es modelar el diseño de un sistema de cableado genérico de telecomunicaciones basado en fibra óptica para el trabajo en un entorno de campo de tal forma que pueda soportar las aplicaciones actuales y futuras operando en una plataforma independiente de las marcas y productos empleados en la implementación de redes de área local para voz, datos y vídeo.

Además, se recomiendan los componentes, procedimientos de implementación, documentación, prueba y diagnóstico para el correcto funcionamiento del sistema de cableado de fibra óptica y sus futuras ampliaciones, modificaciones y cambios.

El procedimiento está basado en los estándares del cableado estructurado emitidos por la EIA/TIA, en las recomendaciones documentadas por BICSI y en los manuales publicados por los líderes mundiales en la fabricación de componentes e instrumentos para el trabajo con fibra óptica.

Debemos tener presente que este trabajo se basa únicamente en el trabajo en un entorno LAN bajo los estándares de la EIA/TIA 568, 569, 606 y 607 y que son los documentos que son tomados como referencia para la implementación certificada de redes en nuestro medio.

Para la realización del presente trabajo ha sido muy valiosa e importante la colaboración del Instituto Superior Tecnológico TECSUP y en especial del Departamento de Informática quienes brindaron todas las facilidades de infraestructura y documentación administrativa para la presentación del proyecto.

También agradezco la colaboración de Pacific Electric S.R.L con su representación en el Perú de Leviton Voice & Data por el respaldo con la información y documentación tecnológica las cuales sustentan algunos de los contenidos expuestos en este trabajo.

Asimismo la investigación en estos temas se vio alimentada por la invaluable información ofrecida por Corning, Fluke, Panduit, Cisco, Siemon, Belden, Mohawk-CDT y muchas otras empresas fabricantes que por medio de sus manuales, catálogos, hojas de datos y sitios web difunden la tecnología que aplicamos en este proyecto.

En el campo de TECSUP se ha implementado parcialmente el proyecto y el diseño queda para ser ejecutado en un futuro según los requerimientos y demanda tecnológica de la institución.

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES

1.1. El Instituto Tecsup.

Tecsup es una organización educativa privada sin fines de lucro, líder en tecnología, dedicada a formar y capacitar profesionales, así como brindar servicios de consultoría, investigación y aplicación de tecnología. Fue fundada por Luis Hochschild Plaut, quien se esforzó por hacer de Tecsup una valiosa obra para beneficio de los jóvenes y profesionales de empresas e instituciones del país.

Desde 1984, Tecsup ofrece a los jóvenes la oportunidad de seguir carreras profesionales relacionadas con la aplicación de la tecnología en la operación y mantenimiento de actividades industriales. Asimismo, ofrece a profesionales en la industria la oportunidad de actualizarse o especializarse en distintos procesos de desarrollo tecnológico a través de programas cortos.

El sistema educativo desarrollado por Tecsup se ha basado en experiencias del extranjero, y su implementación y desarrollo ha sido solventado gracias a los aportes de más de 200 empresas privadas peruanas y a la cooperación de instituciones internacionales.

Tecsup cuenta actualmente con dos sedes: una en Lima, ver figura 1.1 en funcionamiento desde 1984, y la otra en Arequipa desde 1993, equipadas con modernos talleres y laboratorios. Los cursos se ofrecen tanto en sus locales como en las instalaciones de las empresas ubicadas en cualquier punto del país y con

una moderna aplicación de tecnología de información también a través de Internet.



Figura 1.1: Sede de Tecsup en Lima

Son rasgos importantes de la organización, su orientación a la excelencia en los servicios, la fuerte articulación con las necesidades de las empresas y la búsqueda de generar oportunidades a cualquier joven con vocación y aptitud, aunque sus recursos económicos no le permitan pagar el costo de estudios.

TECSUP orienta sus actividades a la búsqueda de la excelencia. En este sentido organiza su Plan de Mejora Continua con la finalidad de sistematizar la mejora en los servicios educativos y administrativos que se brinda. Este plan es coordinado por la Oficina de Calidad Educativa y se instrumenta a través de los Comités y otros órganos de la administración

1.1.1 Propósito

Tecsup orienta sus actividades al desarrollo de personas y empresas. Es una organización educativa dedicada a formar profesionales en tecnología, en disciplinas para las cuales existe demanda en el mercado laboral. Los egresados reciben un seguimiento permanente y son apoyados en su desarrollo posterior. La capacitación de profesionales a través de capacitación continua está destinada a

actualizar, perfeccionar y especializar a personas que buscan desarrollarse dentro de su actividad laboral.

El objetivo primordial de Tecsup es dar a sus estudiantes los conocimientos y capacidades para que puedan alcanzar niveles de ingresos satisfactorios o mejorarlos. El énfasis educativo de Tecsup es en la aplicación de la tecnología a la operación y mantenimiento de actividades industriales. La investigación aplicada realizada en Tecsup fortalece tanto la vinculación con las empresas como el dominio de tecnología en muy alto nivel.

1.1.2 Consejo Directivo de Tecsup.

Consejo Directivo Asociación Promotora

- Ana Beeck de Hochschild (Presidente).
- Eduardo Hochschild Beeck (Presidente Ejecutivo).
- Juan Incháustegui Vargas (Director Ejecutivo).
- Andrés von Wedemeyer Knigge(Director)

Consejo Directivo de Tecsup Lima

- Juan Incháustegui Vargas (Presidente).
- Mario Rivera Orams (Director Ejecutivo)
- Roberto Abusada Salah
- Ana Beeck de Hochschild
- Alberto Benavides de la Quintana
- Oscar Espinosa Bedoya
- José Graña Miró Quesada
- Eduardo Hochschild Beeck
- Walter Piazza Tangüis
- Andrés von Wedemeyer Knigge.

Consejo Directivo de Tecsup Arequipa

- Raúl Benavides Ganoza (Presidente).

- Juan Manuel García-Calderón B (Director Ejecutivo)
- Ana Beeck de Hochschild
- Adrian John Broderick
- José García-Calderón Bustamante
- Oscar González Rocha
- Eduardo Hochschild Beeck
- Juan Incháustegui Vargas
- Francois Patthey Salas
- Vito Rodríguez Rodríguez
- Andrés von Wedemeyer Knigge

1.1.3 Ubicación.

La sede de Lima de Tecsup se encuentra ubicada en la avenida Cascanueces 2221 en el distrito de Santa Anita, ver figura 1.2.



Figura 1.2: Ubicación de Tecsup en Lima

1.2. Servicios que brinda.

Tecsup brinda carreras profesionales técnicas de 3 años de duración en áreas como automatización, equipo Pesado, electrónica, electrotecnia, equipo de planta, procesos químicos y redes y comunicaciones de datos.

Ofrece 7 maneras de ingreso:

- PAT.: Programa de Aptitud Tecnológica.
- PIA: Programa de Ingreso Asistido.
- Traslados externos.
- Bachillerato internacional.
- Evaluación de primeros puestos.
- Examen general de admisión.
- Tercio superior de colegios seleccionados.
- Admisión a Tecnologías de Sistemas Informáticos para la Productividad.

Tecsup Virtual: es un moderno programa de capacitación de tipo no presencial. Este programa se desarrolla sobre una gran aula virtual en la que se puede interactuar las 24 horas del día a través de Internet. El sistema permite al participante repasar los temas, verificar su aprendizaje, intervenir en debates con los expertos y demás participantes, además de investigar en Internet. El experto garantiza su seguimiento personalizado de las consultas, debates, pruebas de autocomprobación, trabajos y asesorías. Este sistema está dirigido a personas que desean especializarse o actualizar conocimientos sin necesidad de interrumpir sus actividades o gastar tiempo en largos traslados. Las empresas pueden inscribir participantes en los diferentes cursos o solicitar cursos a su medida para capacitar a su personal sin desplazarlo de su lugar de trabajo, ni interrumpir su horario de trabajo.

Programas de Capacitación Continua (PCC): con duración de 6 meses o más.

Cursos Cortos con duración máxima de 2 meses.

Maestrías:

Universidad Politécnica de Madrid: El Centro de Estudios de Postgrado de Administración de Empresas (CEPADE) de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) y Tecsup han firmado un convenio para el desarrollo de Maestrías y Programas de Especialización a distancia por Internet. Tecsup tiene a su cargo el soporte administrativo, comercial y tecnológico del Programa en el Perú.

Universidad Oberta de Catalunya – UOC: A través de un Convenio de Colaboración con la Universidad Oberta de Catalunya, Tecsup está desarrollando la difusión y promoción en el Perú de los Programas de Formación de Postgrado a Distancia de la UOC en las áreas de e-Learning, Aplicaciones Multimedia,

Informática, Sociedad de la Información, Desarrollo Formativo y Tecnología, y Tecnología de la Información y la Comunicación.

La UOC es un referente internacional en cuanto a desarrollo de programas de pre y post grado no presenciales.

Programas de especialización: Los Programas de Especialización están orientados a profesionales que desean adquirir en un tiempo regular, competencias y conocimientos que les permita alcanzar una mejor competitividad y desarrollo profesional.

Servicios y Consultoría: Dentro de este rubro, Tecsup asesora y evalúa aspectos técnicos que permiten el desarrollo, la mejora y optimización de los procesos productivos. Estas consultorías pueden contemplar todas las áreas o campos específicos.

Programa Caterpillar: Este programa está dirigido a egresados de secundaria con vocación para trabajar con motores y equipo pesado, quienes se incorporarán al mundo Caterpillar, una vez realizados sus estudios en Tecsup y sus prácticas en Ferreyros S.A.

1.3. Infraestructura de red LAN.

Las instalaciones informáticas de Tecsup estaban basadas en conexiones con cable UTP Categoría 5 y cable coaxial.

Tecsup cuenta con redes LAN en sus diversos pabellones para usos académicos y administrativos:

- Pabellón 1: Oficinas administrativas.
- Pabellón 2: Biblioteca.
- Pabellón 3: Comedor.
- Pabellón 4: Automatización.
- Pabellón 5: Auditorio.
- Pabellón 6: Química y Metalurgia.
- Pabellón 7: Electrónica e Informática.
- Pabellón 8: Aulas de dictado de teoría.
- Pabellón 9: Electrotecnia.

- Pabellón 10: Mecánica de Planta.
- Pabellón 11: Maquinaria Pesada.
- Pabellón 12: Maquinaria Pesada.
- Pabellón 13: Campo Deportivo.
- Pabellón 14: Estudios Generales.

Las redes LAN para uso administrativo y para uso académico se encuentran conectadas independientemente conformando VLANs (redes virtuales).

La red administrativa tiene acceso a los servicios de Intranet, sistemas de notas, sistema de productos, sistema de logística, internet, correo, campus virtual y servicios de la red Novell.

La red académica tiene acceso a Internet, campus virtual y servidores de uso educativo.

1.4. Proyección futura de los servicios.

Debido a los constantes cambios y cada vez más exigentes requerimientos en los servicios de Internet, comunicación y aplicaciones multimedia de todos los usuarios de los servicios de Tecsup, es que se hace muy necesario el cambio de nuestra plataforma de redes y dentro de ella, del sistema de cableado estructurado.

Los laboratorios, talleres, aulas, oficinas, bibliotecas, etc. Requieren para un mejor servicio, implementar sus instalaciones de red de área local en unos casos y mejorar sus velocidades de transmisión de datos y sus tiempos de servicio en otros además de la elevación de la productividad del personal y usuarios en general de la infraestructura informática en Tecsup. Es por ello que se ha venido actualizando y mejorando la conectividad y la infraestructura física de las redes de computadoras en Tecsup.

Además, es nuestra intención ofrecer a nuestros clientes internos y externos, instalaciones de LAN que cumplan con los estándares de rendimiento que la

tecnología actual y futura exige así como soportar los futuros cambios, mejoras y ampliaciones que la tecnología de comunicaciones exige.

En el futuro deseamos contar en el campo de Tecsup con redes LAN con soporte de velocidades de transmisión de 1Gb/s o superior, instalaciones LAN inalámbricas y un tiempo de servicio de comunicaciones tendiendo al 100%.

1.5. Necesidades actuales y futuras.

En la actualidad las oficinas administrativas disponen de instalaciones de redes LAN operando a 10/100 Mbps. El número de conexiones de red es de 1 por área de trabajo. Con el aumento de servicios que cada año tenemos, la cantidad de personal se ha venido incrementando también y con ello el número de tomas de datos y ambientes de trabajo han tenido que cambiar con el consiguiente costo de implementación y modificación de la topología física de la red.

Por otro lado se ha incrementado el volumen de información que transmiten por la red los usuarios de las redes en Tecsup: el software, los datos, las comunicaciones por la red, las aplicaciones multimedia, la interacción por el campus virtual, en fin, son muchas las razones por el cual se ha hecho necesario renovar el cableado de red.

Se espera que en adelante se incrementen los requerimientos de servicios informáticos y de comunicaciones a nivel de campus. Por ejemplo, la telefonía IP se hará presente en todos los ambientes de trabajo, el incremento de la disposición de más equipos de cómputo y comunicaciones a mayores velocidades, por las aplicaciones que se van a requerir para el dictado de los cursos y carreras, la instrumentación y automatización computarizada va a seguir en crecimiento y el soporte de Campus Virtual para la casi totalidad de los cursos que impartimos, nos indican que si no realizamos una mejora en nuestras redes, como parte del plan de mejora continua de Tecsup, no podremos cumplir con la misión de la institución.

Es necesario disponer de al menos dos puntos de red de alta velocidad por cada área de trabajo o estudio, además de disponer de puntos de red para un futuro crecimiento.

Nuestra plataforma de red deberá soportar futuras migraciones a infraestructuras novedosas y también futuros cambios de disposición de la infraestructura académica o administrativa.

1.6. Objetivos del Proyecto

Dotar al Campus de Tecsup de una medio de transmisión de datos principal que garantice la disposición de un apropiado ancho de banda para mejorar los servicios de comunicación digital para usos académicos y administrativos.

Preparar la red informática de Tecsup para futuras actualizaciones en cuanto a tecnologías de comunicación de datos de alta velocidad.

Implementar una red trocal de datos que evite el congestionamiento del tráfico de datos y permita aprovechar la velocidad de transmisión contratada al proveedor de servicios de comunicaciones.

1.7. Alcances del Proyecto

Este proyecto sirve como modelo para cualquier empresa que quiera mejorar el rendimiento de sus instalaciones de redes de transmisión de datos, siga los procedimientos de diseño e implementación en lo que respecta a fibra óptica y se prepare para asimilar y aprovechar las tecnologías venideras.

El proyecto a presentar, el cual está implementado parcialmente en el Campo de Tecsup, detalla los procesos seguidos para diseñar una solución óptima para redes de alta velocidad basada en fibra óptica e implementarla detallando los pasos seguidos para el tendido, la elección de los medios, herramientas de conexión, selección de componentes, selección de rutas, montaje, pruebas y criterios empleados para su elección.

CAPÍTULO II

EL CABLEADO ESTRUCTURADO

2.1. Redes de alta velocidad.

En estos días, las redes LAN están cada vez más congestionadas y sobrecargadas. Para una cantidad de usuarios de red en constante crecimiento, algunos factores se han combinado para expandir las capacidades de las LAN tradicionales:

El entorno multitarea presente en los sistemas operativos de escritorio actuales Windows XP, Linux, etc., el uso de internet, la rapidez de los sistemas operativos y las aplicaciones cliente/servidor permiten transacciones de red simultáneas. Esta capacidad aumentada da como resultado una enorme demanda de recursos de red.

Es muy notorio el rápido crecimiento ocurrido en las redes LAN durante los últimos años. Después de la popularización del estándar Ethernet a la velocidad de 10 Mbps, surgieron los protocolos 100 Mbps Fast Ethernet, 155 Mbps ATM, 622 Mbps ATM, Gigabit Ethernet y 10 Gigabit Ethernet. Entonces hubo un avance rápido en las velocidades de transmisión para la atención de las necesidades de los usuarios, cada vez más exigentes, siendo necesaria también la actualización de la infraestructura existente para sostener los nuevos productos de alta velocidad. La evolución de la infraestructura para aplicaciones de alta velocidad (Gigabit) se inició por el uso de un dispositivo llamado VCSEL (Vertical Cavity Surface Emitting Laser), como una alternativa para la fuente de emisión de luz, pues el uso del diodo LED (Light Emitting Diodes) está limitado para las aplicaciones de hasta 622 Mbps. El VCSEL presenta desempeño en altas velocidades de transmisión similar a los láser tradicionales, aunque con un costo

mucho menor. También hubo una evolución del medio físico con la optimización de las fibras ópticas multimodo para aplicaciones Gigabit y 10 Gigabit, teniendo como objetivo atender y superar las longitudes de enlace estandarizadas para redes locales y presentar el mejor costo beneficio.

2.2. Cableado Estructurado.

Un sistema de cableado estructurado se define como el conjunto conformado por la configuración del cableado y los componentes asociados a un lugar determinado, los cuales han sido instalados para brindar una infraestructura de telecomunicaciones. Esta infraestructura tiene la intención de servir a un amplio rango de aplicaciones, tales como brindar servicios de telefonía o redes de computadoras.

En este trabajo, el cableado estructurado es definido desde el punto de vista del propietario de las instalaciones, en este sentido, el sistema de cableado estructurado empieza en el punto en el cual termina su responsabilidad el proveedor de servicios local, al cual llamaremos el punto de demarcación o servicios de entrada.

Cada sistema de cableado estructurado es único, las variantes se dan por ejemplo en:

- La estructura arquitectónica del edificio en el cual se instala la red.
- Los cables y productos de conexión.
- La función del cableado de red.
- Los tipos de equipos que soportará la instalación del cableado de red, en el presente y en el futuro.
- La configuración del cableado de red instalado.
- Los requerimientos de los usuarios.
- Las garantías ofrecidas por los fabricantes.

Además de que la instalación específica es única, la mayoría de componentes de un sistema de cableado estructurado y los métodos usados para las terminaciones y el mantenimiento de la instalación están soportados por estándares. La estandarización de las instalaciones de cableado es necesaria porque necesitamos asegurar un aceptable rendimiento del sistema no

importando las dimensiones o complejidad del mismo. Los estándares a aplicar en la industria del cableado en nuestro entorno americano son los de la TIA/EIA, quienes han creado una serie de estándares para diseñar, instalar y dar mantenimiento a las instalaciones de cableado de todos los tipos.

Siguiendo estos estándares, nos ayudaremos para asegurarnos un apropiado sistema de cableado estructurado.

Los beneficios de seguir estos estándares incluyen lo siguiente:

- Consistencia en el diseño y en la instalación.
- Conformidad entre los requerimientos físicos con la línea de transmisión.
- Disponer de una base para examinar una expansión del sistema de cableado y otros cambios.
- Poseer documentación uniforme.

La siguiente ilustración muestra una instalación genérica de cableado estructurado. El término estándar de la industria para una instalación de red el cual sirve a un área relativamente pequeña (tal como lo hace una instalación de red en un edificio o en un campo privado), es una red de área local o Local Area Network (LAN).

2.3 Componentes del Cableado Estructurado.

Las instalaciones LAN, como se muestra en la figura 2.1 incluyen todas o la mayoría de las siguientes partes:

- Servicios de entrada.
- Cableado principal o backbone.
- Cableado horizontal o de distribución.
- Salidas del área de trabajo.
- Sala de equipos (MC).
- Closet de telecomunicaciones (HC o CT).
- Servicios de interconexión o conexión cruzada.

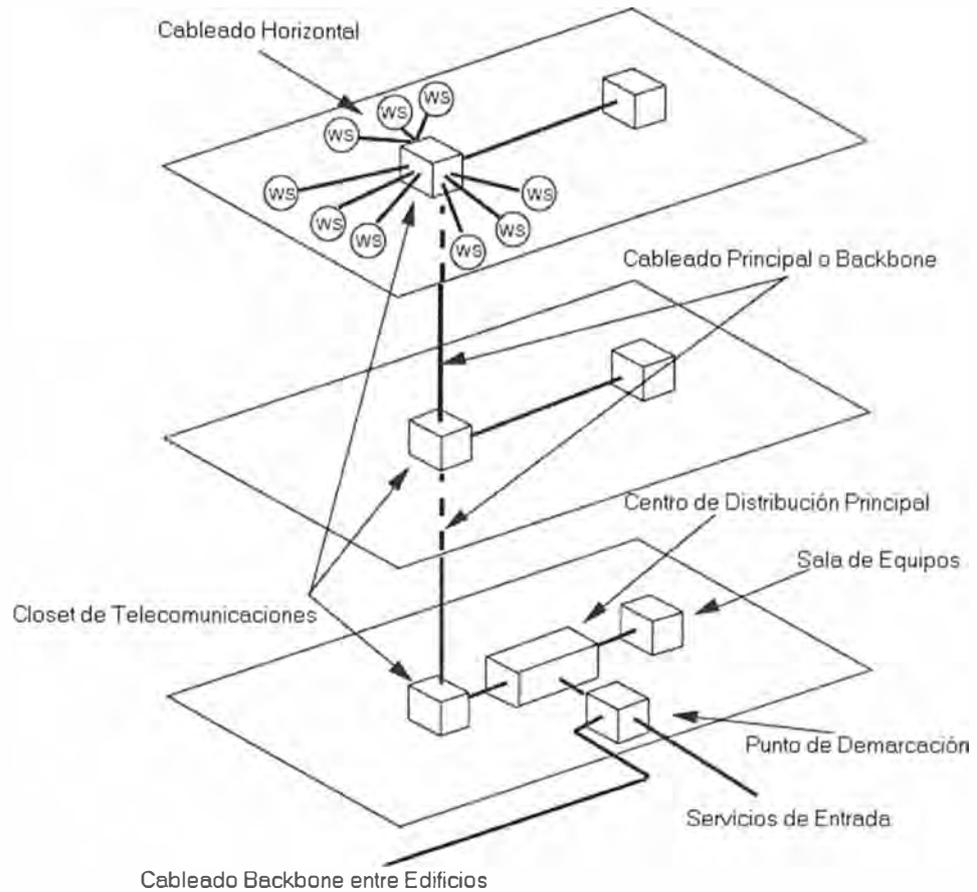


Figura 2.1: Componentes del Cableado Estructurado

2.3.1 Servicios de Entrada.

Los servicios de entrada incluyen los componentes de red necesarios para brindar un medio para conectar los servicios brindados por los proveedores de servicio externos para nuestra instalación, ver figura 2.2. Estos pueden incluir lo siguiente:

- Cables.
- Hardware de conexión.
- Dispositivos eléctricos de protección.
- Hardware de transición.
- Otros equipos.

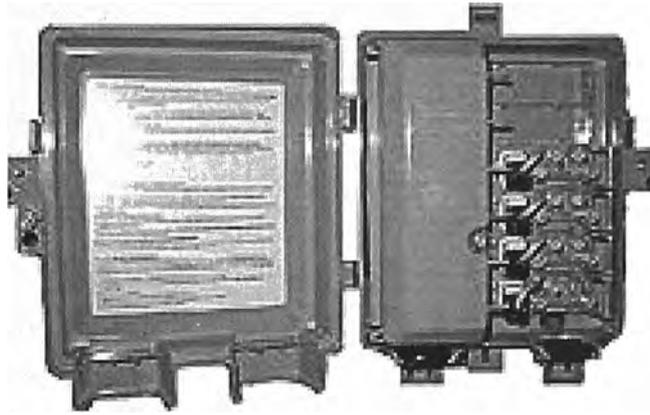


Figura 2.2: Caja usada en los servicios de entrada

El proveedor de servicios local es responsable de la instalación de los componentes anteriormente listados para un punto de demarcación específico, el cual actúa como interfase entre el proveedor de servicios y el propietario de la instalación.

Existen tres tipos de servicios de entrada:

- Subterránea.
- Empotrado.
- Aéreo.

Los servicios de entrada subterráneos tienen la ventaja de:

- Conservar la estética del edificio.
- Son adaptables para futuros cambios.
- Brindan una seguridad adicional a los cables.

Sus desventajas son:

- Requieren un alto costo inicial.
- Requieren de una cuidadosa planificación del enrutamiento.
- Pueden presentar un paso probable de agua o gas hacia el edificio si la entrada no es apropiadamente sellada.

Los servicios de entrada empotrados, presentan como ventajas:

- Conservan la estética del edificio.
- Normalmente tienen un bajo costo inicial.
- Pueden superar obstrucciones con facilidad.

Sus desventajas son:

- Son inflexibles para futuras modificaciones.

Los servicios de entrada aéreos presentan las siguientes ventajas:

- Brindan el más bajo costo de instalación.
- Son fácilmente disponibles para el mantenimiento.

Las desventajas que presentan son:

- Afectan la estética del edificio.
- Están expuestos al tráfico y a la vista de los transeúntes.
- Pueden dañar el exterior del edificio.
- Están expuestos a las condiciones ambientales: viento, granizo, etc.

2.3.2 El cableado principal o backbone.

El término backbone es usado para describir a los cables que conducen el mayor tráfico de la red entre las áreas de distribución dentro del edificio o campo.

La función del cableado principal o backbone es brindar interconexión entre los closet de telecomunicaciones, salas de equipo y servicios de entrada en la estructura del sistema de cableado de telecomunicaciones. El cableado backbone consiste de los cables backbone, conexiones cruzadas principales e intermedias, terminaciones mecánicas, cables de parcheo (patch cord) o jumpers usados para conexión cruzada de backbone a backbone. El cableado principal también incluye el cableado entre edificios.

Los principales componentes del cableado backbone son los siguientes:

- Pasos del cableado: bandejas, conduits, canaletas y penetraciones en el piso (tales como sleeves o slots) los cuales dan espacio de enrutamiento para los cables.
- Los cables: fibra óptica, cable UTP y otros.
- Hardware de conexión: bloques de conexión, paneles de empalme (patch panel), interconexiones, conexiones cruzadas o alguna combinación de estos componentes.
- Facilidades de soporte misceláneo: como hardware de soporte de cables, cortafuegos (firestopping) y hardware de puesta a tierra.

Debemos tener en cuenta ciertas consideraciones al diseñar sistemas de cableado principal:

- El ciclo de vida del cableado principal debe ser estimado tomando en cuenta varios periodos de crecimiento o expansión (típicamente de 3 a 10 años). Esto es más corto que el tiempo de vida estimado para los sistemas de cableado de red (típicamente de varias décadas).
- En el periodo de planeamiento priorizar la máxima cantidad de cable backbone a proyectar, en vista que los cambios y expansiones durante este periodo deben ser acomodadas sin necesidad de instalar cableado adicional.
- Planificar el enrutamiento y estructura de soporte del cableado de cobre de tal manera que evite áreas donde existan fuentes de Interferencias Electromagnéticas (EMI).

2.3.3 El cableado horizontal o de distribución.

El término horizontal es empleado en vista que el cableado de distribución del sistema de cableado típicamente se extiende horizontalmente en el piso o en el cielo de un edificio.

La EIA/TIA define al cableado horizontal de la siguiente manera:

“El sistema de cableado horizontal es la porción del sistema de cableado de telecomunicaciones que se extiende desde la toma de telecomunicaciones del área de trabajo hasta la conexión cruzada horizontal en el closet de telecomunicaciones como se muestra en la figura 2.3. El cableado horizontal incluye los cables horizontales, las tomas de telecomunicaciones del área de trabajo, la terminación mecánica y los patch cord o puentes usados en el closet de telecomunicaciones.

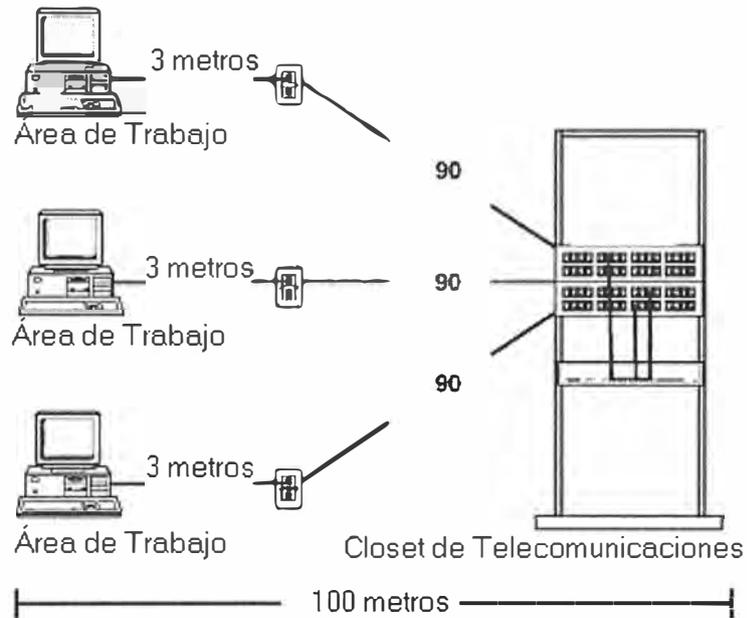


Figura 2.3: El Cableado Horizontal

El sistema de cableado horizontal consiste de dos elementos básicos: El cable horizontal y su hardware de conexión. Brinda el medio de transporte a las señales entre las tomas del área de trabajo y la conexión cruzada horizontal ubicada en el closet de telecomunicaciones. Esta unidad de cableado y su hardware de conexión en conjunto reciben el nombre de enlace (link).

Rutas y espacios horizontales: Usado para distribuir y soportar el cableado horizontal y el hardware de conexión entre la toma del área de trabajo y el closet de telecomunicaciones.

Ciertas consideraciones deben ser tomadas en cuenta cuando seleccionamos el cableado horizontal.

- La máxima longitud del cableado horizontal es de 90 metros (295 pies)
- Un mínimo de dos tomas de telecomunicaciones por área de trabajo se requiere para cumplir con el estándar TIA/EIA 568-A.
- El cableado horizontal no es generalmente fácil de acceder. El tiempo, esfuerzo y habilidades requeridas pueden hacer de los futuros cambios una tarea muy costosa.

- Debe acomodarse a una variedad de aplicaciones de los usuarios (por ejemplo voz, datos y servicios de vídeo) para minimizar los cambios requeridos cuando se necesite evolucionar.
- El enrutamiento y la estructura de soporte del cableado horizontal basado en cobre debe evitar las áreas donde existan fuentes potenciales de EMI.

2.3.4 El área de trabajo

El área de trabajo incluye los componentes que se extienden desde la toma del área de trabajo hasta el equipo y el cable mismo. Estos equipos están fuera de la cobertura de la EIA/TIA 568-A y pueden incluir teléfonos, terminales de datos, equipos de video y computadoras.

Cuando se planifique el cableado del área de trabajo, tenga presente los siguientes puntos:

- Los cables de parcheo o patch cords están diseñados para hacer cambios de conexión en forma rápida.
- La máxima longitud del cable patch cord del área de trabajo es estimada en 3m.
- Un patch cord debe tener generalmente idénticos conectores en ambos extremos.
- Cuando se requieran según las aplicaciones, adaptadores específicos (adaptadores de medio, etc.) en el área de trabajo, estos deben ser externos a la toma del área de trabajo.

2.3.5 La sala de equipos:

Una sala de equipos es un espacio de propósito general que sirve para brindar un apropiado entorno de operación para los equipos de telecomunicaciones. Las salas de equipos son generalmente consideradas para servir a un edificio o campo en forma íntegra, mientras que los cuartos de telecomunicaciones sirven a un piso del edificio o a una porción del campo generalmente.

Las salas de equipos también suelen recibir el nombre de closet principal.

Una sala de equipos se caracteriza por:

- Tener las terminaciones y conexiones cruzadas del cableado principal o backbone con el cableado horizontal.
- Brinda espacio de trabajo para el personal de servicio.
- Están diseñados de acuerdo a requerimientos específicos asociados con el costo, tamaño, importancia y complejidad de los equipos.
- Puede también servir como parte de un servicio de entrada o como un closet de telecomunicaciones.

Aunque una sala de equipos sirve generalmente a un edificio entero, ocasionalmente los edificios emplean más de una sala de equipos para poder brindar alguno de los siguientes servicios:

- Separar el hardware de comunicaciones para diferentes tipos de equipos o servicios.
- Redundancia de instalaciones, como una estrategia para la recuperación ante desastres.
- Instalaciones separadas para cada arrendatario en un edificio multiempresarial.

Ciertas consideraciones deben tenerse en cuenta para una sala de equipos:

- Debe ser versátil. Una sala de equipos debe estar diseñada para acomodarse a las aplicaciones actuales como a las aplicaciones futuras. Debe ser capaz de soportar ampliaciones y soportar cambios, reemplazos y actualizaciones de equipos durante su vida, con mínimo costo e interrupción del servicio.
- Debe cumplir con los requerimientos eléctricos de iluminación, aire acondicionado y carga.

2.3.6 El closet de telecomunicaciones:

El closet de telecomunicaciones difiere de la sala de equipos y de los servicios de entrada en que ellos están generalmente considerados para atender a un piso y no a un edificio. El closet sirve como:

- Punto de terminación para el cableado horizontal y principal sobre hardware de conexión compatible.
- Almacena la conexión cruzada horizontal.
- Puede contener puntos de conexión cruzada intermedios para diferentes partes del sistema de cableado principal.

- Brinda un entorno controlado para los equipos de telecomunicaciones, hardware de conexión y empalmes.

Se debe considerar lo siguiente en el planeamiento de los closet de telecomunicaciones:

- El tamaño del edificio, el área útil a servir, las necesidades de los ocupantes y el servicio de telecomunicaciones a ser utilizado.
- Optimice la capacidad del closet de telecomunicaciones para amoldarse a los cambios.
- Cumplir con los requerimientos eléctricos de iluminación, aire acondicionado y carga.

2.3.7 Conexiones Cruzadas:

Una de las funciones primarias de los closet de telecomunicaciones es alojar a las conexiones cruzadas (cross-connects) y a las interconexiones.

En las figuras 2.4 y 2.5 se aprecian ambas conexiones:

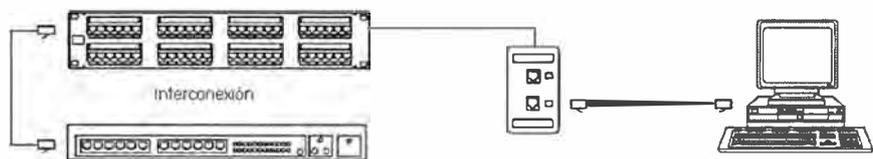


Figura 2.4: Interconexión en el closet de telecomunicaciones

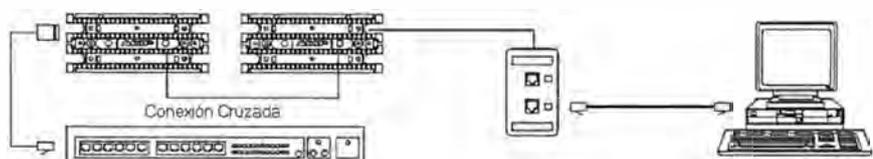


Figura 2.5: Conexión cruzada en el closet de telecomunicaciones

Existen tres tipos de conexiones cruzadas:

- Conexión cruzada principal: se da en la sala de equipos para interconectar cables del servicio de entrada, cables principales o backbone y cables de equipos.

- Conexión cruzada intermedia: son conexiones cruzadas en el cableado principal que se dan entre la conexión cruzada principal y la conexión cruzada horizontal.
- Conexión cruzada horizontal: es una conexión entre el cableado horizontal y otro cable y equipo.

La EIA/TIA 568-A da las siguientes recomendaciones generales respecto a todas las conexiones cruzadas.

- El cableado horizontal y backbone o principal deben estar terminados permanentemente sobre hardware de conexión que cumpla con los requerimientos de la EIA/TIA 568-A.
- Todas las conexiones entre cableado horizontal y principal deben ser conexiones cruzadas.
- Los cables de equipo que se consolidan en varios puertos sobre un conector único deben ser terminados en hardware de conexión dedicado.
- Los cables de equipos pueden ser conectados tanto con conexión cruzada o con interconexión al horizontal o terminación principal.
- La interconexión directa reduce el número de conexiones requeridas para configurar un enlace, pero también reduce la flexibilidad.

CAPÍTULO III LA FIBRA ÓPTICA

La fibra óptica es un conducto, rígido o flexible, de plástico o de vidrio (sílice), que es capaz de conducir un haz de luz inyectado en uno de sus extremos y que mediante sucesivas reflexiones que lo mantienen dentro de sí lo hace salir por el otro extremo. Es decir, es una guía de onda y en este caso la onda es de luz como se aprecia en la figura 3.1.

Las aplicaciones son muy diversas yendo desde la transmisión de datos hasta la conducción de la luz solar hacia el interior de edificios, o hacia donde pudiera ser peligroso utilizar la iluminación convencional por presencia de gases explosivos. También es utilizada en medicina para transmitir imágenes desde dentro del cuerpo humano.

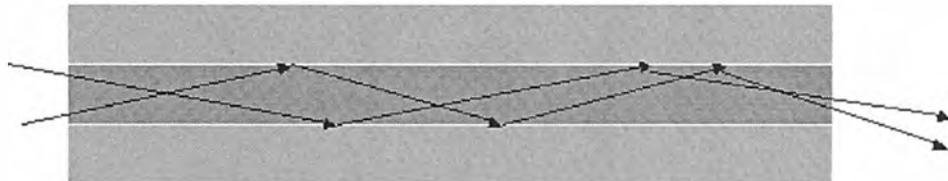


Figura 3.1: Propagación de luz en la fibra óptica

3.1. Tipos de fibra óptica.

El cable de fibra óptica se constituye principalmente de un núcleo rodeado de un revestimiento como se aprecia en la figura 3.2. La diferencia entre sus índices de refracción (indicados con n) es lo que hace que el haz de luz se mantenga dentro del núcleo (siempre que el haz haya entrado con el ángulo apropiado y el n del núcleo sea mayor que el del revestimiento).

Entonces habrá cables con:

- núcleo y revestimiento de plástico.
- núcleo de vidrio y revestimiento de plástico (PCS=plastic clad silica).
- núcleo y revestimiento de vidrio (SCS=silica clad silica).

Los conductores de fibra óptica comúnmente utilizados en transmisión de datos son de un grosor comparable a un cabello, variando el núcleo entre los 8 y las 100 μm (micras), y el revestimiento entre 125 y 140 μm .

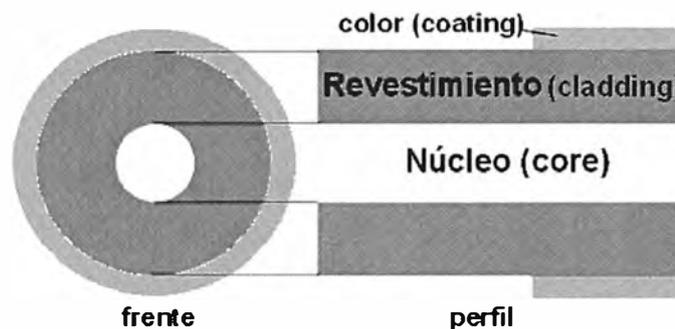


Figura 3.2: Partes de una fibra óptica

Adicionalmente, los conductores ópticos tienen un revestimiento de color que sigue un código de identificación o numeración, el cual varía según el fabricante/norma.

Existe otra clasificación, según la variación del índice de refracción dentro del núcleo, como apreciamos en la figura 3.3, y según la cantidad de MODOS (haces de luz) :

- Multimodo de índice escalonado (Multimode step index) MM.
- Multimodo de índice gradual (Multimode graded index) MM.
- Monomodo (índice escalonado) (Single Mode step index) SM.

Nota: La cantidad de modos no es infinita y se puede calcular en base al radio del núcleo, la longitud de onda de la luz que se propaga por la fibra y la diferencia de índices de refracción entre núcleo y revestimiento.

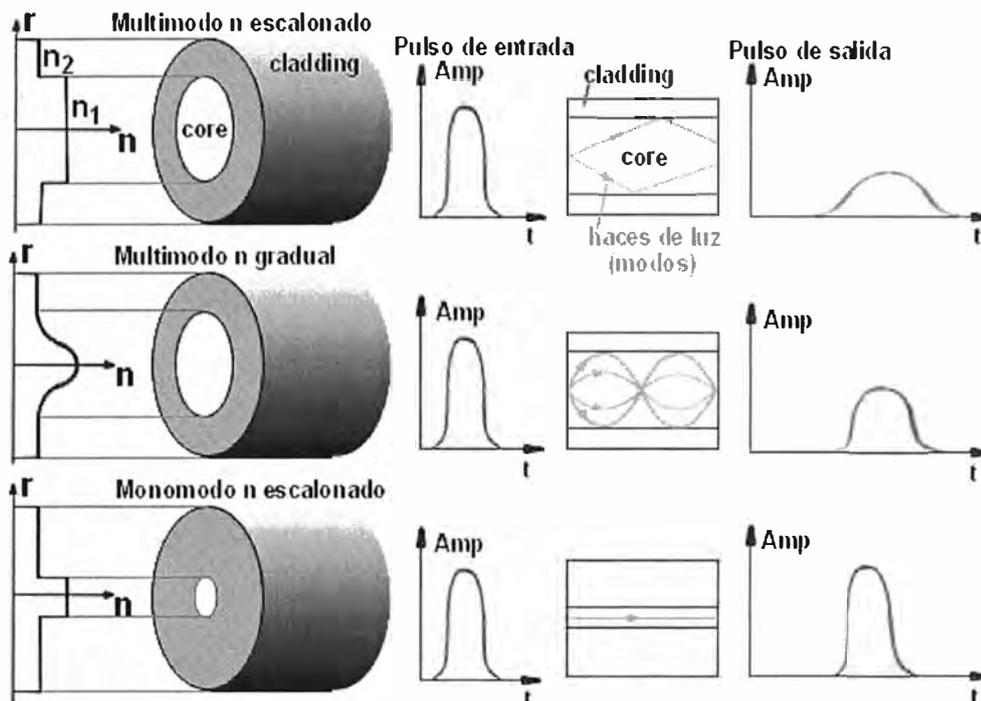


Figura 3.3: Tipos de fibra óptica

Como se puede observar en la gráfica del centro de la figura anterior, en el núcleo de una fibra multimodo de índice gradual el índice de refracción es máximo en el centro y va disminuyendo radialmente hacia afuera hasta llegar a igualarse al índice del revestimiento justo donde éste comienza. Por esto es que los modos (haces) se van curvando como lo muestra el dibujo. Dado que la velocidad de propagación de un haz de luz depende del índice de refracción, sucederá entonces que los modos al alejarse del centro de la fibra por un lado viajarán más rápido y por otro, al curvarse, recorrerán menor distancia, resultando todo esto en un mejoramiento del ancho de banda respecto a la de índice escalonado.

3.2 Cables de fibra óptica.

A la fibra óptica desnuda (núcleo+revestimiento+color) se le agregan protecciones adicionales contra esfuerzos de tracción, aplastamiento y humedad como se muestra en el cable de fibra óptica para exteriores de la figura 3.4.

El revestimiento primario que le da el color a cada fibra (coating) sirve además como una primera protección

3.2.1 Cables para ductos

Poseen protección secundaria y vienen con fibra en formato de tipo adherente o apretada (Tight buffer), usadas por ejemplo en pigtaills y patchcords.

También la fibra puede venir con buffer en tubo suelto (Loose buffer) los cuales poseen un elemento de tracción con alambre de acero latonado, hilado sintético Kevlar o de Aramid y hasta fibras de vidrio. Estos cables poseen un relleno que impide la penetración de humedad, se trata de un gel siliconado (silica gel).

Todos poseen una cinta antiflama y su empaquetado es con una envoltura en mylar.

Disponen de una protección mecánica antiflama y protección contra radiación UV además de protección contra la humedad, cubierta externa tipo PALP (Polietileno-Aluminio-Polietileno).

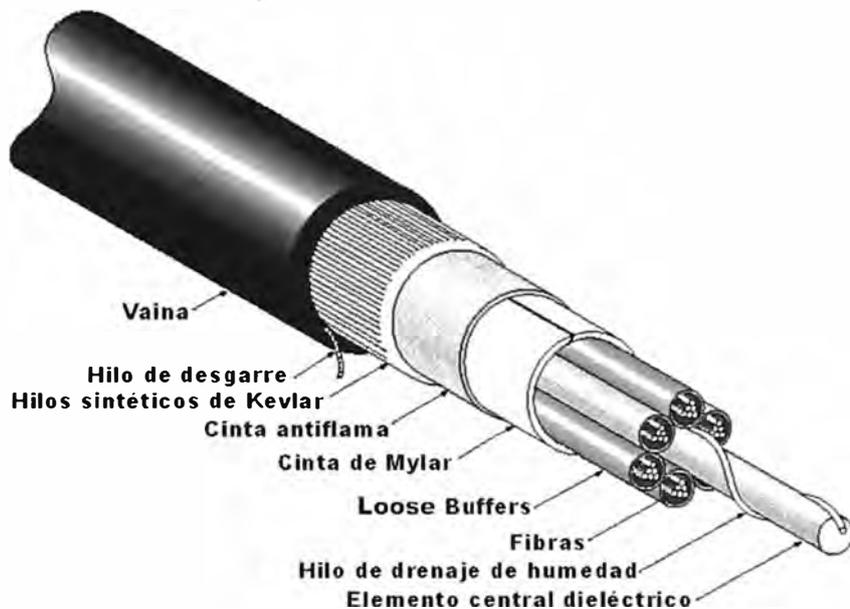


Figura 3.4: Cable de fibra óptica para exteriores

3.2.2 Cables aéreos auto soportados

Poseen un elemento de suspensión o mensajero para el tendido aéreo entre postes o columnas, tal como se muestra en las figura 3.5 y 3.6.

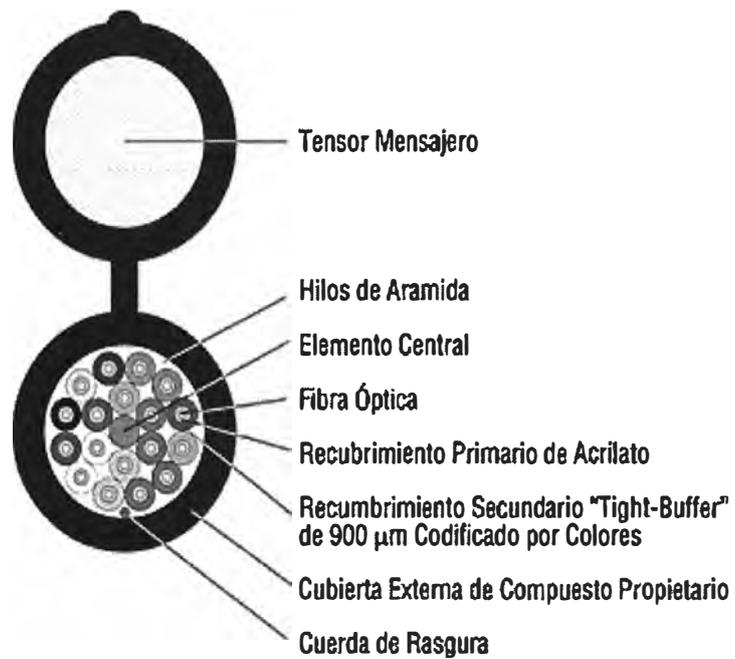


Figura 3.5: Cable de fibra óptica autosoportado

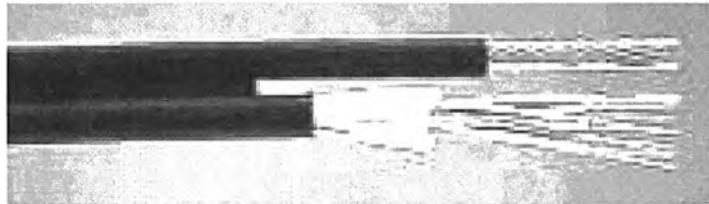


Figura 3.6: Cable de fibra óptica con mensajero

3.2.3 Cables de interconexión e interiores.

Poseen un recubrimiento secundario del tipo apretado (tight buffer) en lugar del tubo, tal como se muestra en las figuras 3.7 y 3.8 .

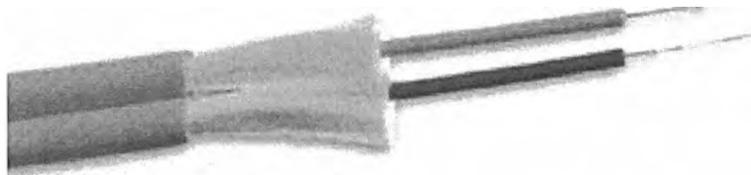


Figura 3.7: Cable zipcord de fibra óptica

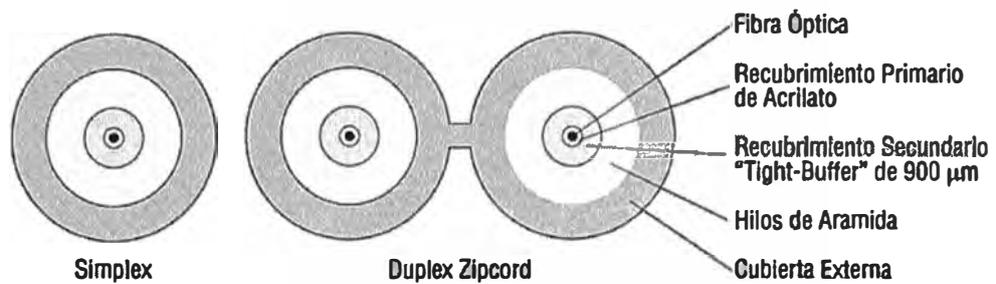


Figura 3.8: Cables de fibra con buffer ajustado o tight buffer

3.2.4 Códigos de colores para identificación numérica

Para identificar cada fibra y cada grupo de fibras contenidas en los tubos buffer se utilizan diversos códigos de colores que varían de un fabricante a otro:

En la figura 3.9 se muestra el código de colores de los cables fabricados por SIECOR (Siemens/Corning Glasses):

	1 = VERDE
	2 = ROJO
	3 = AZUL
	4 = AMARILLO
	5 = GRIS
	6 = VIOLETA
	7 = MARRON
	8 = NARANJA

Figura 3.9: Código de colores de cables Siecor

Entonces, como ejemplo, si tenemos dos tubos buffer, uno verde y el otro rojo, con 8 fibras cada uno, la numeración de las fibras será como se muestra en la figura 3.10:

BUFFER	FIBRA N°
VERDE	1 = VERDE 2 = ROJA 3 = AZUL 4 = AMARILLA 5 = GRIS 6 = VIOLETA 7 = MARRON 8 = NARANJA
ROJO	9 = VERDE 10 = ROJA 11 = AZUL 12 = AMARILLA 13 = GRIS 14 = VIOLETA 15 = MARRON 16 = NARANJA

Figura 3.10: Ejemplo de numeración de fibras

CAPÍTULO IV

LAS COMUNICACIONES ÓPTICAS

El primer intento de utilizar la luz como soporte para una transmisión fue realizado por Alexander Graham Bell, en el año 1880. Utilizó un haz de luz para llevar información, pero se evidenció que la transmisión de las ondas de luz por la atmósfera de la tierra no es práctica debido a que el vapor de agua, oxígeno y partículas en el aire absorben y atenúan las señales en las frecuencias de luz. La solución se halló en una guía de onda denominada fibra óptica.

La fibra óptica fue obtenida en 1951, con una atenuación de 1000 dB/Km. (al incrementar la distancia 3 metros la potencia de luz disminuía $\frac{1}{2}$), estas pérdidas restringía, las transmisiones ópticas a distancias cortas. En 1970, la compañía de CORNING GLASS de Estados Unidos fabricó un prototipo de fibra óptica de baja pérdida, con 20 dB/Km. Luego se consiguieron fibras de 7 dB/Km. (1972), 2.5 dB/Km. (1973), 0.47 dB/Km. (1976), 0.2 dB/Km. (1979). Por tanto a finales de los años 70 y a principios de los 80, el avance tecnológico en la fabricación de cables ópticos y el desarrollo de fuentes de luz y detectores, abrieron la puerta al desarrollo de sistemas de comunicación de fibra óptica de alta calidad, alta capacidad y eficiencia. Este desarrollo se vio apoyado por diodos emisores de luz LEDs, Fotodiodos y LASER (amplificación de luz por emisión estimulada de radiación).

4.1 Ventajas de la tecnología de la fibra óptica.

Las señales se pueden transmitir a través de zonas eléctricamente ruidosas con muy bajo índice de error y sin interferencias eléctricas. Las características de transmisión son prácticamente inalterables debido a los cambios de temperatura, siendo innecesarios y/o simplificadas la ecualización y compensación de las variaciones en tales propiedades. Se mantiene estable entre -40 y 200 °C . Por tanto dependiendo de los requerimientos de comunicación la fibra óptica puede constituir el mejor sistema.

4.1.1 Baja Atenuación

Las fibras ópticas son el medio físico con menor atenuación. Por lo tanto se pueden establecer enlaces directos sin repetidores, de 100 a 200 Km con el consiguiente aumento de la fiabilidad y economía en los equipamientos.

4.1.2 Gran ancho de banda

La capacidad de transmisión es muy elevada, además pueden propagarse simultáneamente ondas ópticas de varias longitudes de onda que se traduce en un mayor rendimiento de los sistemas. De hecho 2 fibras ópticas serían capaces de transportar, todas las conversaciones telefónicas de un país, con equipos de transmisión capaces de manejar tal cantidad de información (entre 100 MHz/Km a 10 GHz/Km).

4.1.3 Peso y tamaño reducidos.

El diámetro de una fibra óptica es similar al de un cabello humano. Un cable de 64 fibras ópticas, tiene un diámetro total de 15 a 20 mm y un peso medio de 250 Kg/km. Si comparamos estos valores con los de un cable de 900 pares calibre 0.4 (peso 4,000 Kg/Km y diámetro 40 a 50 mm) se observan ventajas de facilidad y costo de instalación, siendo ventajoso su uso en sistemas de ductos congestionados, cuartos de computadoras o el interior de aviones.

4.1.4 Gran flexibilidad y recursos disponibles.

Los cables de fibra óptica se pueden construir totalmente con materiales dieléctricos, la materia prima utilizada en la fabricación es el dióxido de silicio (SiO_2) que es uno de los recursos más abundantes en la superficie terrestre.

4.1.5 Aislamiento eléctrico entre terminales.

Al no existir componentes metálicos (conductores de electricidad) no se producen inducciones de corriente en el cable, por tanto pueden ser instalados en lugares donde existen peligros de cortes eléctricos.

4.1.6 Ausencia de radiación emitida.

Las fibras ópticas transmiten luz y no emiten radiaciones electromagnéticas que puedan interferir con equipos electrónicos, tampoco se ve afectada por radiaciones emitidas por otros medios, por lo tanto constituyen el medio más seguro para transmitir información de muy alta calidad sin degradación.

4.1.7 Costo y mantenimiento

El costo de los cables de fibra óptica y la tecnología asociada con su instalación ha caído drásticamente en los últimos años. Hoy en día, el costo de construcción de una planta de fibra óptica es comparable con una planta de cobre. Además, los costos de mantenimiento de una planta de fibra óptica son muy inferiores a los de una planta de cobre. Sin embargo si el requerimiento de capacidad de información es bajo la fibra óptica puede ser de mayor costo.

4.2 Desventajas de la fibra óptica

El costo de la fibra sólo se justifica cuando su gran capacidad de ancho de banda y baja atenuación es requerida. Para bajo ancho de banda puede ser una solución mucho más costosa que el conductor de cobre.

La fibra óptica no transmite energía eléctrica, esto limita su aplicación donde el terminal de recepción debe ser energizado desde una línea eléctrica. La energía debe proveerse por conductores separados.

Las moléculas de hidrógeno pueden difundirse en las fibras de silicio y producir cambios en la atenuación. El agua corroe la superficie del vidrio y resulta ser el mecanismo más importante para el envejecimiento de la fibra óptica.

Incipiente normativa internacional sobre algunos aspectos referentes a los parámetros de los componentes, calidad de la transmisión y pruebas.

La propagación se realiza cuando un rayo de luz ingresa al núcleo de la fibra óptica y dentro de él se producen sucesivas reflexiones en la superficie de separación núcleo – revestimiento, ver la composición de la fibra en la figura 4.1.

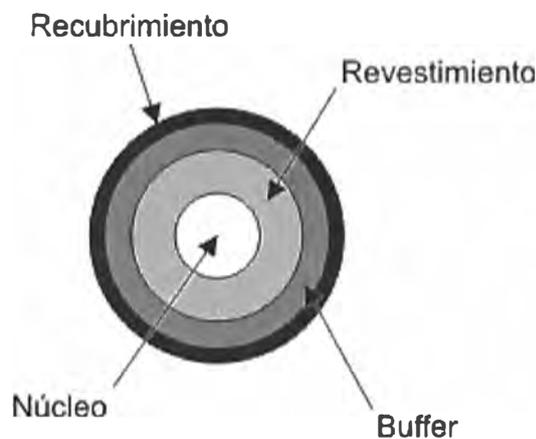


Figura 4.1: Sección de una fibra óptica

La condición más importante para que la fibra óptica pueda confinar la luz en el núcleo y guiarla es que: $n_1 > n_2$

Para describir los mecanismos de propagación se usará la óptica geométrica. Se basa en que la luz se considera como rayos angostos, donde la reflexión ocurre en la frontera de dos materiales de índices de refracción diferentes.

En el vacío las ondas electromagnéticas se propagan con la velocidad de la luz 299.792.456 km/seg.

En el aire se puede aproximar a: $c = 300,000$ km/seg.

Si se tiene un material con distinto índice de refracción al del aire, su velocidad será ligeramente distinta a la de la luz dependiente de n de acuerdo con la fórmula 4.1

$$v = c/n \quad (4.1)$$

Relación que puede escribirse

$$n = c/v \quad (4.2)$$

donde:

c = es la velocidad de la luz (3.000.000.000 m/s) en el aire

v = es la velocidad de la luz en un material específico.

n = índice de refracción

Cuando un rayo incide en la frontera entre dos medios con diferentes índices de refracción, el rayo incidente será refractado con distinto ángulo, según la ley de refracción de Snell dada por la fórmula 4.3.

$$\text{sen } \theta_1 / \text{sen } \theta_2 = v_1/v_2 \quad (4.3)$$

De donde

$$n_2 \text{sen } \theta_2 = n_1 \text{sen } \theta_1 \quad (4.4)$$

n_1 = índice de refracción del material 1 (adimensional)

n_2 = índice de refracción del material 2 (adimensional)

θ_1 = es el ángulo de incidencia (grados)

θ_2 = es el ángulo de refracción (grados)

v_1 = velocidad en el material 1

v_2 = velocidad en el material 2

La representación de la ley de Snell se muestra en la figura 4.2 que se encuentra a continuación.

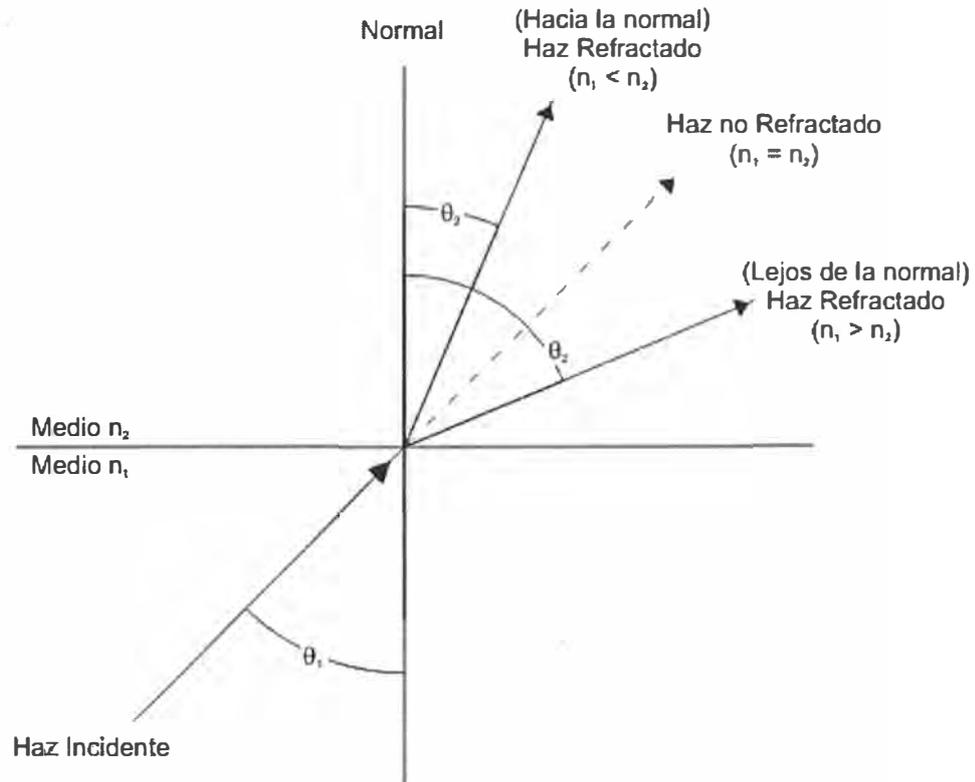


Figura 4.2: Refracción de Snell

En la frontera, el haz incidente se refracta hacia la normal o lejos de ella, dependiendo si n_1 es menor o mayor que n_2 .

Esto implica que si un rayo ingresa de un medio menos denso (índice refractivo más bajo) a otro más denso (índice refractivo más alto) ($n_1 < n_2$), el rayo se refracta con un ángulo menor con respecto a la perpendicular de la frontera.

En el caso contrario cuando un rayo incide de un medio más denso hacia otro menos denso, el rayo se refracta con un ángulo mayor con respecto a la perpendicular de la frontera.

Ángulo crítico: Puesto que los rayos se alejan de la normal cuando entran en un medio menos denso, el ángulo de incidencia, denominado ángulo crítico, resulta cuando el rayo refractado forma un ángulo de 90° con la normal, (superficie de separación entre ambos medios). Si el ángulo de incidencia se hace mayor que el ángulo crítico, los rayos de luz serán totalmente reflejados. Ver la figura 4.3:

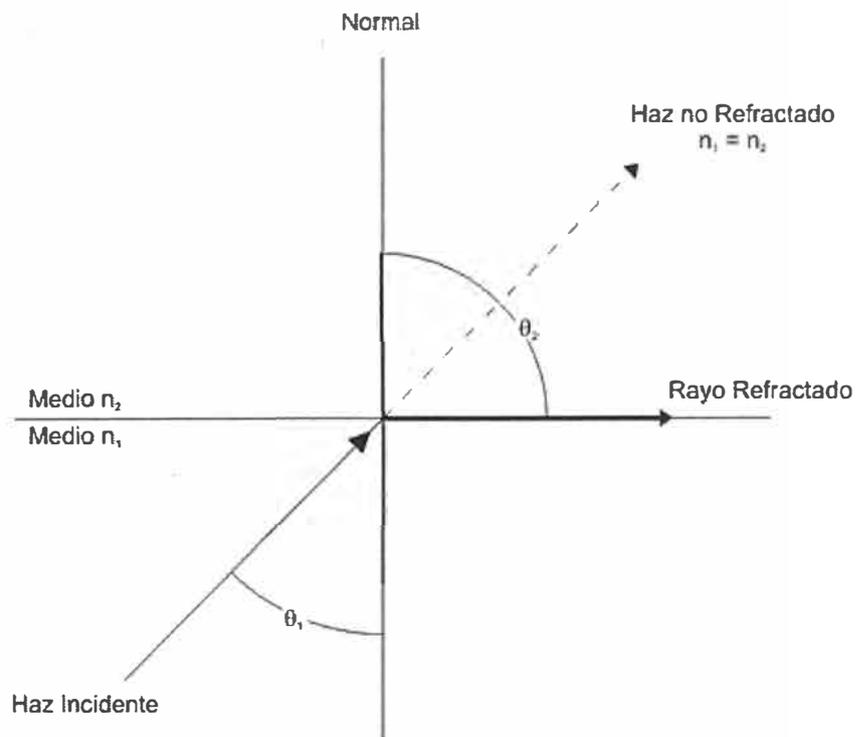


Figura 4.3: Ángulo crítico

Por Snell, (fòrmula 4.3):

$$n_2 \text{sen } \theta_2 = n_1 \text{sen } \theta_1$$

$$\text{Si } \theta_2 = 90^\circ$$

$$\theta_1 = \theta_c = \text{ángulo crítico}$$

$$\theta_c = \text{sen}^{-1}(n_2/n_1) \quad (4.4)$$

Entonces para $\theta_1 > \theta_c$ tendremos reflexión interna total

Índices de refracción de varios materiales se indican en la tabla 4.1.

Tabla 4.1: Índice de refracción de algunos medios

MEDIO	INDICE DE REFRACCION
Vacío	1.0
Aire	1.0003
Agua	1.33
Alcohol etílico	1.36
Cuarzo fundido	1.46
Fibra de vidrio	1.5-1.9
Diamante	2.0-2.42
Silicio	3.4
Galio Arseniuro	3.6

El ángulo crítico considerando el aire y el vidrio será:

$$\text{Para el aire } n_2 = 1$$

$$\text{Vidrio } n_1 = 1.5$$

$$1.5 \operatorname{sen} \theta_1 = 1$$

$$\theta_1 = 41.8^\circ$$

4.3 Transmisión por fibra óptica.

Consiste en convertir una señal eléctrica en una óptica, que puede estar formada por pulsos de luz (digital) o por un haz de luz modulado (analógica). La señal saliente del transmisor, se propaga por la fibra hasta llegar al receptor, en el cual se convierte la señal nuevamente a eléctrica como apreciamos en la figura 4.4.



Figura 4.4: Comunicación óptica

Para transmitir información mediante señales luminosas a través de un conductor (fibra óptica) se requiere que en el punto emisor y receptor existan elementos para convertir las señales eléctricas en ópticas y viceversa.

En el extremo emisor la intensidad de una fuente luminosa se modula mediante una señal eléctrica y en el extremo receptor, la señal óptica se convierte en una señal eléctrica

4.4 Emisores ópticos.

Entre los emisores ópticos tenemos a los diodos LED y los diodos LASER.

4.4.1 Diodos LED

Son fuentes de luz con emisión espontánea o natural (no coherente), son diodos semiconductores de unión p-n que para emitir luz se polarizan directamente, ver la figura 4.5.

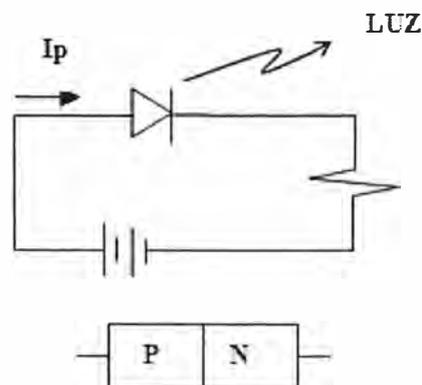


Figura 4.5: Emisor LED

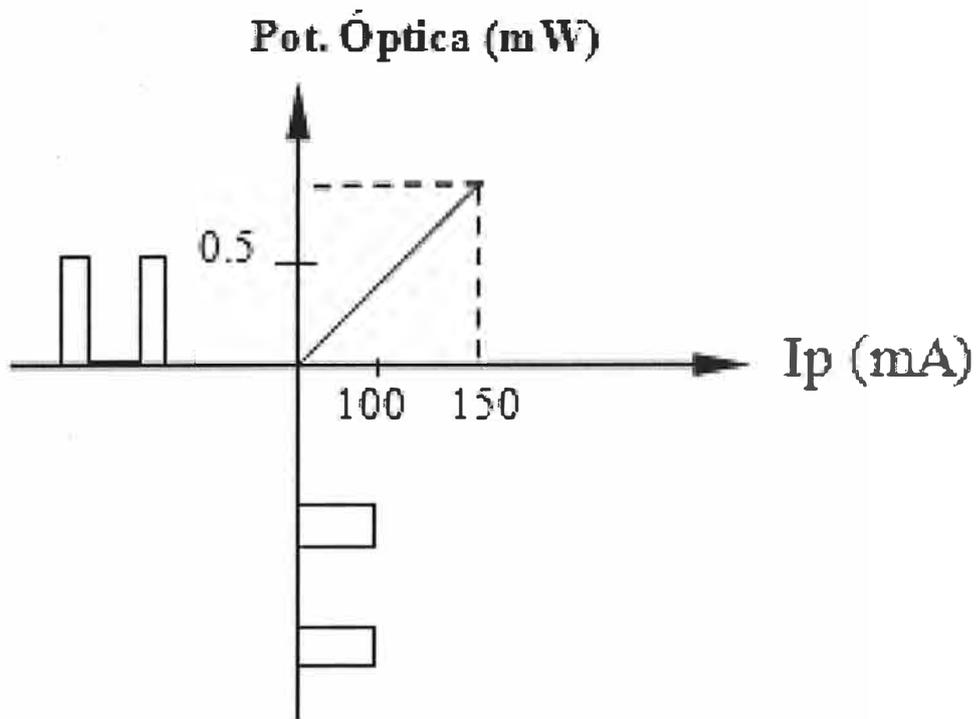


Figura 4.6: Corriente y potencia óptica en un LED

I_p = corriente de polarización del diodo.

La energía luminosa emitida por el LED es proporcional al nivel de corriente de la polarización del diodo, como se representa en la figura 4.6.

En la figura anterior vemos la representación característica de potencia óptica-corriente de polarización.

Existen dos tipos de LED:

LED de superficie que emite la luz a través de la superficie de la zona activa.

LED de perfil que emite a través de la sección transversal (este tipo es más direccional).

4.4.2 Diodos Láser (LD).

Son fuentes de luz coherente de emisión estimulada con espejos semi reflejantes formando una cavidad resonante, la cual sirve para realizar la retroalimentación óptica, así como el elemento de selectividad (igual fase y frecuencia).

La emisión del LD es siempre de perfil, estos tienen una corriente de umbral y a niveles de corriente arriba del umbral la luz emitida es coherente, y a niveles menores al umbral el LD emite luz incoherente como un LED.

La figura 4.7 muestra una comparación de los espectros emitidos por un LED y un LD.

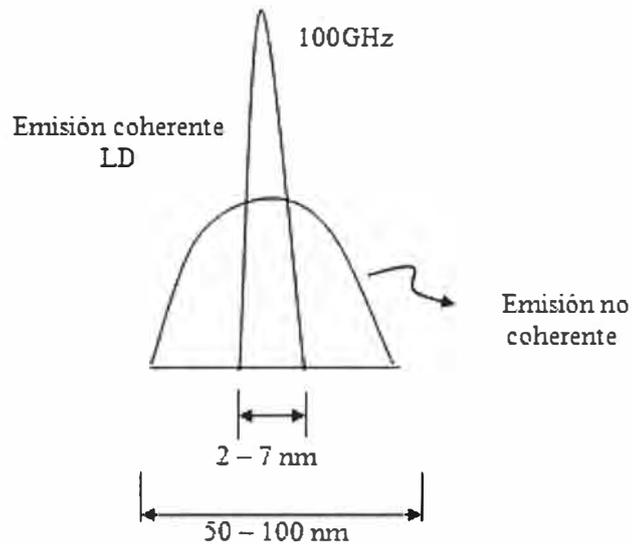


Figura 4.7: Espectro de un LED y de un LD

Como las características de los espejos son funciones tanto de la temperatura, como de la operación; la característica potencia óptica- corriente de polarización es función de la temperatura y sufre un cierto tipo de envejecimiento. Una representación gráfica de la corriente de umbral y del proceso de envejecimiento se ilustra en la figura 4.8 a continuación:.

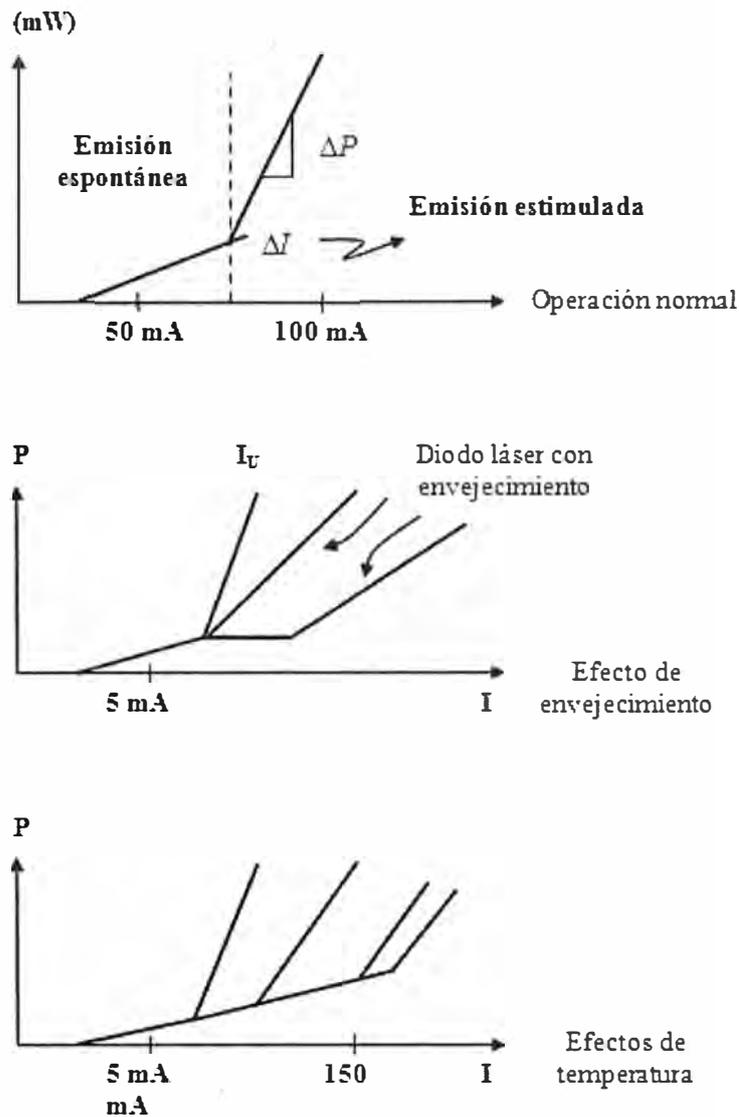


Figura 4.8: Corriente umbral y proceso de envejecimiento

4.5 Receptores ópticos

El propósito del receptor óptico es extraer la información contenida en una portadora óptica que incide en el foto detector. En los sistemas de transmisión analógica el receptor debe amplificar la salida del foto detector y después demodularla para obtener la información. En los sistemas de transmisión digital el receptor debe producir una secuencia de pulsos (unos y ceros) que contienen la información del mensaje transmitido.

4.5.1 Foto detector.

Convierte la potencia óptica incidente en corriente eléctrica, esta corriente es muy débil por lo que debe amplificarse. Las características principales que debe tener son:

- Sensibilidad alta a la longitud de onda de operación
- Contribución mínima al ruido total del receptor
- Ancho de banda grande (respuesta rápida)

Existen dos tipos de foto detectores: PIN y APD.

4.5.2 Foto detectores PIN.

Genera un solo par electrón-hueco por fotón absorbido. Son los más comunes y están formados por una capa de material semiconductor ligeramente contaminado (región intrínseca), la cual se coloca entre dos capas de material semiconductor, una tipo N y otra tipo P. Cuando se le aplica una polarización inversa al foto detector, se crea una zona desértica (libre de portadores) en la región intrínseca en la cual se forma un campo eléctrico.

Donde un fotón en la zona desértica con mayor energía o igual a la del material semiconductor, puede perder su energía y excitar a un electrón que se encuentra en la banda de valencia para que pase a la banda de conducción. Este proceso genera pares electrón – hueco que se les llama foto portadores, ver la figura 4.9.

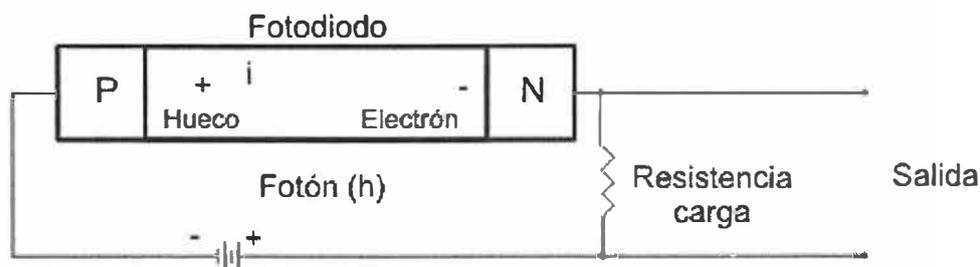


Figura 4.9: Fotoportadores en el detector PIN

4.5.3 Foto detectores de Avalancha APD.

Presenta ganancia interna y genera mas de un par electrón-hueco, debido al proceso de ionización de impacto llamado ganancia de avalancha. Cuando a un foto detector se le aumenta el voltaje de polarización, llega un momento en que la corriente crece por el fenómeno de avalancha, si en esta región se controla el fenómeno de avalancha limitando la corriente (antes de la destrucción del dispositivo), la sensibilidad del foto detector se incrementa. Cuando se aplican altos voltajes de polarización, los portadores de carga libres se desplazan rápidamente, con mayor energía y liberan nuevos portadores secundarios, los cuales también son capaces de producir nuevos portadores. Este efecto se llama multiplicación por avalancha (M) que esta dada por: la fórmula (4.5)

$$M = I_T/I_P = 1 / 1-(V/V_B)^n \quad (4.5)$$

Donde:

I_T : foto corriente total

I_P : foto corriente primaria

V : Voltaje de polarización aplicado

V_B : Voltaje de ruptura del dispositivo

n : coeficiente

4.6 Características de Transmisión.

Para una correcta planificación de las instalaciones de cables con fibras ópticas es necesario considerar la atenuación total del enlace y el ancho de banda del cable utilizado.

Para el cálculo de atenuación de enlace se consideran 2 métodos.

4.6.1 Cálculo del cable.

La atenuación total del cable considerando reserva será dada por la fórmula (4.6):

$$a_t = L \cdot (a_L) + n_e(a_e) + n_c(a_c) + a_r(L) \quad (4.6)$$

donde:

L = longitud del cable en Km.

a_L = coeficiente de atenuación en dB/Km

n_e = número de empalmes

a_e = atenuación por empalme

n_c = número de conectores

a_c = atenuación por conector

a_r = reserva de atenuación en dB/Km

La reserva de atenuación (margen de enlace), permite considerar una reserva de atenuación para empalmes futuros (reparaciones) y la degradación de la fibra en su vida útil (mayor degradación por absorción de grupos OH).

La magnitud de la reserva depende de la importancia del enlace y particularidades de la instalación, se adopta valores entre 0.1 dB/Km y 0.6 dB/Km.

Las pérdidas en los empalmes se encuentran por debajo de 0.1 dB/Km no superan 0.5 dB/Km.

El enlace será proyectado para un margen de potencia igual a la máxima atenuación antes de ser necesario un repetidor.

$$PM = P_t - P_u \quad (4.7)$$

Donde:

PM = Margen de potencia en dB (máxima atenuación permisible)

P_t = Potencia del transmisor en dB

P_u = Potencia de umbral en dB (dependiente de la sensibilidad del receptor)

La potencia de salida del transmisor es el promedio de la potencia óptica de salida del equipo generador de luz empleando un patrón estándar de datos de prueba.

El umbral de sensibilidad del receptor para una tasa de error de bit (BER) es la mínima cantidad de potencia óptica necesaria para que el equipo óptico receptor obtenga el BER deseado dentro del sistema digital. En los sistemas analógicos es la mínima cantidad de potencia de luz necesaria para que el equipo óptico obtenga el nivel de señal a ruido (S/N) deseado.

Por lo tanto de la expresión de

$$a_t = P_M \quad (4.8)$$

$$a_L = (P_M - n_e a_e - n_c a_c - L a_r) / L \quad (4.9)$$

Fija la máxima atenuación por Km para el cable a ser seleccionado.

4.6.2 Cálculo del margen.

La atenuación total en dB sin considerar reserva del cable será:

$$a_t = L a_L + n_e a_e + n_c a_c \quad (4.10)$$

Siendo $P_M = P_t - P_u$

El margen de enlace M_e en dB será:

$$M_e = P_m - a_t \quad (4.11)$$

4.7 Ancho de banda en fibras de índice gradual.

El ancho de banda se encuentra limitado por la dispersión modal y/o del material si se usa LED con gran ancho espectral y $\lambda = 850$ nm predomina dispersión intermodal, con LD y $\lambda = 1300$ nm predomina dispersión del material.

Existen varios métodos para calcular en forma aproximada la variación del ancho de banda en función de la longitud.

$$b_1 = B_1 L_1 \quad (4.12)$$

Para perfil de índice gradual con ancho del sistema B y longitud L es aplicable el método de ley de potencias:

$$[B/B_1] = [L/L_1]^{-\gamma} \quad (4.13)$$

B = ancho de banda del sistema en MHz

b_1 = ancho de banda por longitud en MHz*Km

B_1 = ancho de banda del cable de fibra óptica en MHz a L_1

L_1 = longitud de fibra óptica generalmente 1 Km para B_1

L = longitud de la fibra del enlace en Km

El ancho de banda no disminuye linealmente con la longitud por la dispersión de modos se aproxima con γ (exponente longitudinal) entre 0.6 y 1 (valor empírico 0.8).

4.8 Dispersión de fibra óptica monomodo.

En sistemas digitales se usa LD hasta 140 Mbts/seg se desprecia el ancho de banda de la fibra monomodo ya que es GHz. Por tanto para monomodo se calcula dispersión en lugar de ancho de banda.

El ensanchamiento del pulso $\Delta T = M(\lambda) \Delta\lambda L$

ΔT = ensanchamiento del pulso en ps

$M(\lambda)$ = dispersión cromática en ps/nm*Km

$\Delta\lambda$ = ancho espectral medio del emisor en nm

L = longitud de la fibra en Km

Por ejemplo para:

$L = 25$ Km

$\lambda = 1330$ nm

$\Delta\lambda = 5$ nm

$M(\lambda) = 3.5$ ps/nm*Km

Resulta $\Delta T = 3.5 * 5 * 25 = 437.5$ ps

De la expresión para el cálculo de ancho de banda

$$B = 0.441 / \Delta T = 0.441 / 437.5 \approx 1 \text{ GHz}$$

CAPÍTULO V

DISEÑO DEL CABLEADO DEL CAMPUS DE TECSUP

5.1 Elección de la Topología Física:

La topología de la red integrada de Tecsup deberá ser una topología estrella, de tal manera que cada salida de datos y cada pabellón pueda interconectarse, de acuerdo a la figura 5.1, contando con las siguientes facilidades:

- Flexibilidad y soporte de todas las topologías lógicas.
- Menores pérdidas en las conexiones.
- Facilidad para modificaciones y administración.
- Fácil implementación. y agregado de nuevas conexiones (pabellones y tomas adicionales)
- Cumplimiento con el Estándar de Cableado de Telecomunicaciones para Edificios Comerciales de la EIA/TIA 568B.

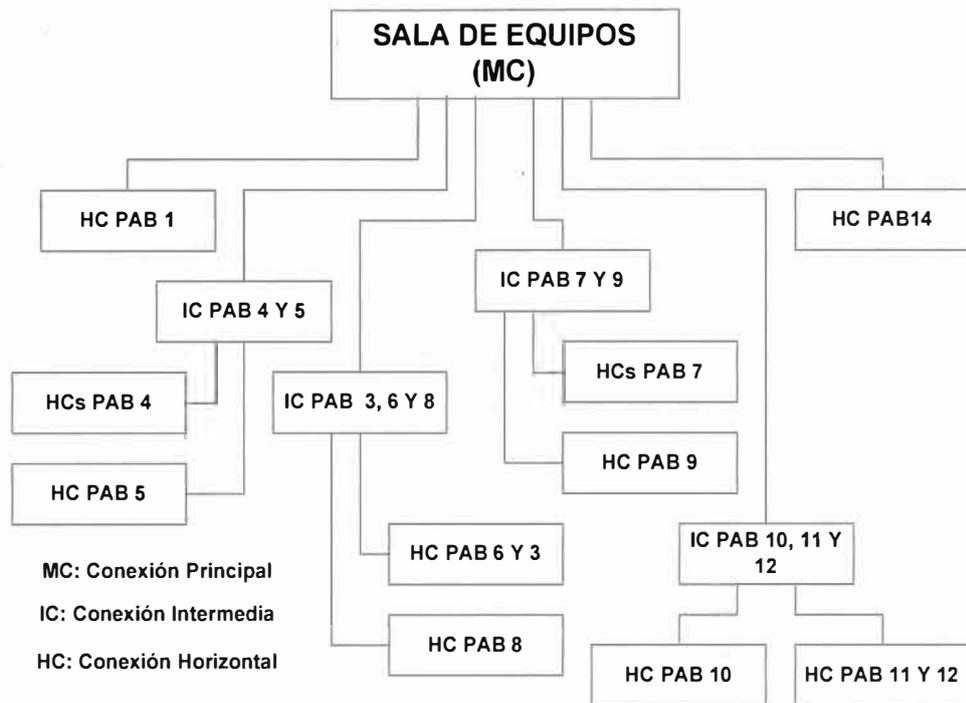


Figura 5.1: Topología física de la red

5.2 Implementación de la topología física.

La EIA/TIA 568 B se basa en una estrella jerárquica, tal como se muestra en la figura 5.2:

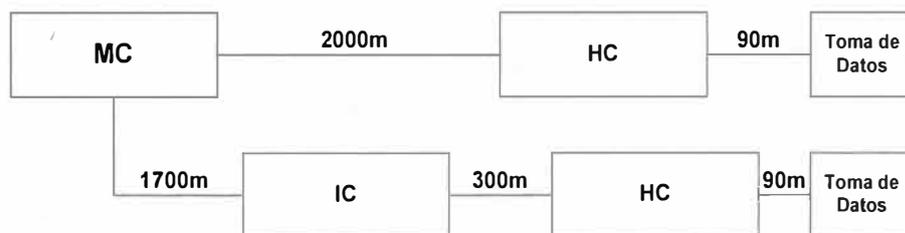


Figura 5.2: Topología recomendada por la EIS/TIA 568 B

En Tecsup, la distancia entre el MC y los HC recomendados es menor a los 2000 metros especificados como máximo por la EIA/TIA para fibra multimodo.

La distancia entre el MC y los IC es menor a los 1700 metros y la distancia de los IC a los HC es menor a los 300 metros y la distancia de los HC a las tomas de datos es menor a los 90 metros especificados para fibra multimodo.

5.2.1 Polaridad de los conectores.

Los conectores dúplex SC o LC aseguran el correcto posicionado de los cables en las tomas de datos y en los paneles de distribución. El orden se consigue también con la codificación de colores de los cables de fibra óptica, según se lista en la tabla 5.1.

Tabla 5.1: Código de colores para fibras ópticas

Número de Fibra	Color
1	Azul
2	Naranja
3	Verde
4	Marrón
5	Gris
6	Blanco
7	Rojo
8	Negro
9	Amarillo
10	Violeta

Para hacer un correcto posicionamiento del cableado del sistema tomaremos en cuenta:

- Asignar a cada fibra un número, de acuerdo al orden especificado en la tabla, según la EIA/TIA 568B
- Instalar los conectores en cada extremo del cable de fibra como se muestra en la figura 5.3 desde el MC hasta el área de trabajo (WA):

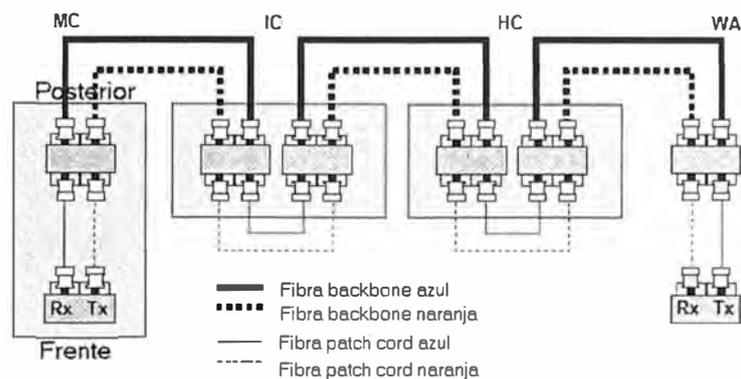


Figura 5.3: Posicionamiento de conectores y fibras entre área de trabajo y sala de equipos

5.2.2 Cableado Principal o backbone

El backbone de fibra del campus de Tecsup debe tener entonces una topología de estrella donde el MC concentra las conexiones de los IC y los HC. Se recomienda el uso de los IC en aquellas áreas donde se requiere una segmentación de la red propia para las aplicaciones académicas (laboratorios y aulas) donde se requieren configuraciones variadas y conexiones directas del MC al HC donde la cobertura de la red es de uso específico.

El enrutamiento de este backbone se hace por medio de los ductos subterráneos que se dispone para la red eléctrica, la cual recorre todos los pabellones del campus, como se muestra en la figura 5.4.

El backbone o cable principal en cada pabellón también emplearán los ductos de las instalaciones eléctricas, en vista de la disponibilidad de espacio y del pequeño volumen que ocupan los cables de fibra óptica.

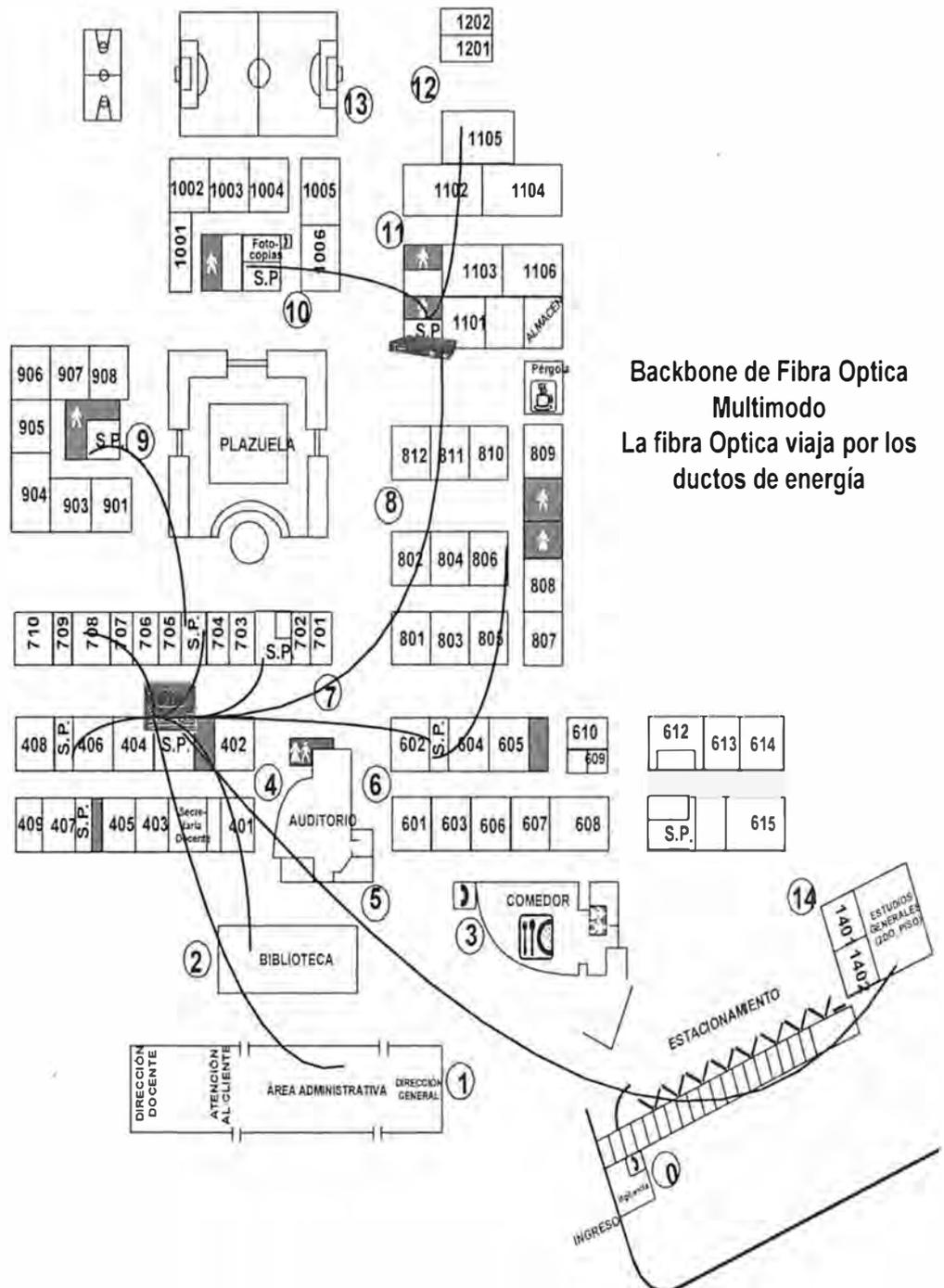


Figura 5.4: Enrutamiento del cableado principal

El backbone en cada pabellón deberá abastecer a un HC en cada ambiente de laboratorio, aula u oficina y tendrá una distribución como se muestra en la figura 5.5:

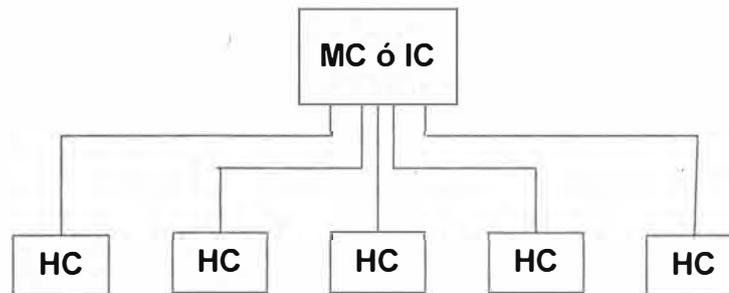


Figura 5.5: Topología del cableado principal

5.2.3 El Cableado Horizontal o de distribución.

Para este diseño consideramos distribuir fibra al escritorio (Fiber to the Desk: FTTD), con la finalidad de brindar velocidades de 1Gbps actualmente a cada usuario de la red y posibilitar futuras ampliaciones o mejoras para requerimientos más exigentes. En vista que estamos planificando contar con un HC en cada oficina, laboratorio o aula, distribuiremos un máximo de 30 puntos de fibra en cada laboratorio, 10 puntos de fibra en cada aula de teoría y 12 puntos de fibra en cada oficina, para cubrir los requerimientos promedio actuales y ampliaciones o conexiones de respaldo para el futuro (actualmente cada laboratorio dispone de 20 conexiones de red, las aulas ninguna conexión cableada y cada oficina un máximo de 8 conexiones cableadas, aparte de una conexión inalámbrica en cada pabellón). Con esta ampliación nos aseguramos que cada usuario pueda disponer de una conexión de alta velocidad con fibra óptica multimodo.



Figura 5.6: Cableado de distribución para un punto de red

El cableado de fibra será un cableado centralizado en MC ó IC según corresponda, ver la figura 5.7, es decir cada conexión de usuario (figura 5.6) irá directamente a un equipo activo en el IC o MC y en cada HC sólo habrá un

dispositivo de interconexión o patch panel, esto debido a la baja cantidad de pérdidas de inserción en cada enlace o canal.

Cada cable de fibra horizontal será de fibra multimodo de 2 hilos.

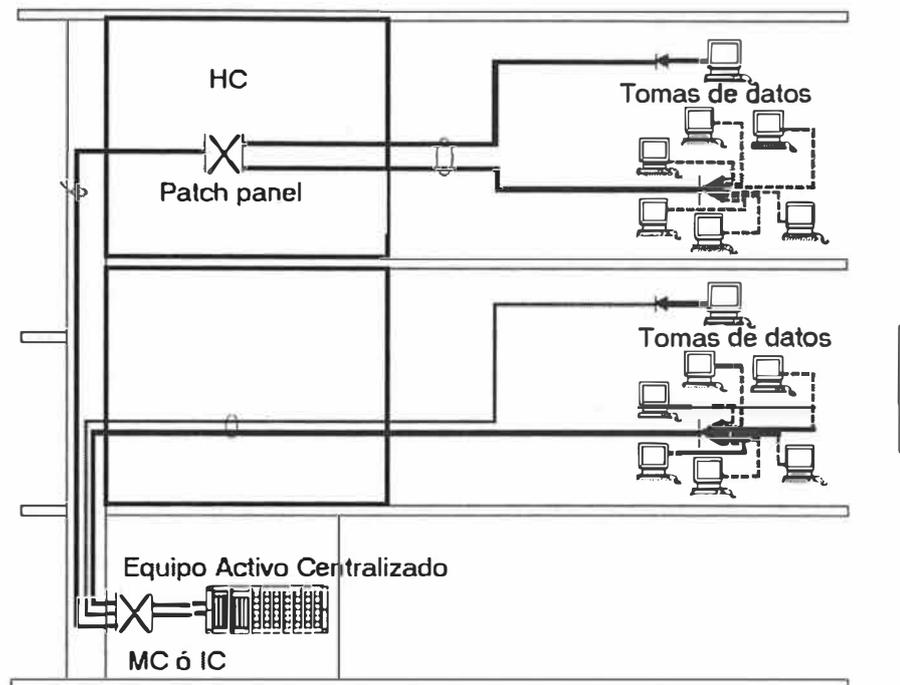


Figura 5.7: Distribución del cableado horizontal

5.2.4 Sala de Equipos.

La instalación de fibra óptica en la sala de equipos debe soportar la instalación de los equipos activos (conmutadores, enrutadores, centrales telefónicas, servidores institucionales, etc). Todos los cables principales serán terminados en este ambiente.

Para la implementación de la sala de equipos se recomienda:

- Que alojen a las salidas de todo el cableado principal.
- Diferencia de voltaje entre neutro y tierra física de 0.5V
- Centro de carga independiente
- Carga máxima de 2.5 KW
- La sala debe estar comunicada en vertical con el resto de los closets del campus con al menos 1 escalerillas de 25 cm de ancho, dos para ubicar el cableado vertical de fibra y otra para el cableado telefónico u otros.
- Clima en la sala (aire acondicionado, humedad controlada y ventilación).

- Iluminación con lámparas fluorescentes
- Los rayos solares no deben entrar directamente a la sala.
- Acceso controlado a la sala.
- Chapa de seguridad .
- Voltaje regulado y tierra física
- Los requerimientos principales a considerar son una buena instalación de energía, un ambiente controlado de humedad y temperatura, buena iluminación, seguridad adecuada, y una guía con las dimensiones del closet.
- Las dimensiones para la sala sería de 2.5m de largo, 3m de ancho y 2.5m de alto. Las paredes y los pisos deben ser de una estructura sólida para soportar la carga del equipo.
- Piso aislado.

5.3 Cálculo del Presupuesto de Pérdidas

Un importante requerimiento cuando se prueba cableado con fibra, es saber el estimado del enlace óptico (optical link budget OLB). El OLB es la máxima pérdida permitida en el circuito o aplicación. Esto nos permite saber si nuestra aplicación podrá correr o no o si la instalación ha sido hecha apropiadamente.

Para los tramos de cableado de distribución o cableado horizontal, el cálculo de pérdidas estimado será según EIA/TIA:

- 0.75 dB por conexión realizada.
- 0.3 dB por splice (empalme).
- 3.75 dB por Km a 850 nm.

Si contamos con un canal de 100m de fibra multimodo operando a 850nm con 4 conexiones (usando conexión cruzada: el peor caso) y ningún empalme:

$$\text{OLB} = 100\text{m} (3.75 \text{ dB/Km}) + 4 (0.75 \text{ dB}) = 0.1 (3.75) + 4(0.75)$$

$$\text{OLB} = 0.375 + 3$$

$$\text{OLB} = \mathbf{3.375 \text{ dB}}$$

Para los tramos de cableado principal o cableado backbone, el cálculo de pérdidas estimado será según EIA/TIA:

- 0.75 dB por conexión realizada.
- 0.3 dB por splice (empalme).
- 3.75 dB por Km a 850 nm.

Si contamos con un backbone de 300m de fibra multimodo operando a 850nm con 4 conexiones (usando conexión cruzada: el peor caso) y ningún empalme:

$$\text{OLB} = 300\text{m} (3.75 \text{ dB/Km}) + 4 (0.75 \text{ dB}) = 0.3 (3.75) + 4(0.75)$$

$$\text{OLB} = 1.125 + 3$$

$$\text{OLB} = 4.125 \text{ dB}$$

Para backbone de 1000m de fibra óptica:

$$\text{OLB} = 1000\text{m} (3.75 \text{ dB/Km}) + 4 (0.75 \text{ dB}) = 1(3.75) + 4(0.75)$$

$$\text{OLB} = 3.75 + 3$$

$$\text{OLB} = 6.75 \text{ dB}$$

5.4 Elección de la fibra óptica:

5.4.1 Fibra para el cableado horizontal:

Para el cableado horizontal, escogemos el cable de fibra óptica multimodo de 50/125um del fabricante Mohawk-CDT, serie Advancelite con número de parte M9E043-Grado 6 el cual contiene dos fibras y puede operar hasta 10Gbps, ver figura 5.8.. Por cada ambiente de trabajo se recomienda disponer de:

- Laboratorio: 1 rollo de fibra de 1000 pies (aproximadamente 300m)
- Aula: 100m de fibra.
- Oficina: 120m de fibra



Figura 5.8: Cable de fibra óptica para cableado horizontal

5.4.2 Longitud de onda de trabajo:

La longitud de onda a escoger es la de 850nm, en vista que con dicha longitud de onda para el cable escogido, nos ofrece un ancho de banda de 3000 MHz/Km y una atenuación máxima de 3.5dB/Km.

5.4.3 Fibra para el cableado principal:

Para el cableado principal, emplearemos el mismo tipo de fibra, pero en un distinto cable, tal como el cable de tubo suelto (loose tube) de la serie RiserLite de Mohawk-CDT con número de parte M9E811 con fibra de 50/125um AdvanceLite Grado 6, ver figura 5.9, este cable posee 12 fibras en 2 tubos sueltos, los cuales se emplearán como cables troncales para cada closet de telecomunicaciones: 1 cable para cada closet. La longitud de cable requerida será de 1200m en total para cubrir todas las troncales.



Figura 5.9: Cable de fibra óptica para cableado principal

5.5 Elección del tipo de conector:

El conector recomendado para utilizar con la fibra óptica elegida es el conector de Leviton denominado LC multimodo, como se aprecia en la figura 5.10, con bota de 3mm y número de parte 49990-ML2, el cual posee una férula de 1.25mm brindándonos una alta capacidad de concentración en los paneles de distribución. Otra opción también es el uso de conectores SC y en los casos necesarios (por disposición de hardware pre-existente) el uso de conectores ST.

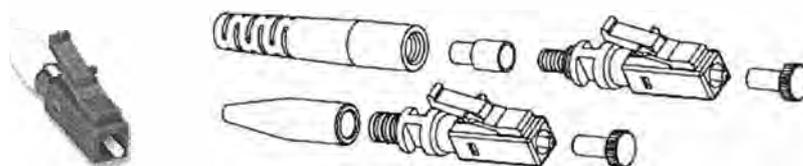


Figura 5.10: Conector LC de Leviton

Para conectar los cables principales, se hace necesario el uso de un kit de adaptación denominado fan-out, para el cual elegimos el kit 49887-06L de Leviton el cual ofrece protección a las fibras que vienen en el tubo suelto del cable troncal y facilita la colocación de los conectores finales, en nuestro caso los conectores LC para poder acoplar el cable troncal a los paneles de distribución o patch panel. El kit se muestra en la figura 5.11



Figura 5.11: Kit para fan-out de fibra óptica

5.6 Elección del enrutamiento:

El enrutamiento en las oficinas y aulas se hará en canales de falso piso y ductos superficiales, como se muestra en la figura 5.12, o en la pared o en los muebles modulares según sea el caso para las salidas hacia las tomas de datos, de tal manera que no afecte la estética de la construcción, además que nos asegura una correcta curvatura para los cables de fibra y una fácil instalación del ducto y de las cajas de toma de datos además de un acabado muy presentable.

Para el cálculo de los ductos superficiales emplearemos un porcentaje de llenado del 40% y los ductos a emplear serán los ductos de Panduit de la serie Pan-Way denominados Office Furniture Raceway System, ver la figura 5.13, los cuales con un porcentaje de llenado al 40% pueden alojar hasta 38 cables de fibra óptica de 2 fibras con 0.175" de diámetro. Para el caso de los laboratorios, alojaremos hasta 30 cables y usaremos el ducto T3, para el caso de las oficinas serán 12 cables, entonces usaremos el ducto CD10 y para el caso de las aulas serán 10 cables,

también emplearemos el ducto CD10, en cada caso el ducto CD10 puede alojar hasta 13 cables conservando el 40% de llenado.

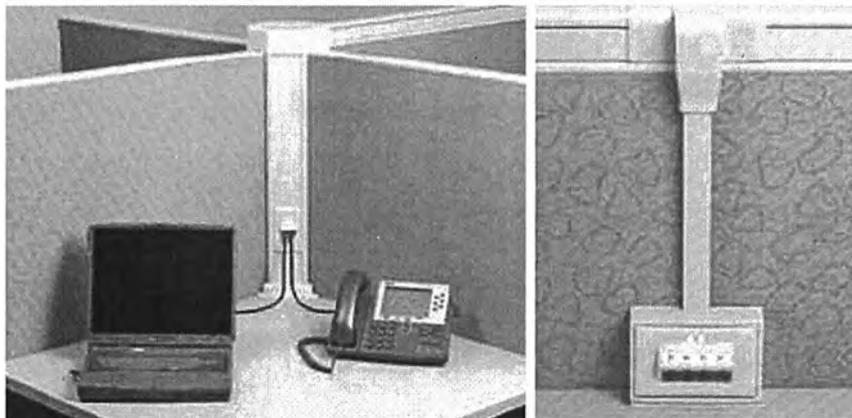


Figura 5.12: Ductos superficiales de Panduit



Figura 5.13: Ductos de Panduit para muebles de oficina

En el caso del cableado principal, emplearemos los ductos subterráneos que emplea la distribución de la instalación eléctrica del campus, donde existe el espacio y la protección suficiente para los cables de fibra óptica.

Para el enrutamiento en la sala de equipos y/o closet de telecomunicaciones, haremos uso de los productos de Panduit para este fin, denominado Fiber Duct System como se ve en la figura 5.14:

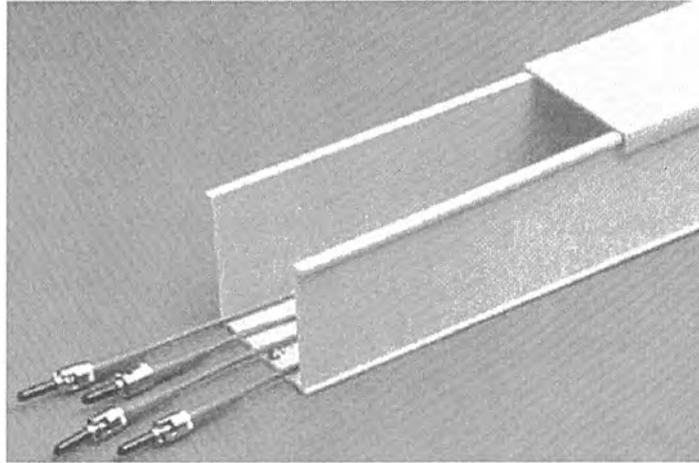


Figura 5.14: Ductos de Panduit para fibra óptica

5.7 Elección de los paneles de empalme.

Los paneles de empalme o patch panel que emplearemos serán según cada caso:

- Para laboratorios de informática, se requiere de 30 puntos de conexión, entonces se recomienda disponer de dos paneles de 24 puertos duplex LC, para ello el panel a escoger será por ejemplo dos unidades del panel RDP-175-B3-GJ1 de Leviton, el cual se aprecia en la figura 5.15:.

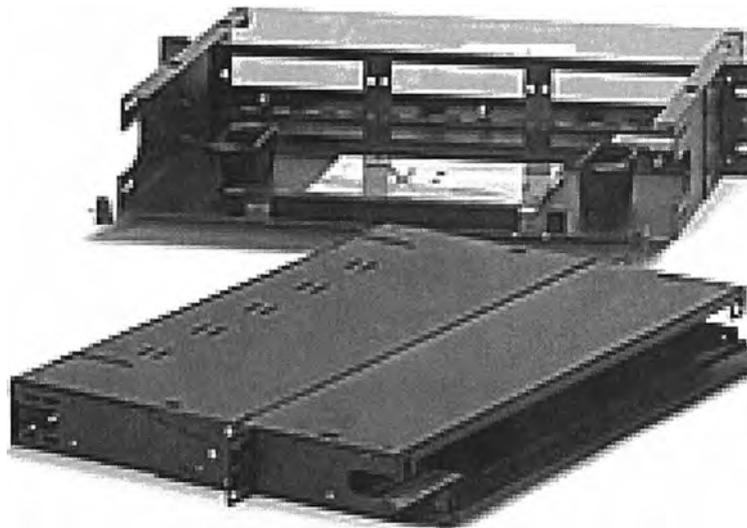


Figura 5.15: Paneles de Leviton para fibra óptica

- Para las oficinas se requieren de 12 puertos para 12 conexiones, de igual modo el panel a usar será uno de 24 puertos como el panel RDP-175-B3-GJ1 de Leviton o equivalente.
- Para las aulas de teoría y/o talleres no informáticos se requieren de 10 puertos, por ello se empleará un panel como el RDP-175-B3-GJ1 de Leviton o equivalente.
- En el caso de la sala de equipos (MC) y closet intermedio (IC) se recomienda colocar 2 paneles RDP-175-B3-GJ1 de Leviton para organizar las redes administrativas y educativas.

5.8 Elección de los armarios o racks.

Los armarios para alojar los paneles y equipos de comunicación son los siguientes:

- Para laboratorios, aulas y laboratorios se requiere un bastidor en cada ambiente, pudiendo emplearse el QZC-SB556036XUFB de 36" de altura y permite colocar 17 unidades de montaje de altura simple (17U). En el caso de las salas de equipos (MC) y closets intermedios (IC) se recomienda disponer de 2 bastidores para organizar separadamente los paneles con los equipos de comunicación.

5.9 Sistema de tierra.

Un buen sistema de puesta a tierra es necesario para mantener buenos niveles de seguridad del personal, operación de los equipos y desempeño de los mismos. La puesta a tierra de los equipos se refiere a la conexión intencional de las carcasas, bastidores o estructuras metálicas no portadores o transmisores de corriente de los mismos, para lograr los siguientes propósitos:

- Mantener una diferencia de voltaje baja entre las diferentes estructuras metálicas con lo que se busca resguardar al personal de cualquier choque eléctrico.
- Contribuir a un mejor desempeño de los sistemas de protección.

- Evitar incendios al brindar un camino efectivo y seguro para la circulación de corrientes de falla y descargas atmosféricas y estáticas y así eliminar los arcos y las temperaturas elevadas en los equipos eléctricos.
- Buen desempeño de equipos, un buen sistema de tierra mantiene el mismo nivel de potencial de tierra en todas las unidades del sistema y evita las corrientes parásitas que pueden dañar los equipos de comunicaciones.

En cableado estructurado el estándar EIA/TIA 607 especifica una infraestructura uniforme de tierra y de puesta a tierra que debe ser seguida en los edificios comerciales. La EIA/TIA 607 brinda los estándares para aislar y aterrizar el equipo de telecomunicaciones y sus datos.

- Barras de aterrizaje de cobre sólido (como el de la figura 5.16) deben ser instaladas con anclaje aislado en los servicios de entrada y en las salas de equipos así como en los cuartos de telecomunicaciones. Cada barra debe ser fijada con filas de perforaciones de acuerdo a los estándares eléctricos.

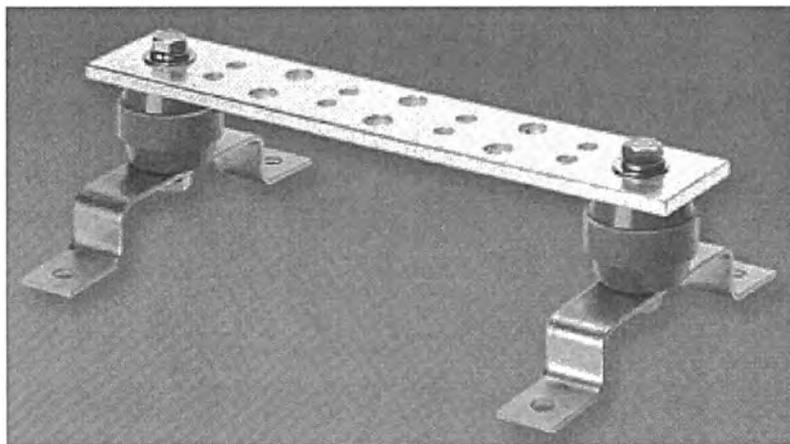


Figura 5.16: Barras para conexión de la tierra

- Los equipos de telecomunicaciones, frames, gabinetes y protectores de voltaje son típicamente aterrizados a estas barras.
- Las barras se conectan por un backbone de cable de cobre sólido aislado entre todos los closets y cuartos (calibre 6AWG mínimo), ver la figura 5.17:

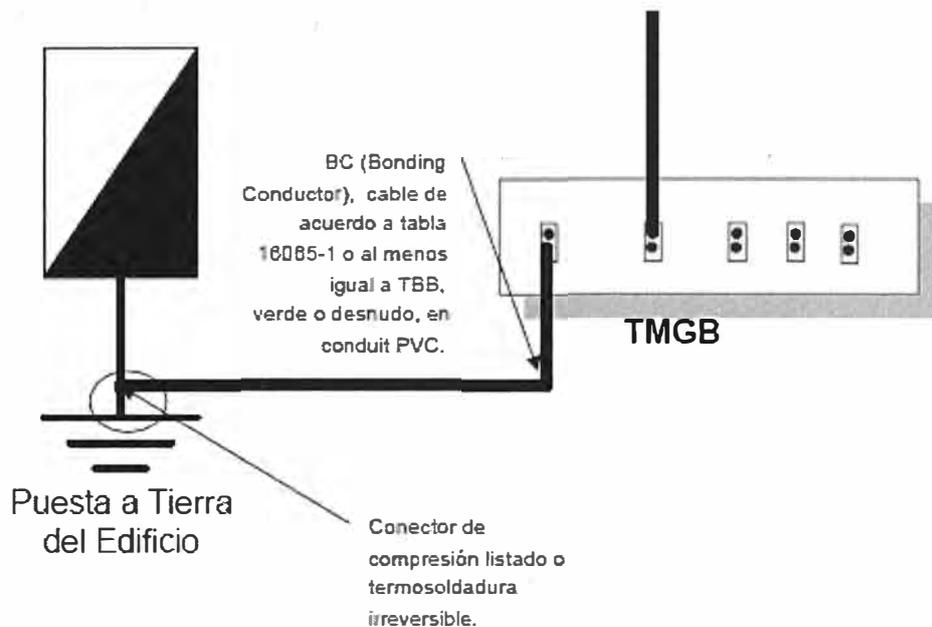


Figura 5.17: Interconexión del backbone de tierra con la toma de tierra del edificio

- El backbone de tierra deberá ser conectado a una barra principal en los servicios de entrada a una tierra física en los servicios de entrada y a una estructura de acero en cada piso, ver la figura 5.18.
- El conductor de aterrizaje debe ser de color verde o etiquetado apropiadamente.
- En el pozo de tierra, el propósito del tratamiento químico de las puestas a tierra es el de asegurar en todo momento, una baja resistencia al paso de cualquier corriente de falla, sin corroer los electrodos y demás elementos del sistema.
- Se suele emplear el THOR-GEL ya que se trata de un compuesto de naturaleza compleja que se forma cuando se incorporan en el terreno por disolución o mezcla las soluciones acuosas de sus 2 componentes los cuales crean un compuesto químico de naturaleza coloidal, que forman una malla tridimensional de iones positivos y/o negativos, cuyos espacios vacíos pueden ser atravesados por las moléculas de agua, lo cual la convierte en una membrana semipermeable, que facilita el movimiento de iones dentro de la malla, de modo que pueden cruzarlo en uno u en otro sentido; esto lo convierte en un verdadero conductor eléctrico. La malla iónica tiene gran atracción por el agua, de modo que pueda aprisionarla manteniendo un equilibrio dinámico con el agua contenida en el terreno adyacente al electrodo; esto lo convierte en un reservorio acuífero, que

rellena los poros y espacios internos de la tierra en el pozo, constituyendo una excelente conexión eléctrica entre el terreno de cultivo y el electrodo, asegurando una conductividad permanente.

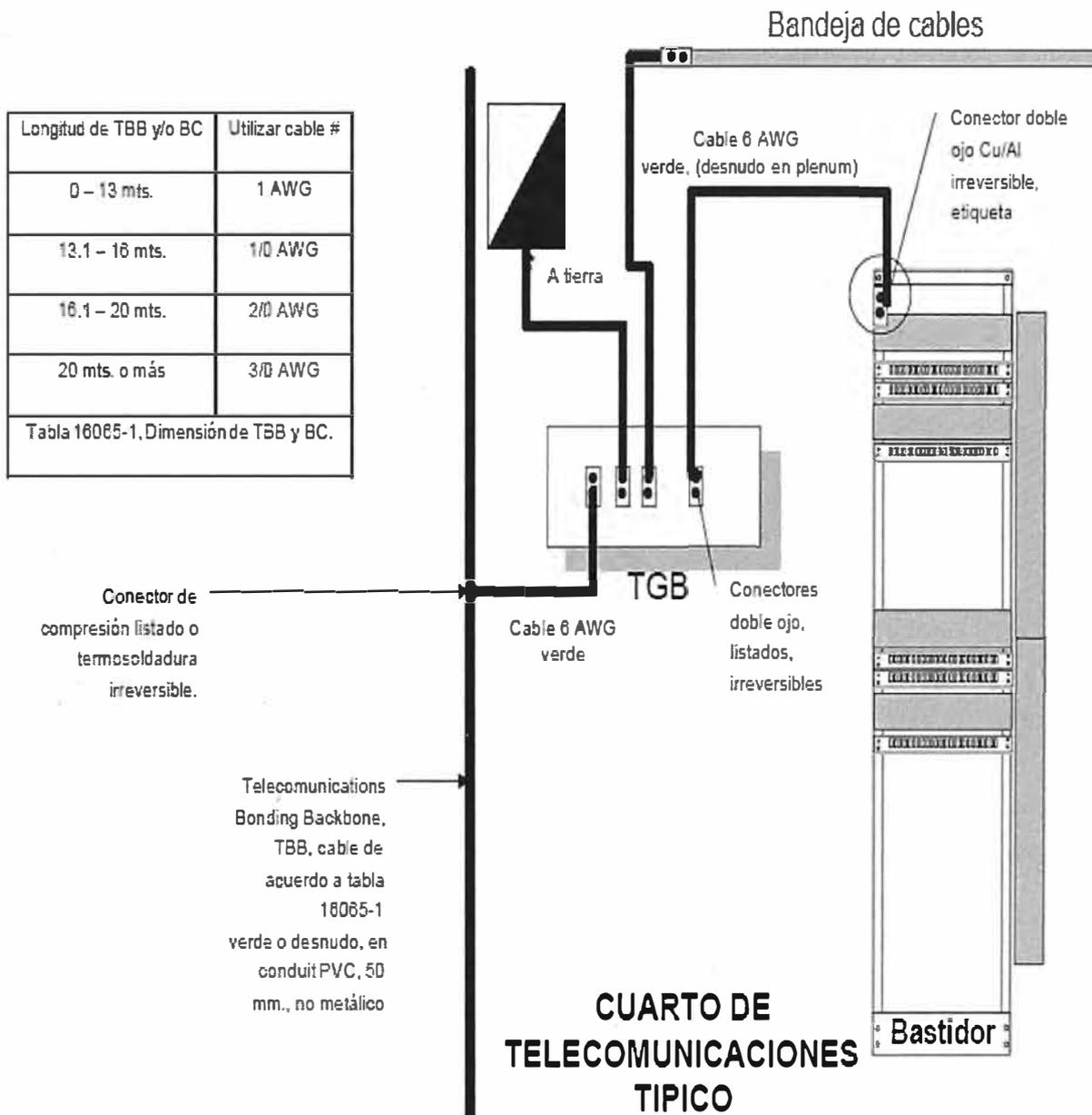


Figura 5.18: Conexión del backbone de tierra con el closet de telecomunicaciones

CAPÍTULO VI

IMPLEMENTACIÓN DEL CABLEADO DE FIBRA ÓPTICA

El cableado de red con fibra óptica se debe realizar siguiendo los siguientes pasos:

- Instalación de canaletas.
- Tendido del cableado principal e instalación del kit de fan-out.
- Tendido del cableado horizontal.
- Elaboración del conexionado de los paneles de concentración.
- Conexionado del patch panel y tomas de datos

Para cada etapa de la implementación se seguirán las recomendaciones de los respectivos fabricantes, cuyos procedimientos se muestran en los documentos adjuntos en los anexos.

6.1 Instalación de Canaletas.

Emplearemos la serie de canaletas superficiales PAN-WAY de Panduit para enrutar, cubrir y proteger cables, como se aprecia en la figura 6.1. Los ductos superficiales brindan fácil acceso tanto a los cables de datos como a los de potencia. Esto es importante porque es típico el cambio de lugar de una estación de trabajo, o el agregado de una más o cambios en general en unos cuantos meses de instalados. Con ductos superficiales los cambios son más fáciles. Además éstos no incrementan los gastos y ayudan a mantener los costos económicos.

Para ello contamos con los ductos:

T-70 los cuales pueden conducir cables de poder y fibra óptica en dos canales separados dentro del mismo ducto. Cuentan también con adaptadores para ángulos y así mantener la curvatura de la fibra sin afectar el rendimiento de la transmisión:

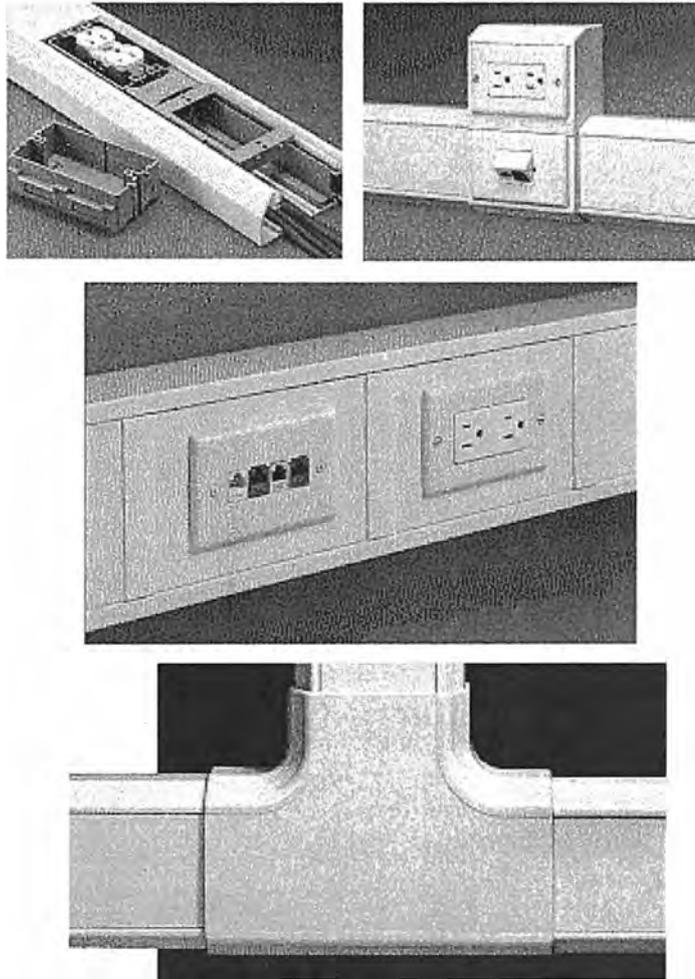


Figura 6.1: Ductos PANWAY de Panduit

6.2 Tendido del Cableado Principal.

El cableado principal de fibra óptica se realizará:

- En topología de estrella.
- Con fibra óptica monomodo o multimodo (según el requerimiento de ancho de banda del ambiente a atender).

- Emplearemos cables de 12 ó 24 fibras.
- Un kit de fan-out para 12 fibras.
- El cableado principal terminará en paneles de distribución con conectores ST, SC ó LC según la disposición de componentes, se recomienda instalar todo con LC en lo posible por disponer de mejor factor de forma para la integración.
- El proceso de acabado con conectores ST/SC/LC es el siguiente:

Recomendaciones de Seguridad:

- Siempre llevar gafas de seguridad cuando trabaje con cables de fibra óptica.
- Nunca mire directamente en la fuente que produce luz láser.
- Siempre disponga apropiadamente de los desechos.
- No tenga alimentos ni bebidas en la zona.
- Lávese la cara y las manos antes de trabajar en la terminación de la fibra.

Sugerencias para el trabajo con fibra óptica:

- Es importante limpiar la fibra descubierta y el aislamiento repetidamente con alcohol isopropílico, para asegurarse de que nada de polvo, grasa, o restos permanezcan en la fibra.
- No coloque las cubiertas de anillo contra el polvo sobre un superficie sucio o que tenga polvo.
- Al emplear las herramientas para apretar, inserte el conector en la herramienta antes de colocar la fibra en el conector.
- Para mantener el radio apropiado de la fibra, emplee siempre la almohadilla para pulir, el disco para pulir, y películas para pulir apropiadas.

Montaje del conector ST/SC Threadlock o LC con un cable de 2 a 3mm.

- Verifique el contenido de la bolsa que contiene a su conector ST Threadlock: Conector ST Threadlock con su tapa protectora, 1 boot para fibra de 900um o

bare fiber, 1 boot para cable de fibra con chaqueta como se muestra en la figura 6.2.



Figura 6.2: Conector para fibra óptica ST Threadlock

- También contiene una manga de protección para fibra de 900um con jacket (5/16”), una manga de protección para fibra de 900um sin jacket (5/8”), una manga de protección para fibra de 250um (15/16”) y dos mangas de retención, ver la figura 6.3:

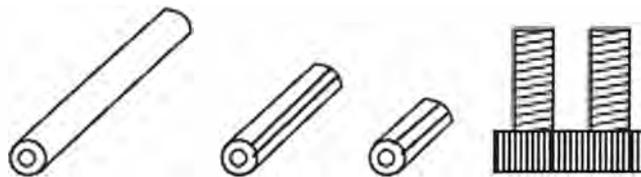


Figura 6.3: Mangas para el montaje de conectores Threadlock

- De acuerdo a los procedimientos mostrados en la hoja de instrucciones, monte su cable con los conectores Thread lock ST, SC o LC.

Colocar la funda protectora con aislante en el cable y deslice para atrás como en la figura 6.4:

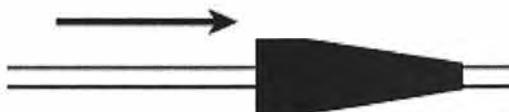


Figura 6.4: Colocación de la funda protectora en el cable de fibra óptica

NOTA: Para evitar la contaminación de las herramientas, fundas o fibras, limpie de 100-150mm de la funda primero con un paño de alcohol 99% y luego con un paño sin pelusa.

Remueva 37 mm de la aislación. Limpie la fibra con un paño de 99% alcohol y luego con un paño sin pelusa para deshacerse de contaminantes. Desenfunde 25mm del buffer de 900µm. Desenfunde en pedazos de 6 mm. Acople con cuidado la manga de aumento corta en la fibra, hasta topa con el aislamiento, como se aprecia en la figura 6.5:

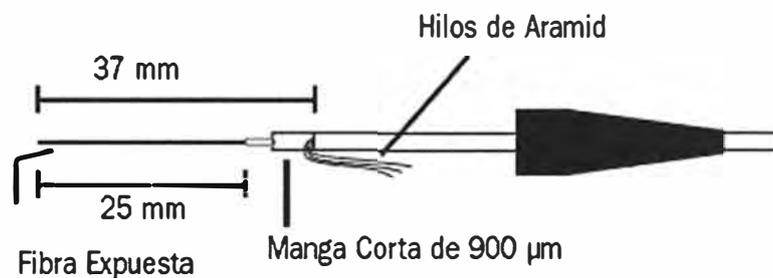


Figura 6.5: Dimensionado para el conexionado del conector de fibra óptica ST

Recorte los hilos de aramid para emparejarlos con el final del aislante que envuelve la fibra (aproximadamente 13mm), ver la figura 6.6. Limpie la fibra con alcohol isopropílico de 99% y un paño sin pelusa para quitar la capa.

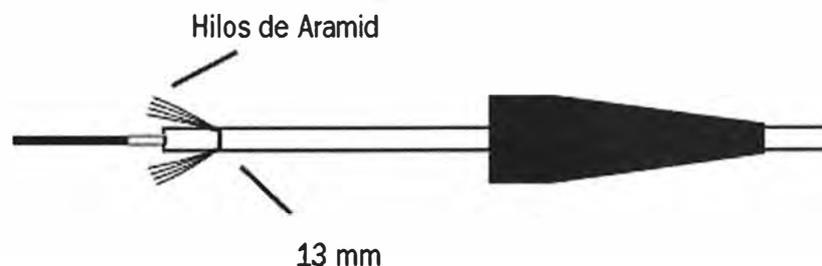


Figura 6.6: Emparejamiento de los hilos de aramid

Distribuya los hilos aramid equitativamente sobre la superficie exterior del BUS de 900µm. Doble el manguito de retención sobre el BUS y los hilos aramid

distribuidos. Alinear el final del BUS con el final roscado del mango de retención, ver figura 6.8. Dejar 6 mm de fibra con aislante expuesto como se ve en la figura 6.7 y termine el montaje y el proceso de pulido tal como se describe más adelante.

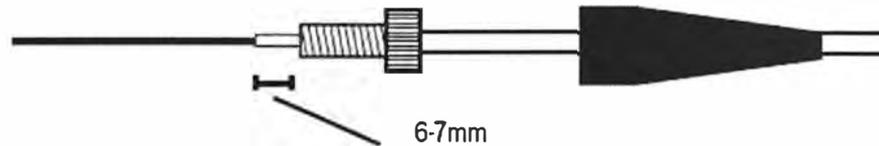


Figura 6.7: Colocación de la manga de retención

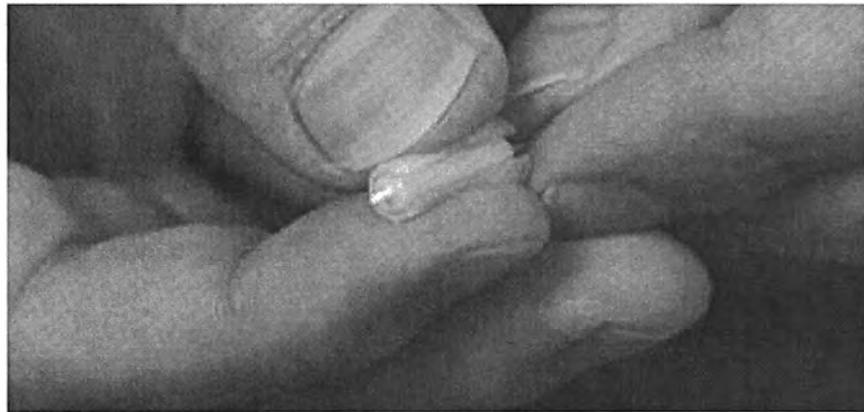


Figura 6.8: Alineamiento de la manga de retención y manga de protección

Proceso de montaje y pulido:

Inserte el conector en la herramienta de ajuste y mientras mantiene firmemente unida la manga roscada, inserte la fibra en la carcasa del conector como en la figura 6.9.

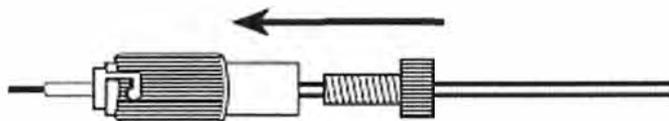


Figura 6.9: Montaje del conector ST en el cable preparado de fibra óptica

Haga girar la carcasa del conector hacia abajo sobre la manga roscada. Para girarla, emplee la herramienta para ajuste y agarre la cabeza de la manga con alicates. Haga girar la carcasa, no la manga roscada, ver la figura 6.10:

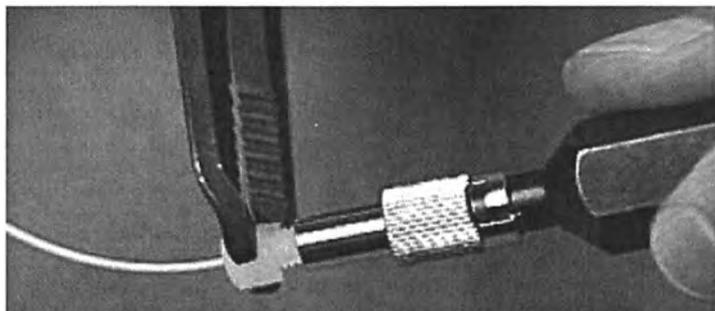


Figura 6.10: Acoplamiento del conector ST con las mangas del cable de fibra óptica

Recorte los hilos de aramid expuestos, luego apriete la carcasa del conector hasta que esté a nivel con la cabeza de la manguita roscada. De inmediato corte la fibra con el Versa-Cleave o con una herramienta de trazar como se muestra en la figura 6.11:

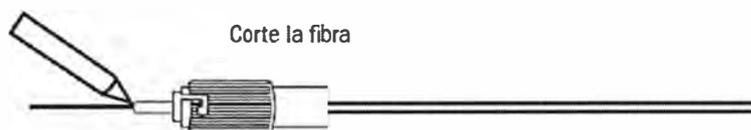


Figura 6.11: Corte del excedente de fibra

Ahora realice el “pulido aéreo” de 12 μ m para fibra monomodo y multimodo: Comience el “pulido Aéreo” del conector con la hoja de 12 μ m (o valor aproximado). Sostenga la hoja en el borde con los dedos pulgar e índice. Luego ponga en contacto el conector y la hoja de pulir y trace 18 a 20 círculos de 25mm. La hoja de pulir de 12 μ m es de color rosado oscuro por ejemplo.

Pulido de 3 μ m para fibra monomodo y multimodo:

Primero limpie la superficie inferior del disco de pulir y del conector con un paño con alcohol 99%. Coloque una hoja de pulir de $3\mu\text{m}$, el lado opaco hacia arriba, sobre la almohadilla de pulir, y apoye el disco sobre la hoja. Inserte delicadamente el conector en el disco y trace de 15 a 20 figuras 8 sobre la hoja, comenzando con presión leve y aumentando paulatinamente, ver la figura 6.12. La hoja de pulir de $3\mu\text{m}$ es amarilla.

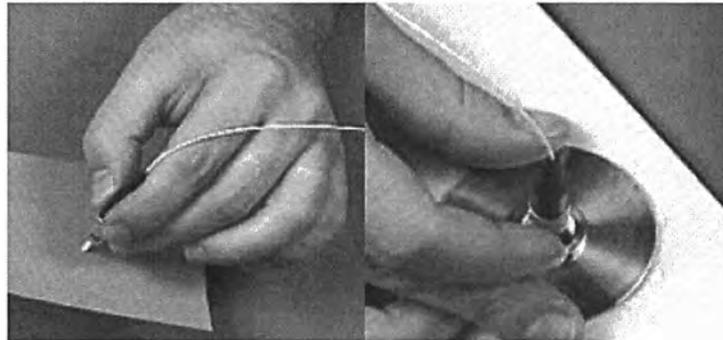


Figura 6.12: Pulido de la fibra óptica

Deslice la manga protectora sobre la manga de aumento.

Revise la fibra utilizando el microscopio de inspección. La fibra no debe presentar cortes. La fibra no debe engancharse en el paño al ser limpiada. Si esto ocurre, repita el pulido. Remueva fragmentos con un paño sin pelusa.

Verifique con el puntero láser la continuidad de la fibra. Y repita el proceso de pulido si el núcleo no se ve uniforme en el microscopio de acuerdo a lo que se aprecia en la primera vista de la figura 6.13:

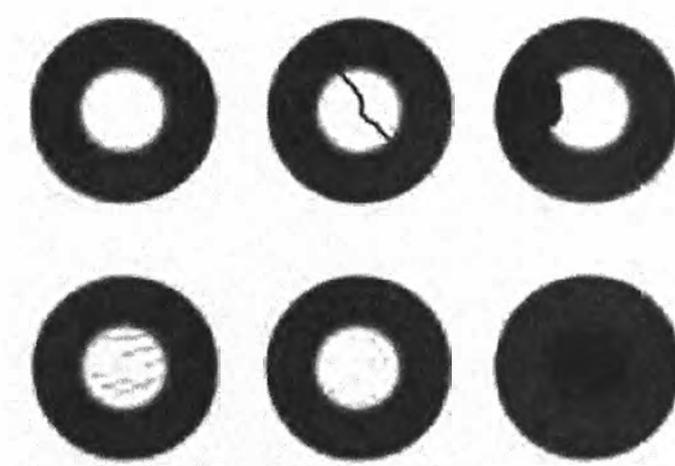


Figura 6.13: Superficies posibles del núcleo de la fibra luego del pulido

Repita el proceso de preparación, corte y pulido si la fibra se rompió.

Si el acabado se aprecia en buen estado, tape su fibra como en la figura 6.14 y repita el proceso para el otro extremo del cable.

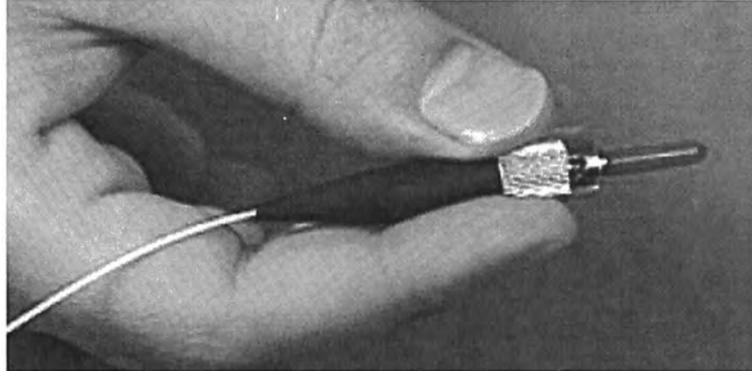


Figura 6.14: Fibra óptica terminada

6.3 El tendido del cableado horizontal.

La elaboración del conexionado de los paneles de concentración y las tomas de datos tienen el mismo proceso de acabado, con la salvedad que los componentes donde se realiza este proceso son diferentes en su estructura para cada caso, pero los conectores son los mismos.

CAPÍTULO VII DOCUMENTACIÓN

Los edificios modernos requieren de una efectiva infraestructura de telecomunicaciones para soportar la gran variedad de servicios que se basan en el transporte electrónico de la información. La administración incluye documentación básica, planos actualizados, etiquetas (ver figuras 7.1 y 7.2) y registros, la administración debe ser consecuente con los sistemas de telecomunicaciones de voz, datos y video así como con otros sistemas de señal de los edificios como seguridad, audio, alarmas y administración de la energía.

La administración puede estar basada en registros en papel, pero la tendencia actual es que se integren en sistemas informáticos.

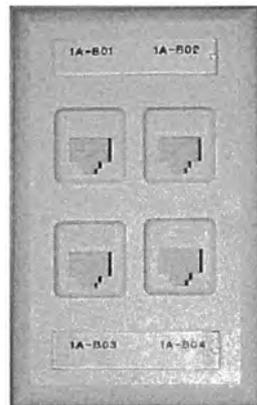


Figura 7.1: Caja de toma de datos etiquetada

Existen 4 clases de administración del cableado de telecomunicaciones:

- Clase 1: Un solo edificio, un solo CT.
- Clase 2: Un solo edificio, múltiples CT.
- Clase 3: Varios edificios en entorno de campus.

- Clase 4: Múltiples campus

El propósito de este estándar es proporcionar un esquema de administración uniforme que sea independiente de las aplicaciones que se le den al sistema de cableado, las cuales pueden cambiar varias veces durante la existencia de un edificio. Este estándar establece guías para dueños, usuarios finales, consultores, contratistas, diseñadores, instaladores y administradores de la infraestructura de telecomunicaciones y sistemas relacionados.

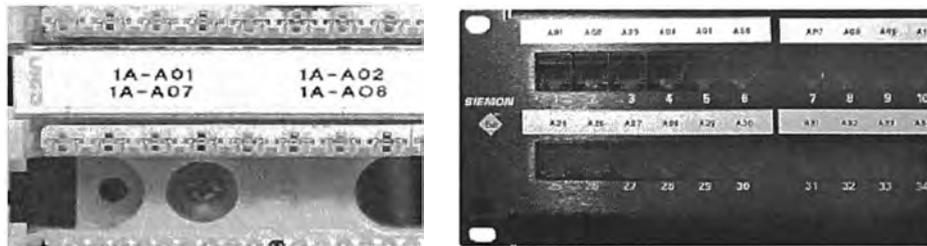


Figura 7.2: Etiquetado de paneles de empalme

7.1 El sistema de administración típico.

Este sistema Incluye registros, reportes, diagramas y órdenes de trabajo. En el caso de los identificadores, cada espacio, ruta, terminación de cable y tierra debe tener asignado un identificador único. En cuanto a los registros de telecomunicaciones, se deben conservar los registros al menos de cada cable, espacio, ruta, terminación, etc. y ellos deben estar cruzados entre sí. Pueden enlazarse en forma opcional otros registros como los de un inventario, claves de usuario, direcciones de red y de estación, etc.

Respecto a los diagramas se tendrá que incluir el esquemático y el físico, incluye planos de pisos, esquemas del cableado y distribución en los racks.

Las órdenes de trabajo: Estas órdenes deben involucrar espacios, rutas, cables, adaptadores, terminaciones, tierra, individualmente o en combinación. Las órdenes de trabajo deben listar a los responsables de los cambios físicos así

como la actualización de los documentos para asegurarnos la precisión de los datos en el futuro.

Se muestran ahora unos ejemplos de formatos de identificación en el siguiente listado y en la figura 7.3:

- BCD123 : Conduit de backbone 123.
- C987 : Cable 987
- CT654 : Bandeja de cables 654
- F367 : Fibra 367
- J234 : Jack 234
- TC567 : Closet de telecomunicaciones 567
- WA 678 : Área de trabajo 678.

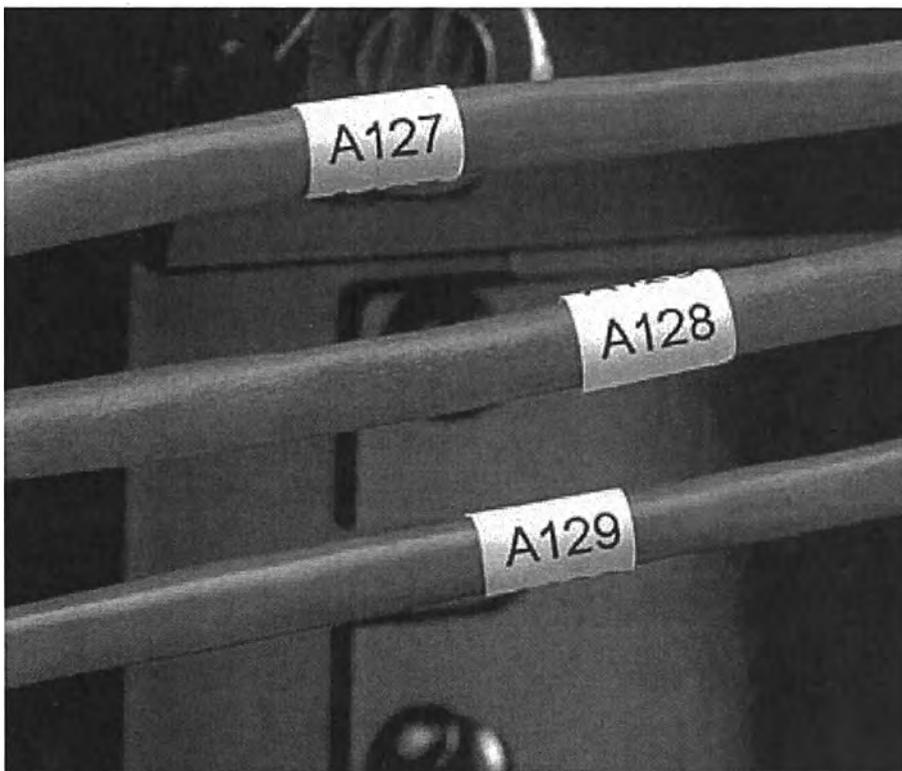


Figura 7.3: Etiquetado de cables de datos

7.2 Codificación de colores para el etiquetado

La EIA/TIA 606 recomienda el empleo de códigos de colores para los medios y espacios de telecomunicaciones, esto lo podemos apreciar en la tabla 7.1.

Tabla 7.1: Código de colores para el etiquetado

Tipo de terminación	Color
Punto de Demarcación	Anaranjado
Conexión de red	Verde
Equipo común	Violeta
Sistemas discados	Rojo
Backbone de 1er Nivel	Blanco
Backbone de 2° Nivel	Gris
Backbone de campus	Marrón
Horizontal	Azul
Misceláneo	Amarillo

Los factores a tener en cuenta para el etiquetado son.

- Visibilidad:
- Tamaño
- Color
- Contraste
- Durabilidad: resistente al calor, polvo, luz ultravioleta, solventes.

Un ejemplo de registro para un enlace de datos lo podemos apreciar en la tabla 7.2:

Tabla 7.2: Ejemplo de registro de un enlace

Registro de Enlace Horizontal	3B-C22
Tipo de cable	Fibra óptica multimodo, cable duplex, plenum, Mohawk, M9B004
Ubicación del área de trabajo	Lab. 704
Tipo de conector de salida	LC duplex
Longitud del cable	38.5 m
Hardware de conexionado	Patch Panel 24 puertos CT-FMT24 de Siemon
Registro del servicio	Instalado y probado por RedConfiable SAC, terminado por el técnico Aldo Pacheco el 12/05/2007 y mantenido el 19/09/2008 por el técnico Pedro Cabello.

7.3 Recomendaciones para la administración del cableado.

- Las áreas para ser administradas serán: terminaciones, medios, rutas, espacios, puestas a tierra.
- La información deberá ser presentada en: etiquetas, registros, reportes, planos, órdenes de trabajo.
- El etiquetado debe ser llevado a cabo de la siguiente forma: etiquetas individuales firmemente sujetas a los elementos con etiquetas adhesivas.
- Las etiquetas deberán ser auto-laminadas, es decir, las letras deben estar protegidas con una porción de la misma etiqueta.
- Para cables utilizados en exteriores se utilizarán etiquetas especiales para exteriores.

- El etiquetado deberá llevar la siguiente nomenclatura:

ER ó CT X / P Y – Z D ó V / R W donde:

X = número que se le asignó al cuarto de equipos o closet de telecomunicaciones respectivamente.

Y = número de panel de parcheo.

Z = número del puerto del panel de parcheo.

D = si le da servicio a una salida de datos.

V = si le da servicio a una salida de voz.

W = número de Rack dentro del cuarto de telecomunicaciones o cuarto de equipo.

ER = se refiere a cuarto de equipo.

CT = se refiere a cuarto de telecomunicaciones.

P = se refiere a panel de parcheo.

R = hace referencia a un rack y será instalada en paneles de parcheo, faceplates, patchcords del área de trabajo y del equipo activo, ambas puntas del cable permanentemente instalado.

- Las rutas serán etiquetadas en todos los puntos de terminación y en 2 registros intermedios.
- Las etiquetas se instalarán en ambas puntas del cable permanente en el cableado horizontal, en ambas puntas del cable vertical, así como en el de campus; se instalarán también en el panel de parcheo, en la parte exterior de las tapas en el área de trabajo y en ambos extremos de los patchcords del área de trabajo y de los equipos.
- El color que se manejará para las terminaciones de voz en el área de trabajo será azul.
- El color que se manejará para las terminaciones de datos en el área de trabajo será blanco.
- El color que se manejará para las terminaciones de voz y datos en el cuarto de equipos será negro.
- El color que se manejará para los patchcords ubicados en el área de trabajo para las salidas de cómputo será blanco y con una longitud de 10ft como mínimo.

- El color que se manejará para los patchcords ubicados en el cuarto de equipo o de telecomunicaciones para la interconexión de los equipos de datos será azul y tendrán una longitud de 5Ft.
- El color que se manejará para los patchcords ubicados en el closet de telecomunicaciones o cuarto de equipo para la conexión cruzada de los equipos de telefonía será amarillo y tendrán una longitud de 5ft.

CAPÍTULO VIII

PROCEDIMIENTOS DE PRUEBA Y CERTIFICACIÓN

Técnicas estandarizadas de prueba y medición son importantes para definir los parámetros bajo los cuales un sistema de fibra óptica o cualquiera de sus componentes pueda funcionar. Al evaluar el rendimiento del sistema, deben considerarse todos los componentes que comprenden el sistema. Las técnicas para medir sistemas de fibra óptica se agrupan en dos categorías: pruebas de funcionamiento y pruebas de rendimiento. Las pruebas de funcionamiento consisten en determinar si un componente del sistema del cableado de fibra óptica está operando., como por ejemplo podría ser una prueba de continuidad de un enlace. Las pruebas de rendimiento consisten en determinar cómo se comporta el sistema respecto a una expectativa de presupuesto de pérdidas estimado.

8.1 Equipos de prueba para fibra óptica.

Parte importante en la implementación del sistema de fibra óptica es el equipamiento de prueba requerido para instalar y resolver fallas. Muchos importantes tipos de equipo de prueba están disponibles en la actualidad:

Medidor de Potencia Óptica: Para medir la cantidad de potencia óptica en una fibra. Los modelos disponibles ofrecen el trabajo a varias longitudes de onda y mediciones absolutas en dBm y relativas en dB. Requieren de adaptadores para los diferentes formatos de conectores de fibra.

Fuente de luz óptica: Una fuente de luz óptica inyecta una señal de luz de prueba estable en la fibra. Típicas frecuencias de modulación de prueba son 270 Hz, 1KHz y 2 KHz.

Medidor de Pérdidas Ópticas: Este instrumento combina un medidor de potencia óptica y una fuente de luz óptica en un solo instrumento. También reciben el nombre de *optical loss test set* (OLTS: juego para comprobación de pérdidas ópticas).

Identificador de Fibras: Un identificador de fibras ubica el paso de una fibra. Este está conformado por un inyector de señal que aplica una señal luminosa que será detectada y procesada para determinar si coincide con la señal emitida por el identificador.

Juego Intercomunicador (talk set): Son usados para coordinar las actividades de mantenimiento en la fibra óptica. A menudo las fibras ópticas están ubicadas en forma subterránea o en salas blindadas donde los walkie-talkies no pueden ser usados. En estos casos, la fibra de por sí es el mejor medio de comunicación. Los talk set están disponibles para operar en una fibra o dos fibras y pueden ofrecer comunicación half-duplex o full-duplex.

Reflectómetro Óptico en el Dominio del Tiempo (OTDR): Los OTDR son una de las herramientas más usadas en la actualidad para instalar y diagnosticar el estado de la fibra óptica. Miden la longitud de la fibra óptica y permite apreciar en su pantalla para una determinada longitud de onda, las anomalías que puedan presentarse en el tramo de fibra y a la vez indicar las pérdidas originadas por ellas.

Analizador de espectro Óptico: Estos analizadores determinan la longitud de onda de la luz. Este dispositivo es usado generalmente para determinar el espectro de emisión de una fuente de luz.

Atenuador para Fibra Óptica: Un atenuador para fibra óptica, llamado también atenuador óptico, simula la pérdida que podría ser causada por una gran longitud de fibra óptica. Este dispositivo es típicamente usado para realizar pruebas de recepción. Mientras un atenuador óptico puede simular las pérdidas ópticas de

una gran longitud de fibra, la dispersión que podría ser causada por una gran longitud de fibra no es simulada con precisión.

Medidor de Retro-reflexión: Modernos enlaces digitales de fibra óptica para altas velocidades de transmisión y muchos enlaces analógicos basados en láser requieren de una muy baja retro-reflexión para operar apropiadamente. Este instrumento cuantifica la cantidad de retro-reflexión en el camino de la fibra.

8.2 Técnicas de Medición para Componentes

8.2.1 Mediciones en la fibra.

Las mediciones en la fibra óptica dependen del tipo, si la fibra es monomodo o multimodo. Las pruebas para la fibra multimodo pasan por la medición de la atenuación, dispersión modal, dispersión cromática, apertura numérica y diámetro del núcleo. Pruebas importantes en la fibra monomodo son la medición de la atenuación, dispersión cromática, longitud de onda de corte y diámetro del haz.

8.2.2 Mediciones en la fuente de luz:

Los diodos LED, los VCSEL y el láser, deben ser considerados cuando medimos sistemas de fibra óptica. Las pruebas de medición en los LED incluyen potencia de salida, ancho de banda de modulación, longitud de onda central, ancho espectral, tamaño de la fuente y patrón de campo lejano. Las pruebas para los diodos láser incluyen parámetros ópticos, potencia de salida, ancho de banda de modulación, número de modos, longitud de onda central, ancho de haz y su comportamiento, así como parámetros eléctricos tales como corriente umbral, eficiencia, voltaje de conducción, etc.

Generalmente nuestro parámetro de prueba será la potencia óptica que es la potencia de salida producida por una fuente tal como una tarjeta de interfaz de red óptica o un equipo para pruebas ópticas. Puede medir la potencia en una fuente o en el extremo de un enlace de fibra.

Para medir la potencia óptica, usaremos como referencia al kit FTK 200 de Fluke Networks y podemos proceder como se indica a continuación:

- Verifique que el medidor y la fuente estén configurados para la longitud de onda correcta.
- Permita que se caliente la fuente durante dos minutos, en caso de ser necesario.
- Limpie todos los extremos de la fibra óptica.
- Haga las conexiones mostradas en la figura 8.1 y 8.2 según corresponda.



Figura 8.1: Medición de la potencia óptica de una tarjeta de red

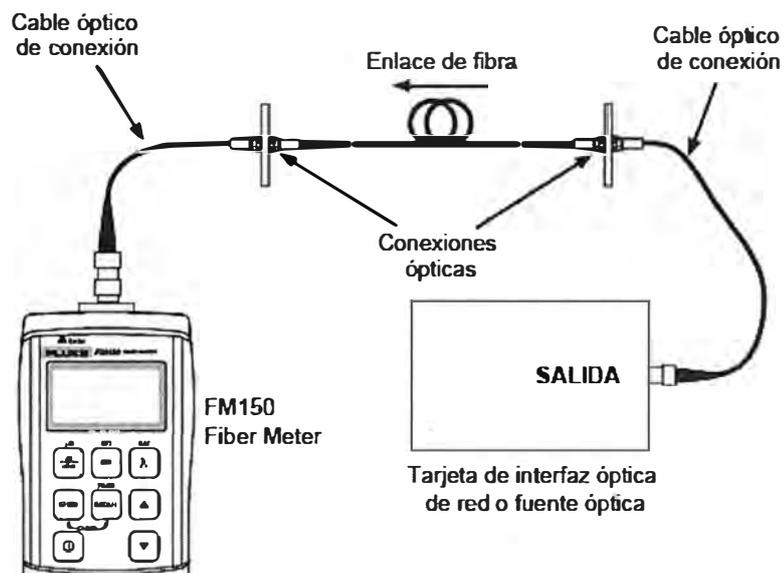


Figura 8.2: Medición de la potencia óptica a la salida de un enlace

- Verifique que el medidor esté en el modo de medición de potencia. La unidad de medición debe ser dBm. En caso de ser necesario, pulse la tecla de cambio de unidad “dB/dBm” para cambiar la unidad de medición a dBm. Para cambiar la unidad a mW, mantenga pulsada “dB/dBm” hasta que aparezca HELD en la pantalla.
- Lea la medición de potencia.

8.2.3 Mediciones en el detector de luz.

Las pruebas a los fotodiodos PIN y APDs incluyen medición del diámetro, respuesta espectral, ancho de banda y corriente de polarización. Los APD son adicionalmente probados para factores de multiplicación y exceso de ruido. Los detectores cumplen dos funciones: detección de señal en receptores y medición de potencia óptica. Cuando el detector funciona como detector de señal, el diámetro más pequeño posible es la medición deseada, porque la potencia de ruido equivalente (NEP) es proporcional al diámetro activo, y el ancho de banda es inversamente proporcional al área activa. Cuando el detector trabaja como detector de potencia óptica, el diámetro deseable es el más grande posible porque éste incrementa la precisión de la medición de potencia.

Para ambos, los fotodiodos PIN y los APD`s, la respuesta espectral es muy dependiente de la longitud de onda.

8.2.4 Medición de pérdidas de interconexión.

La interconexión ideal de una fibra a otra se daría con dos fibras que son óptimamente y físicamente idénticas retenidas por un conector o adaptador o empalme que las alinea exactamente en sus ejes centrales. Pero en el mundo real las pérdidas en el sistema atribuibles a la interconexión de las fibras, es un factor a tomar en cuenta. Las pérdidas de inserción son la primera consideración a tener en cuenta para evaluar el rendimiento de un conector. Existen tres tipos de pérdidas de inserción: pérdidas relacionadas a la fibra, pérdidas relacionadas al conector y factores del sistema que contribuyen a las pérdidas. En vista de las discrepancias que pueden darse entre las pruebas de pérdidas de inserción y el

rendimiento de los conectores, debemos comprender los métodos de prueba a usar para medir las pérdidas de inserción. Los mejores resultados los obtendremos cuando las longitudes de la fibra son conectadas a la fuente y al detector como elementos permanentes en la configuración de la prueba. Esto evita variaciones en los resultados que son causados por pérdidas de interconexión en el detector y en la fuente entre prueba y prueba.

Para hacer la medición de las pérdidas de inserción, se requiere inicialmente fijar una referencia. Al fijar una referencia, el medidor podrá restar automáticamente las pérdidas debidas a los cables de conexión al realizar mediciones de pérdida. La pérdida para una fibra sometida a prueba se calcula automáticamente como la diferencia entre la pérdida de referencia y la pérdida con la fibra insertada. Para obtener resultados más exactos en las pruebas, debe fijar la referencia en las siguientes situaciones:

- Cada vez que comience a utilizar una fuente óptica diferente para las mediciones de pérdida.
- Cada vez que cambie el cable de conexión utilizado en el medidor o la fuente.

Para ello el proceso sería el que se describe a continuación, tomando como referencia al kit FTK 200 de Fluke Networks:

- Fije la fuente en la longitud de onda que usará para realizar las pruebas. Permita que se caliente la fuente durante dos minutos.
- Seleccione dos cables de conexión en buenas condiciones, que sean del mismo tipo de la fibra a probar. Seleccione un adaptador en buenas condiciones, del tipo apropiado. Limpie todos los extremos de la fibra óptica.
- Haga las conexiones mostradas en la figura 8.3:

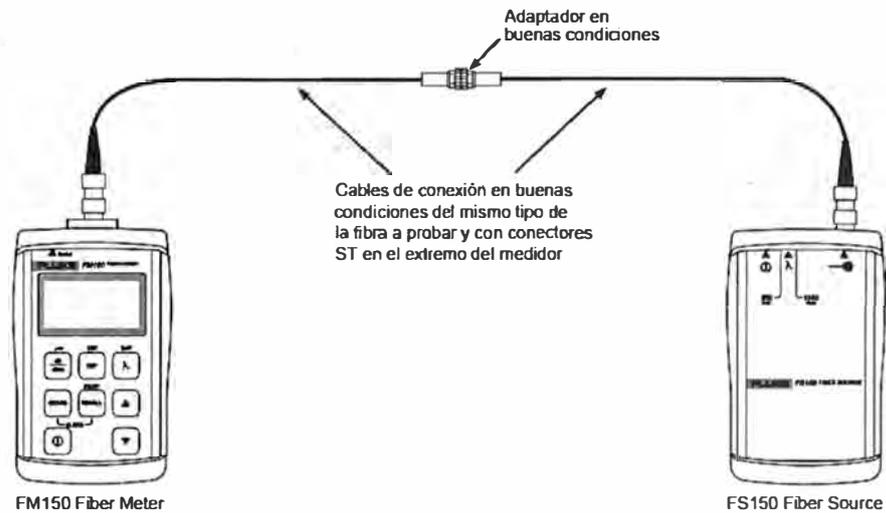


Figura 8.3: Conexión para fijar la referencia para la medición de pérdidas de potencia óptica

- Encienda el medidor. Pulse λ para seleccionar la longitud de onda correcta. Normalmente, la lectura será de aproximadamente -20 dBm. Si la lectura es demasiado baja, verifique las conexiones de la fuente y la longitud de onda, limpie nuevamente los extremos de la fibra óptica, seleccione cables de conexión diferentes o utilice un adaptador diferente.
- Para fijar la referencia, mantenga pulsada la tecla REF hasta que aparezca HELD en la pantalla. La lectura de pérdida debe entonces cambiar a 0 dB. La última cifra puede variar ligeramente debido al movimiento de la fibra óptica y a variaciones menores en la potencia de salida de la fuente.
- Si está realizando pruebas con más de una longitud de onda, cambie el medidor y la fuente a la nueva longitud de onda, y luego repita el paso anterior.

Una vez fijada la referencia, podemos hacer la medición de las pérdidas de inserción propiamente en el cableado.

La pérdida de potencia óptica es la energía luminosa perdida a través de la fibra, los adaptadores, los empalmes y otros componentes de un enlace de fibra. La pérdida para una fibra sometida a prueba se calcula automáticamente como la diferencia entre la pérdida con la fibra insertada y la pérdida de referencia.

Para medir la pérdida, proceda como se indica a continuación:

- Verifique que el medidor y la fuente estén configurados para la longitud de onda correcta.

- Permita que se caliente la fuente durante dos minutos, en caso de ser necesario. Tener en cuenta que los cables de conexión utilizados para las mediciones de pérdida deben ser los mismos cables de conexión empleados para fijar la referencia en la longitud de onda que está probando. Si se han desconectado los cables de conexión del medidor o de la fuente desde el momento en que se fijó la referencia, vuelva a fijar la referencia antes de medir la pérdida.
- Limpie todos los extremos de la fibra óptica.
- Fije una referencia, en caso de ser necesario.
- Haga las conexiones mostradas en la figura 8.4:

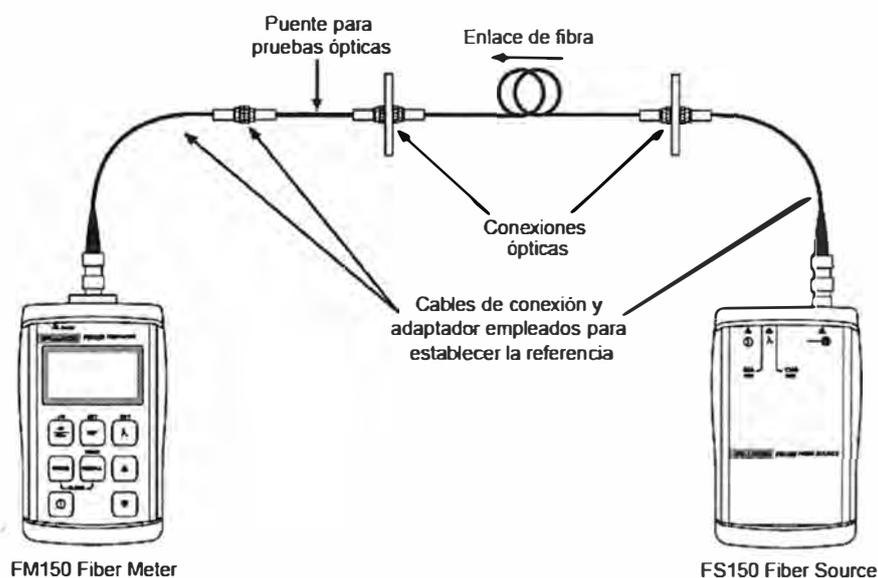


Figura 8.4: Conexionado para la medición de las pérdidas de potencia óptica de un enlace

- Verifique que el medidor esté en el modo de medición de pérdida. En este caso, la unidad de medición será dB. Si no es así, pulse dB/dBm.
- Lea la medición de pérdida.

8.2.5 Mediciones en el Sistema.

Las mediciones en el sistema incluyen continuidad de la fibra, tasa de errores de bit (BER) sensibilidad y patrón de comportamiento. Estas son las pruebas funcionales. La continuidad de la fibra puede ser probada con un OTDR el cual

ubica roturas en la fibra. La tasa de errores de bits se define como el número de errores de la información (en bits) dividido por el total de bits que han sido transmitidos. El BER es medido transmitiendo un patrón extenso de bits y verificando su correcta recepción. La sensibilidad es el nivel más bajo de potencia que entrega el BER deseado y puede ser probado con el método de prueba del BER.

8.3 Procedimiento de certificación.

La comprobación y certificación de las redes de fibra óptica de gran velocidad puede plantear dificultades. En primer lugar, su red puede estar compuesta por distintos tipos de fibra: monomodo, multimodo e incluso multimodo con Gigabit Ethernet. Por otra parte, el uso del láser como fuente de transmisión óptica supone una complicación añadida. El único medio para comprobar y certificar de forma precisa el rendimiento de su red es utilizando equipos de pruebas diseñados específicamente para esa tarea.

8.3.1 Elección del kit de certificación.

En un mercado tan competitivo, la certificación de las instalaciones de red, nos garantiza el cumplimiento de los requerimientos mínimos para obtener el rendimiento deseado en cuanto a velocidad de transmisión y confiabilidad del servicio de la infraestructura de red. Uno de los costos de instalar sistemas de cableado es la comprobación. Este proceso es necesario porque necesitamos tener la seguridad de que la infraestructura de cableado esté bien instalada. La prueba que requerimos es un informe de certificación válido. Para ello elegimos al DSP-4000 de Fluke Network, el cual dispone de las herramientas adecuadas para comprobar todo tipo de fibra: monomodo, multimodo y multimodo con Gigabit Ethernet y sus adaptadores de la serie FTA 420S. Estos adaptadores, pequeños y compactos, dotan de posibilidades de comprobación y certificación automática para doble fibra y doble longitud de onda al DSP-4000, que se transforma así en un instrumento de comprobación de fibra óptica de completas prestaciones. Para minimizar el costo de la comprobación, lo ideal es probar la mayor cantidad de

enlaces en el menor tiempo posible. Esto se puede lograr contratando a muchas personas que trabajen simultáneamente con herramientas de comprobación más baratas o utilizando herramientas más avanzadas que necesiten menos mano de obra.

Describiremos las ventajas del uso de equipos avanzados de comprobación, diseñados para certificar de un modo rápido y eficaz.: los adaptadores de fibra multimodo DSP-FTA420S para la serie DSP-4000 de Fluke Networks cuyas características se aprecian en la tabla 1. Los DSP-FTA420S son adaptadores de fibra que convierten certificadoros de Cat. 5e/6 en herramientas de certificación de fibra, ver la figura 8.5.

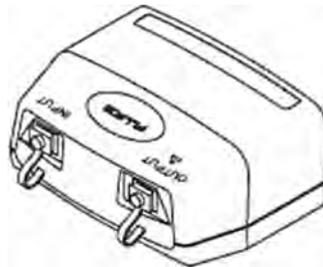


Figura 8.5: Adaptador para mediciones en fibra óptica con certificadoros de Cat5E/6

Tabla 8.1: Características del DSP-FTA420S

Característica	DSP-FTA420S
Numero de adaptadores por equipo	2: 1 para unidad principal y 1 para unidad remota
Adaptador 1	Receptor InGaAs (Rx, recepción) Fuente de luz LED de 850nm (Tx, transmisión)
Adaptador 2	Receptor InGaAs (Rx, recepción) Fuente de luz LED de 1300nm, 850nm (Tx, transmisión)
Tiempo de medición de referencia	11s
Tiempo de comprobación automática	11s

8.3.2 Comprobación de un par de fibra óptica:

Los adaptadores DSP-FTA420S comprueban un par de fibra en una operación automática (Autotest). Tras realizar una medición de potencia de referencia, los adaptadores se conectan a los pares de fibra que se van a comprobar. El DSP-FTA420S comprueba cada fibra a 850 nm y 1.300 nm, como muestra la Figura 8.6.

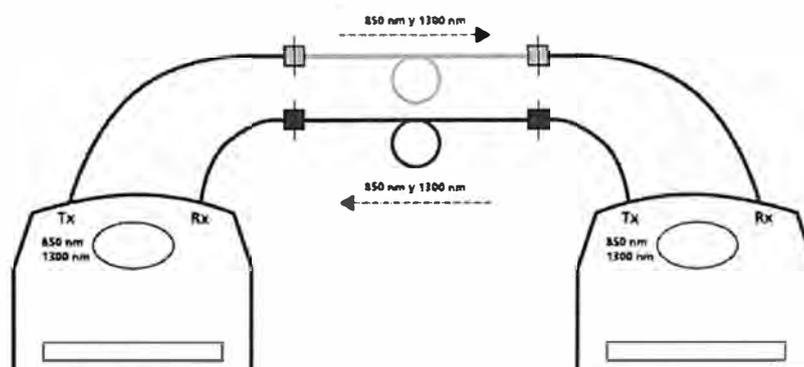


Figura 8.6: Conexión para prueba de un par de fibra óptica

Ejemplo: enlace horizontal a 850 nm en una dirección:

- Cableado = cable 50/125 de 12 fibras desde a interconexión intermedia hasta la zona de trabajo, conectores SC.
- Requisitos = comprobar cada fibra a 850 nm en una dirección El DSP-FTA420S comprueba cada fibra del par a 850 nm y 1300 nm. Puede seleccionar un límite de PASA/FALLA que ignore la medición a 1300 nm, si lo desea.

CAPÍTULO IX

PROCEDIMIENTOS DE DIAGNÓSTICO

Tenemos que realizar una prueba de verificación del sistema inmediatamente luego de la instalación inicial. En este tipo de prueba se debe confirmar que las pérdidas no excedan los límites aceptables y aseguren que el sistema de cableado cumpla con las especificaciones de atenuación. Estas también brindan información que es muy importante para el diagnosticador, cuando el comportamiento del sistema no es el apropiado.

9.1 |Equipo de prueba.

Para las pruebas básicas necesitamos el siguiente equipamiento:

- Un power meter.
- Una fuente óptica.
- Dos jumper de prueba (del mismo tipo de conector y tamaño de núcleo de fibra).
- Un adaptador de interconexión.

Además necesitamos uno de los siguientes instrumentos para determinar la posición exacta de las fallas a detectar:

- Un OTDR (reflectómetro óptico en el dominio del tiempo).
- Un fault finder o detector de fallas ó
- Un visual tracer o trazador visual.

Para la prueba de certificación se requiere un equipamiento más exigente que para la prueba de funcionamiento, en vista que debemos medir los parámetros de comportamiento y superar las exigencias de los estándares.

9.2 Pruebas requeridas.

La prueba de las propiedades ópticas del cable de fibra óptica involucran la medición de dos características: Atenuación y Ancho de Banda.

La atenuación, es la medición de las pérdidas de la señal durante su viaje a través del cable, desde el transmisor hasta el receptor.

Una pequeña cantidad es inevitable, aceptable e intrascendente para la data. Pero, el número de empalmes o conexiones pueden tener un efecto en el rendimiento, junto con la mano de obra, por ello es importante realizar las pruebas después de la instalación, para asegurar que el sistema de cableado cumpla con las especificaciones de la TIA 568. El cumplimiento requiere que la prueba de atenuación de extremo a extremo se enmarque dentro de las especificaciones publicadas.

El ancho de banda es la medición de la capacidad del cable para portar la información. La calidad y la longitud de la fibra determinan el ancho de banda. La mano de obra del instalador no afecta en esto. Es importante que el ancho de banda del cable del sistema brinde la capacidad de portar la información requerida por el usuario final. El ancho de banda puede ser verificado con la simple documentación brindada por el fabricante del cable. En la actualidad, las pruebas de campo solamente son necesarias si esto no fuera suficiente para determinar el ancho de banda o si es práctica del instalador el realizar pruebas de campo o en todo caso si el usuario final lo solicita.

9.3 Procedimiento de prueba.

Usted podría leer las instrucciones del fabricante del equipo de prueba, para realizar sus rutinas, pero aquí se detallan los procedimientos generales que cumplen con la EIA/TIA 526-14, Método B: Mediciones de Pérdidas de Potencia Óptica de Instalaciones de Planta con Cable de Fibra Multimodo.

Antes de probar, asegúrese que los conectores, puentes y adaptadores estén limpios y libres de impurezas.

Primero necesitamos tomar una lectura de referencia. Conectar un cable o jumper de prueba desde el meter hasta la fuente óptica, configure el meter y la fuente para la misma longitud de onda, encender a ambos y registre la lectura de potencia en decibelios (dB). Esta es su LECTURA DE REFERENCIA.

Las configuraciones de longitudes de onda son generalmente de 850/1300 nm para multimodo, y 1310/1550 nm para monomodo. En entornos tradicionales todas las longitudes de onda a excepción de 1550 nm son comúnmente usados. (Nota: Para cumplir con la EIA/TIA 526-14, la fuente de luz o bien el OTDR deben operar en el rango de 850 +/- 30nm para multimodo y 1300 +/- 20nm para monomodo. También el power meter debe ser calibrado y aceptado por la National Institute of Standards Technology).

A continuación, conectemos un segundo puente de prueba (del mismo tipo y tamaño de núcleo de fibra del puente a probar) con el primer puente de prueba, uniéndolos con un adaptador (sleeve) o manga de interconexión. Encienda la fuente óptica y el meter y registre el nivel de potencia mostrado por el meter. Esta segunda lectura es la lectura de comprobación.

Comparemos la lectura de comprobación con la lectura de referencia y nos debemos asegurar que el segundo puente no haya incrementado la atenuación en más de 0.75 dB. Para hacer esto restaremos la lectura de referencia con la lectura de comprobación. No debe haber una diferencia mayor a 0.75 dB de pérdidas entre la primera y segunda lectura. (Notar que 0.75 dB es el umbral considerado por la TIA 568-A, pero en todo caso puede asumir alguna especificación mejorada.).

Si la lectura es satisfactoria procederemos con el siguiente paso, para la prueba de atenuación entre extremos. De lo contrario, limpiemos todos los conectores, excepto el punto de conexión de la fuente y repitamos el procedimiento para la lectura de comprobación.

Con esto estamos listos para realizar la prueba de atenuación de extremo a extremo.

Dejar ambos puentes conectados a la fuente óptica y al power meter, pero desconectar del sleeve de interconexión. Tomemos el meter y su puente y conectemos a uno de los extremos del cable a probar, y ubiquemos la fuente en el otro extremo.

Registremos la lectura, ésta será la oficial lectura de la prueba de atenuación. Restar la lectura de referencia de la lectura recién tomada y determinar la atenuación de extremo a extremo. Documentemos este valor.

La atenuación debe ser medida y documentada en ambas direcciones y a todas las longitudes de onda aplicables. Notemos que un fabricante puede recomendar que un OTDR sea usado para medir la atenuación de las fibras que hayan sido mal acabadas. Un trazador visual o visual tracer puede ser empleado para confirmar la continuidad.

9.4 Verificación del ancho de banda.

No es necesario realizar una prueba de campo para verificar el ancho de banda si la documentación o etiqueta del cable le permiten confirmar el ancho de banda especificado por la fibra, y ésta fuera la apropiada.

Se realiza una prueba de campo solo si la documentación del ancho de banda de la fibra no estuviera disponible.

Otra prueba a realizar antes que el sistema arranque es usar el power meter para verificar los niveles de potencia del transmisor y receptor, luego que ellos hayan sido instalados y antes que el sistema sea usado. Esto nos permite tener la información apropiada para diagnosticar rápidamente si la parte electrónica está operando correctamente y un registro muy importante para posteriores diagnósticos en caso de fallas.

9.5 Tips para diagnóstico de fallas en sistemas instalados.

Un sistema de cableado de fibra óptica que ha sido correctamente instalado y probado, requiere un mínimo mantenimiento cuando se tiene muchos años de

servicio confiable. De todos modos si se presenta alguna falla en el sistema, aquí se brindan algunos tips para ayudar a hacer un diagnóstico fácil.

Si todo el sistema ha fallado , verifique por si hay problemas en la alimentación de potencia. Si la energía no es el problema, simplemente emplee un método apropiado para aislar al problema, como se aprecia en el siguiente diagrama de flujo. Empiece verificando los transmisores y receptores.

Primero emplearemos un power meter, mida la potencia recibida por el receptor . Si llega luz, indica que el transmisor y el cable están bien, de modo que el problema puede ser el receptor. Si no hay luz al receptor, entonces verifique la potencia del transmisor.

Solamente después de eliminar inconvenientes en el transmisor y receptor, es que podría ser necesario utilizar un OTDR, Fault Finder o trazador visual para detectar una rotura en la fibra.

Notar que en LAN's, muchos problemas tienden a concentrarse en las áreas donde hay más acceso a la fibra, por ejemplo en paneles de interconexión, por ello se recomienda el empleo de gabinetes con llave para prevenir estos problemas inicialmente.

En la tabla 9.1 se listan algunas fallas, su probable causa, el equipo a usar y la posible solución

Tabla 9.1: Fallas en cableado de fibra y soluciones típicas

FALLA	CAUSA	EQUIPO	SOLUCIÓN
Patch Cord defectuoso	Patch Cord torcido	Láser visible	Enderezar lo torcido.
Atenuación localizada de cable	Cable Retorcido	OTDR	Enderezar lo torcido.
Incremento distribuido de la atenuación del cable	Cable defectuoso o instalación con exceso en especificaciones	OTDR	Reducir la fatiga del cable o reemplazarlo
Empalme con muchas pérdidas	Incremento de pérdidas en el empalme debido a tensión en la fibra.	OTDR/Láser visible	Abrir y Reparar.
Fibra Rota	Cable dañado	OTDR/Fault Finder	Reparar o reemplazar.

CAPÍTULO X

ESTADO ACTUAL

Las instalaciones actuales de las redes de Tecsup, se encuentran operando empleando medios cableados e inalámbricos.

Los medios e instalaciones que se utilizan a la fecha son:

10.1 Instalaciones con cobre..

Las instalaciones de datos con medios de cobre están basadas en cables UTP de categorías 5 y 5E, los cuales están funcionando en las redes LAN de los ambientes de todos los laboratorios de cómputo a excepción del ambiente 605. Emplean velocidades de 10Mbps y 100Mbps bajo topología estrella y con protocolos Ethernet.

La operatividad de los laboratorios está asegurada pero no cuentan con una certificación ni han sido desarrolladas con los requisitos de rendimiento de la EIA/TIA.

10.2 Instalaciones con conexión Inalámbrica.

Las instalaciones de datos de las oficinas administrativas y salas de profesores están basadas en una conexión cableada desde el backbone y terminan en el área de trabajo con conexión cableada y con conexión inalámbrica con seguridad habilitada. Esta conexión inalámbrica está presente en todo el campo de Tecsup para el uso administrativo y docente. Se cuenta con access point en varios pabellones como el pabellón 1, 4, 7, 8, 9 y además conexión cableada con cable UTP en todos los pabellones.

10.3 Instalaciones con fibra óptica.

Con fibra óptica actualmente tenemos el backbone de datos del campo de Tecsup y parte desde nuestra sala de equipos hasta los pabellones 4, 8, 7 y 10 que son los que requieren en la actualidad el mayor ancho de banda para los usuarios.

10.4 Instalaciones de Sala de Equipo y Cuarto de Telecomunicaciones.

La sala de equipos concentra nuestros enrutadores, conmutadores principales, módems y servidores principales. Se encuentra ubicado en el pabellón 4 con servicios de ventilación y aire acondicionado y con el acceso restringido que corresponde. Las conexiones están operativas pero no cuentan con la certificación según los requerimientos de la EIA/TIA y la documentación de la red no cumple con las exigencias de la EIA/TIA 606.

En cuanto a los cuartos o closets de telecomunicaciones, éstos se encuentran operativos en los diversos ambientes que atienden y de igual modo no están certificadas ni cumplen con las normas y estándares de la EIA/TIA 568, 569, 606 y 607, presentando como ejemplo los siguientes incumplimientos:

- Disposición y etiquetado no apropiados.
- Radios de curvatura de los cables por debajo del recomendado.
- Prueba de rendimiento no efectuada.
- Cables UTP con destrenzado superior a lo exigido.
- Empleo de diferentes configuraciones de cableado.
- Falta de aterramiento de las estructuras de soporte o racks, etc.

Es importante señalar que estos closets no cuentan con los requerimientos de seguridad o restricción para el acceso.

10.5 Áreas de Trabajo.

En cuanto a las áreas de trabajo, en su gran mayoría hacen uso de servicios de datos, con excepción de los ambientes 702, 703 y 708 que también hacen uso de servicios de voz. En cuanto a las salidas de datos de las instalaciones cableadas hay diversidad de disposiciones. Unas se encuentran en estructura estable

(pared) y otras se encuentran en los muebles e incluso hay ambientes que no disponen de cajas de toma de datos y las computadoras se encuentran conectadas sin el empleo de patch cords sino directamente al panel de conexiones. El enrutamiento de los cables en las áreas de trabajo no es el apropiado en vista que se emplean ductos no calificados y tampoco se respetan los radios de curvatura mínimos especificados por la EIA/TIA 568

En los ambientes de laboratorio entonces las tomas de datos y los patch cords no cumplen con la EIA/TIA 568, 569 y 606.

En la figura 10.1 se muestra el diagrama de conectividad global de la red de Tecsup que opera en la actualidad desde un enfoque funcional:

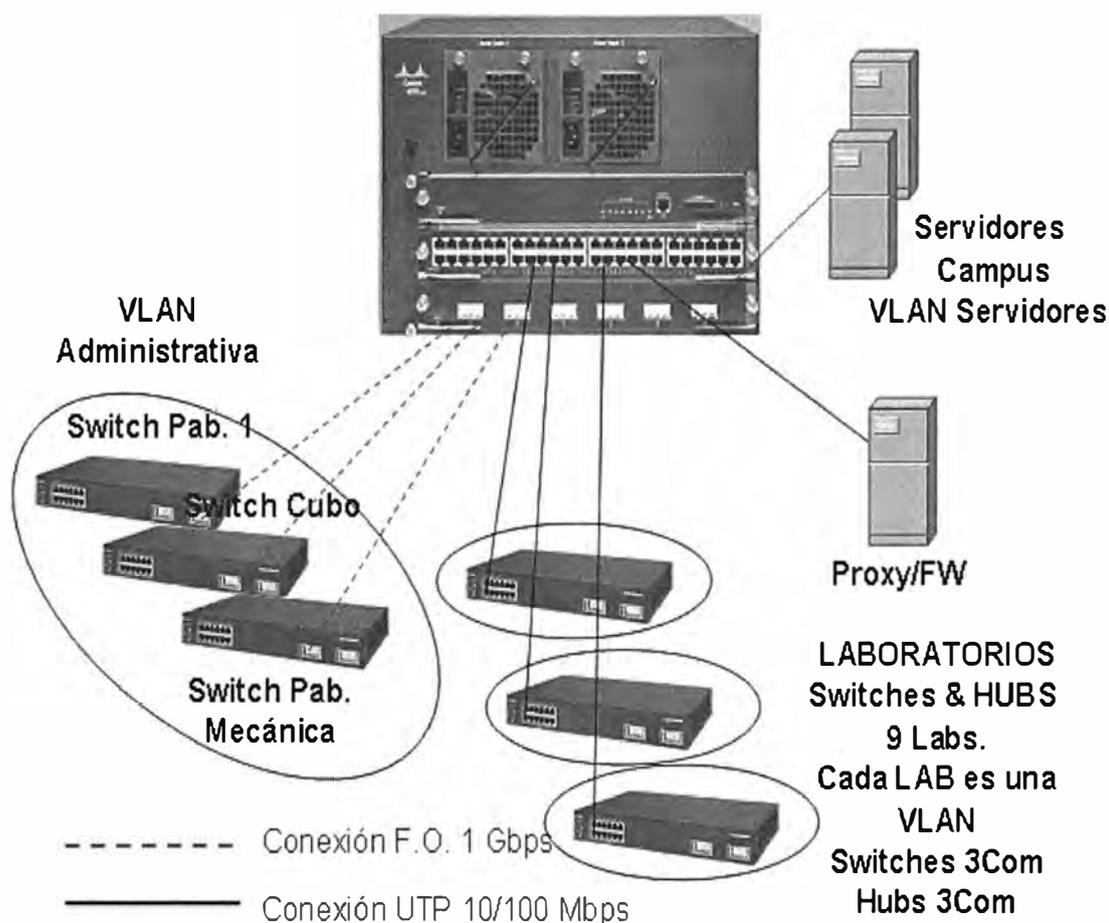


Figura 10.1: Conectividad de la red y medios actuales

La figura 10.2 muestra el diagrama topológico de la red de Tecsup en la actualidad:

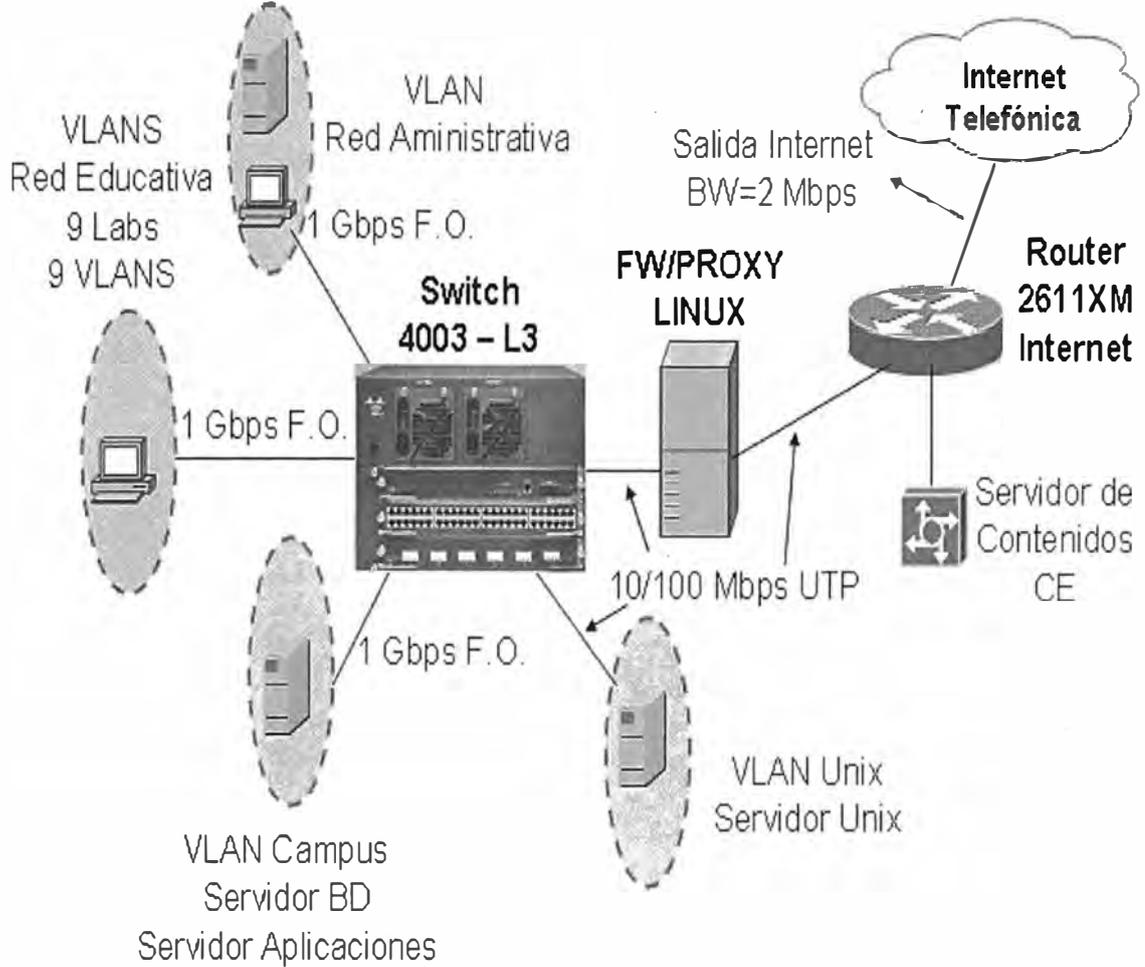


Figura 10.2: Topología actual de la red de Tecsup

CONCLUSIONES, APORTES Y RECOMENDACIONES

En vista de la creciente exigencia en la calidad de los servicios educativos, y de acuerdo con la visión planteada para la institución, se recomienda hacer el esfuerzo necesario para hacer un cambio en las instalaciones de red en el campo de Tecsup. Para disponer de una amplia capacidad de velocidad de transmisión y en vista de la madurez de la tecnología de la fibra óptica, se sugiere que el cambio sea orientado a una instalación de fibra óptica dirigida al escritorio (Fiber to the desk: FTTD) siguiendo las especificaciones para la calidad de la instalación dictadas por la EIA/TIA y respetando naturalmente la codificación nacional para las instalaciones. Con una instalación de fibra óptica podremos llegar a utilizar aplicaciones que requieran de 1 Gbps y hasta de 10Gbps, de este modo estaremos preparados para soportar las más exigentes aplicaciones del futuro inmediato.

El presente trabajo aporta para la consecución de este objetivo, una guía para poder realizar la transformación de la conexión basada en cobre existente a la fecha y está basada en la documentación de la EIA/TIA para instalaciones de Cableado Estructurado.

En este rumbo entonces podemos concluir lo siguiente:

- Las salidas de las tomas de datos deberán contemplar el tipo del área de trabajo, esto es considerar salidas en estructura fija y en muebles modulares según el caso (oficinas o ambientes educativos).
- Todo el cableado deberá ser canalizado según la EIA/TIA 569 y documentos de actualización.
- Las áreas de trabajo deberán disponer de instalaciones con fibra óptica operando a 1Gbps y con capacidad para soportar en el futuro 10Gbps tanto en los

ambientes administrativos como en los ambientes educativos del campo de Tecsup.

- El diseño detallado, como al supervisión, la instalación y la prueba de las instalaciones de Cableado Estructurado con fibra óptica deberán ser realizados por personal altamente calificado y que posean las certificaciones respectivas de los fabricantes o instituciones prestigiadas en Cableado Estructurado (por ejemplo certificaciones de fabricantes como AMP, Leviton, Panduit, Siemon o instituciones como BICSI).
- Las hojas de trabajo se deben preparar tomando en cuenta los planos de los pabellones, las instalaciones existentes, los servicios requeridos y los enrutamientos existentes.
- Se debe identificar cada componente de la instalación y se debe almacenar un registro de los mismos así como de los resultados de las pruebas realizadas y la documentación de la certificación.
- Toda la instalación del cableado estructurado deberá estar con su respectiva conexión a tierra.

BIBLIOGRAFÍA

1. "Cabling Installation Manual" . Tampa, Florida, BICSI. Primera Edición 1996.
2. Rubio Martinez Baltasar, "Introducción a la Ingeniería de la Fibra Óptica". Editorial Ra-ma. USA. 1994.
3. "Structured Cabling Systems" T700 Multimedia Solutions. Leviton Voice & Data Division. USA. 2001.
4. "Wiring Strategies for Voice and Data Systems". Leviton Manufacturing Co. Inc. USA. 1998.
5. "Fiber Optic Design Guide" Release 5. LANscape Solutions. Corning Cable Systems LLC. USA. 2002