# INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ

**RESIDENCIA PROFESIONAL**

**PROYECTO**
**Instalación de fibra óptica de la subestación Tuxtla 1 a la subestación Tuxtla norte**

**EMPRESA**
**Comisión federal de electricidad**

**ALUMNO**
**González González Guillermo de Jesús**
**NO. DE CONTROL 06270049**

**CARRERA**
**Ingeniería electrónica**

**ASESOR INTERNO**
**Ing. Odilio Orozco Magdaleno**

**NOMBRE DEL ASESOR EXTERNO**
**Ing. Isaac García López**

**A 17 DE AGOSTO DE 2010.**

## INDICE

### Capítulo 1. Generalidades


1.1. Introducción 1

1.2. Información general de la empresa donde se desarrolló el proyecto 1

1.3. Área específica relacionada directamente con el proyecto 5

1.4. Antecedentes 6

1.5. Planteamiento del problema 7

1.6. Nombre del proyecto 7

1.7. Objetivos generales y específicos 8

1.8. Justificaciones del proyecto 8

1.9. Alcances y limitaciones del proyecto 9

1.10. Metodología para el desarrollo del proyecto 9


### Capítulo 2. Fundamento teórico


2.1. Historia 10

2.2. Comunicaciones con fibra óptica 12

2.3. Fibra monomodo y multimodo 12

2.4. Fabricación de la fibra óptica 14

2.5. Cables de fibra óptica 17

2.6. Características de la fibra óptica 22

2.7. Instalación del cable de fibra óptica 28

2.8. Ventajas y desventajas 32

2.9. Transmisor Óptico 33

2.10. Conectores 36

2.11. Empalmes 38

**Capítulo 3. Desarrollo del proyecto**

3.1. Levantamiento de estructuras 39

3.2. Recargo y volumen de materiales 41

3.3. Instalación del cable de fibra óptica aérea 45

3.4. Instalación subterránea 51

3.5. Conexiones  al distribuidor de fibra óptica 52

Observaciones y sugerencias 53

Conclusiones 54

Referencias 55

# Capítulo 1. Generalidades

## 1.1. Introducción

Desde hace varios años se conocen las propiedades de la luz y sus aplicaciones, sin embargo el usar la luz para aplicaciones de telecomunicaciones es algo relativamente reciente que ha evolucionado a una velocidad muy grande.

Hoy en día los operadores de las telecomunicaciones cuentan con varios miles de kilómetros de fibra óptica instalada, de igual forma existe un incremento en las capacidades requeridas de transportes sobre dichas fibras. Esto ha provocado un constante desarrollo en esta área.

CFE (comisión federal de electricidad) división sureste, busca sustituir sus sistemas de transmisión con la fibra óptica, debido a las grandes ventajas que esta nos ofrece.

CFE ofreció el desarrollo del proyecto titulado "instalación de fibra óptica de la subestación Tuxtla 1 a la subestación Tuxtla norte, por lo que enseguida se presenta el desarrollo de la instalación de la fibra óptica en esta empresa.

## 1.2 Información general de la empresa donde se desarrolló el proyecto

**Misión.** Satisfacer las necesidades de nuestros clientes, garantizando el suministro de energía eléctrica y otros servicios, a través de una empresa competitiva, comprometida con el desarrollo integral de sus colaboradores y respetando el medio ambiente.

**Visión**. Para el año 2011, nos consolidaremos como una empresa en el suministro de energía eléctrica y otros servicios, para la satisfacción de nuestros clientes integrada por colaboradores en constante desarrollo, con sentido de pertenecía y resultados económicos sustentables.

La Comisión Federal de Electricidad es una empresa del gobierno mexicano que genera, transmite, distribuye y comercializa energía eléctrica para cerca de 27.9 millones de clientes, lo que representa a casi 80 millones de habitantes, e incorpora anualmente más de un millón de clientes nuevos.

La infraestructura para generar la energía eléctrica está compuesta por 177 centrales generadoras, con una capacidad instalada de 51,081 megawatts (MW).

El 22.43% de la capacidad instalada corresponde a 21 centrales construidas con capital privado por los Productores Independientes de Energía (PIE).

En la CFE se produce la energía eléctrica utilizando diferentes tecnologías y diferentes fuentes de energético primario. Tiene centrales termoeléctricas, hidroeléctricas, carboeléctricas, geotermoeléctricas, eoloeléctricas y una nucleoeléctrica.

Para conducir la electricidad desde las centrales de generación hasta el domicilio de cada uno de sus clientes, la CFE tiene cerca de 741 mil kilómetros de líneas de transmisión y de distribución. El suministro de energía eléctrica llega a cerca de 137 mil localidades (133,345 rurales y 3,356 urbanas) y el 96.84% de la población utiliza la electricidad.

En los últimos diez años se han instalado 42 mil módulos solares en pequeñas comunidades muy alejadas de los grandes centros de población. Esta será la tecnología de mayor aplicación en el futuro para aquellas comunidades que aún no cuentan con electricidad.

En cuanto al volumen de ventas totales, 83.5% lo constituyen las ventas directas al público; 15.6% se suministraban a la extinta empresa Luz y Fuerza del Centro, y el 1.0% restante se exporta.

Si bien el sector doméstico agrupa 88.16% de los clientes, sus ventas representan 24.63% del total de ventas al público. Una situación inversa ocurre en el sector industrial, donde menos de 1% de los clientes representa más de la mitad de las ventas.

La CFE es también la entidad del gobierno federal encargada de la planeación del sistema eléctrico nacional, la cual es plasmada en el Programa de Obras e Inversiones del Sector Eléctrico (POISE), que describe la evolución del mercado eléctrico, así como la expansión de la capacidad de generación y transmisión para satisfacer la demanda en los próximos diez años, y se actualiza anualmente.

El compromiso de la empresa es ofrecer servicios de excelencia, garantizando altos índices de calidad en todos sus procesos, al nivel de las mejores empresas eléctricas del mundo.

CFE es un organismo público descentralizado, con personalidad jurídica y patrimonio propio.

En la Fig.1.1. Se muestra el organigrama de la zona Tuxtla de CFE

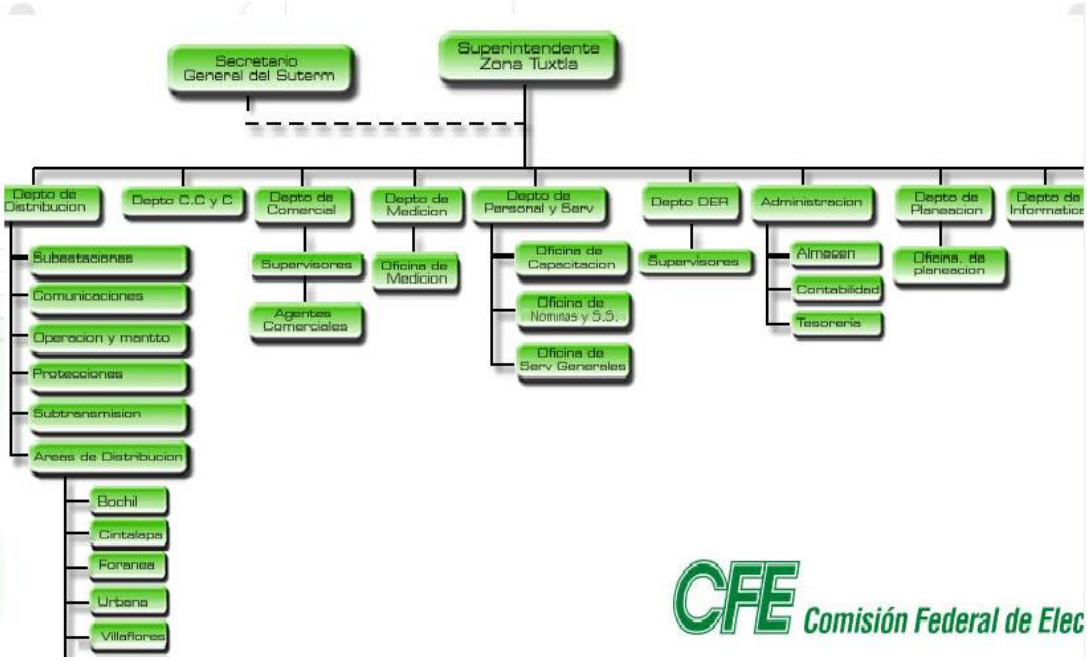



Figura 1.1. Estructura del cuerpo de trabajo de CFE

CFE se plantea desarrollar valores en el equipo humano como son:

**Valores incuestionables.**

- Honestidad
- Responsabilidad
- Lealtad
- Respeto

**Valores deseables.**

- trabajo en equipo
- servicio
- compromiso
- protección al medio ambiente
- tolerancia
- humildad
- perseverancia
- educación
- disciplina
- seguridad
- solidaridad

## Fortalezas y debilidades

### Fortalezas:

- Implementación del sistema empresas inteligentes
- Capacidad de respuesta inmediata
- Sistema de distribución robusto operado por personal experto
- Existencias de laboratorios propios
- Universidad tecnológica el servicio de sus colaboradores
- Buena relación sindicato-empresa
- Suministro de energía con parámetros de calidad y continuidad
- Líderes y colaboradores aptos, dispuestos y con sentido de pertenencia
- Amplia cobertura de red nacional de informática y telecomunicaciones
- Todos las unidades iso 9001:2000
- Integración de las comisiones de seguridad e higiene
- Servicio bajo estándares de cumplimiento

### Debilidades:

- Insuficiencia presupuestal
- Perdidas de energía eléctrica
- Acelerado crecimiento de clientes ante un reducido crecimiento de fuerza de trabajo

### Productos y servicios

- Atención de solicitud de suministro de media tensión y fraccionamientos
- Renta de portería y transformadores
- Reconexiones de servicios
- Facturación y cobranza
- Venta transnacional de energía
- Servicio al cliente
- Contratación provisional de servicio de energía eléctrica
- Construcción de obras
- Conexión de suministro derivado de solicitudes especiales de servicio
- Transformación de la energía eléctrica
- Aseguramiento de la medición
- Proyectos y construcción de obras
- Servicios informáticos a través de internet

### 1.3. Área específica relacionada directamente con el proyecto

El proyecto se llevó acabo en CFE, división sureste, área de distribución, oficina de telecomunicaciones. Ubicada en 5 Norte Poniente numero 2100 código postal 29000 col. Centro.

Fig.1.2. Laboratorio de telecomunicaciones

**Descripción del departamento**.

Esta oficina cuenta con un laboratorio en donde por medio de la red se controla y monitorea los sistemas de telecomunicaciones existentes en la empresa. También se cuenta con una bodega de almacenamiento en donde se encuentran materiales necesarios para la realización de los trabajos técnicos.

La oficina comunicación del área de distribución de CFE zona Tuxtla está encargado de tener en óptimas condiciones los equipos de telecomunicaciones de las oficinas y subestaciones. Como son:

- Comunicación telefónica.
- Comunicación radio móvil.
- Comunicación radio base
- Redes de oficinas y subestaciones
- Repetidores de comunicación
- Antenas para enlaces inalámbricos

El sistema telemétrico de la red de distribución en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez Chiapas Se lo logra con la implementación de las unidades terminales remotas. La cuales son controladas desde el laboratorio de telecomunicaciones en donde se realizan modificaciones básicas como activación y desactivación de los equipos.

### 1.4. Antecedentes

En CFE las telecomunicaciones han sido prioridad y parte fundamental para el funcionamiento de todas sus áreas y subareas, por lo que desde un principio creo enlaces inalámbricos (enlaces de Espectro disperso) de 5.8 G con ancho de banda de 2 Mbps apoyados por repetidores y antenas de largo alcance, por donde se transmiten datos que comunican redes telefónica, redes de internet, y redes específicas para equipos que se actualizan permanentemente en la red. De esta forma se mantiene comunicado CFE en la mayoría de sus áreas, cabe mencionar que con estos enlaces se obtiene un ahorro económico de internet y telefonía que anteriormente se compraba a TELMEX.

Los enlaces de espectro disperso suelen tener fallas provocadas por el clima, falta de mantenimiento en las antenas o repetidores, debido a esto la comunicación era deficiente y el mantenimiento de equipos muy costoso.

Los enlaces con fibra óptica en la zona Tuxtla se han extendido en los últimos años. Debido a la eficiencia y seguridad de este tipo de enlaces. Además del ahorro antes mencionado.

Actualmente se han realizado tres enlaces de este tipo en esta área, como se observa en la figura 1.3.

Zona - Tuxtla uno (enlace establecido)
Tuxtla 1 - edificio de distribución (enlace establecido)
Edificio de distribución - agencia centro (enlace establecido)
Tuxtla 1 - Tuxtla norte (enlace a realizar como residencia profesional)

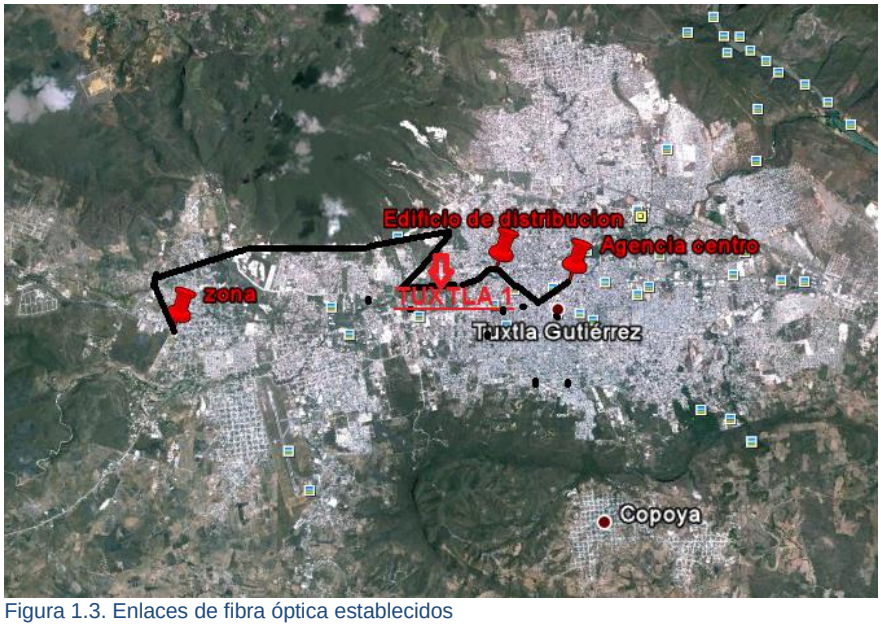


Figura 1.3. Enlaces de fibra óptica establecidos

### 1.5. Planteamiento del problema

En el trazo de esta nueva ruta se presentan dificultades técnicas que hay que superar, para llevar la fibra óptica de la subestación Tuxtla 1 a la subestación Tuxtla norte la opción más accesible es llevar la fibra óptica por todo libramiento norte hasta llegar a la subestación norte, recordemos que la subestación Tuxtla 1 está ubicada en la 5ta norte poniente #2100, por lo que plantearemos sacar un primer tramo subterráneo por el resto de la 5ta norte hasta plaza de la américas, llegando a ese punto se deberá continuar la ruta por la prolongación de la 5ta norte hasta llegar al libramiento norte todo este tramo ya en postes de concreto de CFE una vez llegada la fibra al libramiento norte se tendrá que seguir con el traslado de la fibra pero ahora por las torres de subtrasmisión, continuando con la trayectoria y antes de llegar a la subestación norte se empiezan a observar estructuras troncocónicas.

Con lo anterior se observa que durante el tendido de la fibra óptica se presentan diferentes tipos de estructuras como son: los postes de concreto, las torres de subtransmisión, y por último los postes troncocónicos. Con esto debemos considerar diferentes tipos de herrajes para la fijación de la fibra óptica en cada estructura donde deberá pasar.

Una vez llegada fibra a su destino se harán las conexiones correspondientes tanto en el distribuidor de fibra óptica de Tuxtla 1 como en el nuevo distribuidor de fibra óptica de Tuxtla norte y de esa forma se concluirá el proyecto planteado.

Por otro lado se tendrá que plantear de acuerdo a lo anterior el tipo de cable, los tipos de herrajes y accesorios necesarios que se tendrán que implementar dentro de esta instalación.

Como un complemento se realizará el desarrollo e implementación de la configuración con respecto a la simulación del equipo de enlace, haciendo las pruebas necesarias para que el sistema a controlar funcione adecuadamente a las necesidades de la empresa.

Durante los primeros días de haber realizado el enlace se realizara un constante monitoreo de la señal transmitida por el enlace de fibra óptica. Esto para checar parámetros de transmisión de señal, principalmente la velocidad y por supuesto la nula interrupción del enlace.

### 1.6. Nombre del proyecto

Instalación de fibra óptica de la subestación Tuxtla 1 a la subestación Tuxtla norte.

## 1.7. Objetivos generales y específicos

**Objetivo específicos**

Mejorar la comunicación de voz y datos de la subestación Tuxtla 1 a la subestación Tuxtla norte en donde también se encuentra el área foránea y edificio de especialidades del área de distribución de CFE y con ello eliminar las constantes interrupciones que existían tanto en la telefonía como en el internet.

**Objetivos generales**

Ampliar los enlaces con fibra óptica del área de distribución de CFE para hacer más eficiente la comunicación en cuanto a velocidad, calidad de transmisión y confiabilidad del servicio.

Con todo esto se tendrán enlazados los puntos estratégicos del área de distribución Zona Tuxtla de CFE

## 1.8. Justificaciones del proyecto

CFE división sureste presentaba un problema en la transmisión de internet a todas las áreas y subáreas, ya que anteriormente no tenían otra alternativa que transportarlos por por enlaces de espectro disperso lo cual resultaba ineficiente para las necesidades de la empresa, debido a que comúnmente los repetidores se salían de enlace por distintas razones como mal clima, fallas en el repetidor o falta de mantenimiento a las antenas. Con esto se optó por llevar a cabo la investigación e implementación de este tipo de transmisión tan importante como es la fibra óptica.

Trabajar con fibra óptica vendría a dar grandes beneficios en todo lo que a telecomunicaciones se refiere como son principalmente la nula interrupción de los enlaces a crear, la eficiencia del transporte de información, aunado a la gran velocidad con la que se puede transportar datos por este medio.

Todas la ventajas que este tipo de enlaces nos ofrece tienen un complemento muy importante, ya que a la llegada de este enlace se montara la telefonía IP (protocolo de internet) la cual proporciona la conversión de una señal de internet a una señal telefónica manteniendo así comunicada de las dos formas a esta parte del área de distribución de CFE zona Tuxtla.

CFE planea la venta de servicios tan importantes hoy en día, como son la telefonía y el internet, todo esto por supuesto utilizando la fibra óptica.

### 1.9. Alcances y limitaciones del proyecto

**Limitaciones**

- Obtención de los equipos y materiales ya que no se consiguen en esta ciudad.
- Difícil toma de decisiones para el trazo de la ruta debido a las diferentes estructuras con la que cuenta CFE.
- La poca experiencia en el manejo de equipos y herramientas a utilizar en la instalación de la fibra óptica.
- Configuración adecuada para el correcto funcionamiento de los equipos de distribución de fibra óptica.

**Alcances**

- Se lograra realizar el enlace de red exitosamente, quedando en funcionamiento a partir del viernes 11 de junio de 2010.
- También se lograra conectar con la red interna para comenzar a hacer uso de este enlace tan eficiente con lo que se logra el objetivo principal del proyecto.
- Con todo esto se ampliaran los enlaces de fibra óptica del área de distribución, división sureste de CFE.

### 1.10. Metodología para el desarrollo del proyecto

En una primera instancia se realizara una planeación detallada en el lugar previsto para así establecer qué tipo de sistema y que materiales serán los más adecuados para usarse. Posteriormente se realizara el levantamiento de estructuras. En esta etapa se obtendrán datos precisos como la latitud y ubicación de cada estructura por donde deberá pasar la fibra óptica, además de trazar la ruta en toda su totalidad de todo el recorrido de la fibra. En base a lo anterior se tomaran las decisiones adecuadas para el recargo y volumen del material a utilizar para posteriormente realizar un presupuesto del costo de este sistema.

Una vez llegado el material se procederá a realizar ciertas especificaciones del proyecto así como el ensamble y construcción del mismo, en caso de ser necesario se tendrán que realizar variaciones a la planeación que ya se tenía.

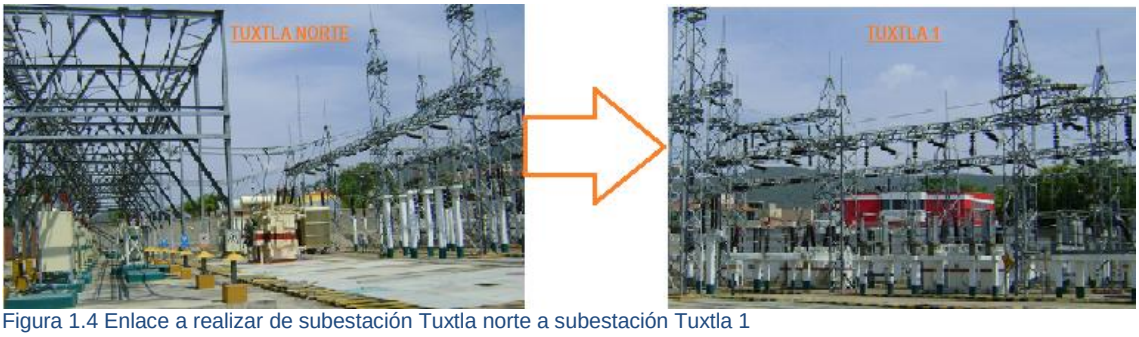


Figura 1.4 Enlace a realizar de subestación Tuxtla norte a subestación Tuxtla 1

## Capítulo 2. Fundamento teórico

La fibra óptica es un medio de transmisión empleado en redes de datos. Está compuesto por un hilo muy fino de material trasparente, vidrio o materiales plásticos, por el que se envían pulsos de luz los cuales representan los datos a transmitir. El haz de luz se propaga por el núcleo de la fibra con un ángulo de reflexión por encima del ángulo límite de reflexión total. La fuente de luz puede ser laser o una red.

La fibra óptica es muy utilizada en las telecomunicaciones debido a la gran cantidad de datos que se pueden enviar además de que esta información puede ser enviada a grandes distancias y con velocidades similares a las del radio o un cable. La fibra óptica es el medio de transmisión de datos más eficaz en la actualidad debido a que esta excepto a interferencias electromagnéticas lo que le da la mayor confiabilidad

### 2.1. Historia

El uso de la luz para la codificación de señales no es nuevo, los antiguos griegos usaban espejos para transmitir información, de modo rudimentario, usando luz solar. En 1792, Claude Chappe diseñó un sistema de telegrafía óptica, que mediante el uso de un código y torres y espejos distribuidos a lo largo de los 200 km que separan Lille y París, conseguía transmitir un mensaje en tan sólo 16 minutos.

Con la invención y construcción del láser en la década de los 60 volvió a tomar idea la posibilidad de utilizar la luz como soporte de comunicaciones fiables y de alto potencial de información, debido a su elevada frecuencia portadora 1014 Hz. Por entonces, empezaron los estudios básicos sobre modulación y detección óptica.

Los primeros experimentos sobre transmisión atmosférica pusieron de manifiesto diversos obstáculos como la escasa fiabilidad debida a precipitaciones, contaminación o turbulencias atmosféricas.

En 1966 se produce un gran avance para los que serán las futuras comunicaciones por fibra óptica, y es la publicación por Kao y Hockman de un artículo en el cual se señalaba que la atenuación observada hasta entonces en las fibras de vidrio, no se debía a mecanismos intrínsecos sino a impurezas originadas en el proceso de fabricación.

A partir de esto empiezan a producirse eventos que darán como resultado final la implantación y utilización cada vez mayor de la Fibra Óptica como alternativa a los cables de cobre:

- 1970 Corning obtiene fibras con atenuación 20 dB/km.
- 1972 Fibra Óptica con núcleo líquido con atenuación 8 dB/km.
- 1973 Corning obtiene Fibra Óptica de $SiO_2$ de alta pureza con atenuación 4 dB/km y deja obsoletas a las de núcleo líquido.
- 1976 NTT y Fujicura obtienen Fibra Óptica con atenuación 0,47 dB/km en 1.300 nm, muy próximo al límite debido a factores intrínsecos (Rayleigh).
- 1979 Se alcanzan atenuaciones 0,12 dB/km con fibras monomodo en 1550 nm. También en 1975 se descubría que las F.O. de $SiO_2$ presentan mínima dispersión en torno a 1300 nm, lo cual suponía disponer de grandes anchuras de banda para la transmisión, en cuanto la dispersión del material de la fibra constituye un factor intrínseco limitativo.
- 1970 Primer láser de AlGaAs capaz de operar de forma continúa a temperatura ambiente. Sin embargo, el tiempo de vida medio era de unas pocas horas. Desde entonces, los procesos han mejorado y hoy es posible encontrar diodos láser con más de 1.000.000 horas de vida media.
- 1971 C.A. Burrus desarrolla un nuevo tipo de emisor de luz, el LED, de pequeña superficie radiante, idónea para el acoplamiento en F.O. Por lo que se refiere a los fotodetectores, los diodos PIN y los de avalancha a base de Si, fueron desarrollados sin dificultades y ofrecían buenas características. Sin embargo, no podían aplicarse en longitud de onda > 1100 nm. El Ge era un buen candidato a ser utilizado para trabajar entre 1100 y 1600 nm, y ya en 1966 se disponía de ellos con elevadas prestaciones eléctricas. Sin embargo, la corriente de oscuridad (ruido) del Ge es elevada y da motivo a ensayos con fotodiodos con materiales como InGaAsP. El primer PIN de InGaAs se realiza en 1977.

## 2.2. Comunicaciones con fibra óptica

La fibra óptica se emplea como medio de transmisión para las redes de telecomunicaciones, ya que por su flexibilidad los conductores ópticos pueden agruparse formando cables. Las fibras usadas en este campo son de plástico o de vidrio, y algunas veces de los dos tipos. Para usos interurbanos son de vidrio, por la baja atenuación que tienen.

Para las comunicaciones se emplean fibras multimodo y monomodo, usando las multimodo para distancias cortas (hasta 5000 m) y las monomodo para acoplamientos de larga distancia. Debido a que las fibras monomodo son más sensibles a los empalmes, soldaduras y conectores, las fibras y los componentes de éstas son de mayor costo que los de las fibras multimodo.

En un sistema de transmisión por fibra óptica existe un transmisor que se encarga de transformar las ondas electromagnéticas en energía óptica o en luminosa, por ello se le considera el componente activo de este proceso.

Una vez que es transmitida la señal luminosa por las minúsculas fibras, en otro extremo del circuito se encuentra un tercer componente al que se le denomina detector óptico o receptor, cuya misión consiste en transformar la señal luminosa en energía electromagnética, similar a la señal original.

El sistema básico de transmisión se compone en este orden, de señal de entrada, amplificador, fuente de luz, corrector óptico, línea de fibra óptica (primer tramo ), empalme, línea de fibra óptica (segundo tramo), corrector óptico, receptor, amplificador y señal de salida.

En resumen, se puede decir que en este proceso de comunicación, la fibra óptica funciona como medio de transportación de la señal luminosa, generado por el transmisor de LED’S (diodos emisores de luz) y láser.

## 2.3. Fibra monomodo y multimodo

### Fibra monomodo

Hay muchos tipos de fibra óptica, aunque existen dos modelos fundamentales que determinan los entornos donde se pueden utilizar. Las fibras mono-modo y Multimodo.

Con cables de cobre un tamaño grande significa menos resistencia, pero con la fibra óptica es todo lo contrario. Para explicar esto primero debemos entender cómo se propaga la luz por el interior de la fibra.

La luz viaja por un cable de fibra óptica mediante un proceso llamado TIR (*Total Internal Reflection*), y es posible al usar dos tipos de vidrio con diferentes propiedades de reflexión. El núcleo interno tiene unas características de reflexión altas, mientras que en la parte externa son más bajas.

Los principios de reflexión son similares a cuando miras en un estanque. El agua en el estanque tiene un índice de refracción más alto que el aire, por lo que dependiendo del ángulo desde el que miramos en el agua, veremos el entorno más ampliado o más centrado.

En las fibras Multimodo, como sugiere su nombre, existen múltiples modos de propagación de los rayos de luz. Estos rangos varían desde los modos de bajo orden, que toman el camino más directo por el medio del núcleo, hasta los modos de alto orden, que toman la ruta más larga rebotando continuamente por las paredes de la fibra.

Esto produce el efecto de esparcimiento de señal porque los rayos de uno de los pulsos de luz, llegan a su destino a tiempos diferentes. Esto se llama dispersión ínter modular (*Intermodal Dispersión*). Para suavizar el problema, se crearon fibras con diferentes curvaturas y pulidos en su parte final, permitiendo que todos los rayos de luz llegaran a la vez y mejorando la señal.

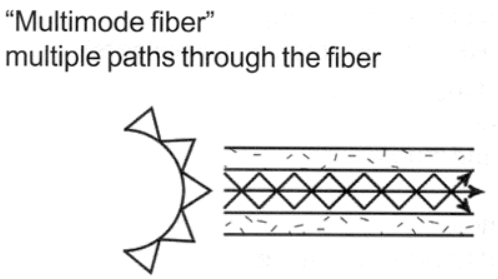



Figura 2.1 fibra óptica multimodo

**Fibra multimodo**

La fibra Mono-modo utiliza un sistema más simple. Solo permite un modo de propagación. Un único haz de luz directo y más intenso, y por lo tanto de más ancho de banda con mayores distancias.

La fibra Mono-modo es de largo alcance pudiendo recorrer varios kilómetros sin necesidad de repetidores. Normalmente son usadas para unir diferentes localizaciones separadas entre sí y van por galerías de cable por debajo del suelo.

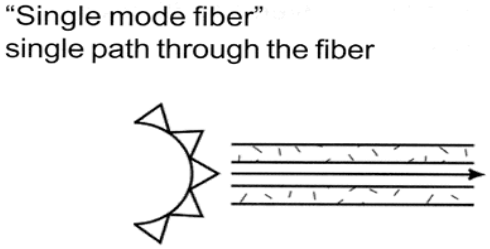



Figura 2.2 fibra óptica monomodo

## 2.4. Fabricación de la fibra óptica

Primeramente mediante procesos químicos se obtiene la materia de la fibra óptica para así pasar a su fabricación. Proceso continuo en el tiempo que básicamente se puede describir a través de tres etapas; la fabricación de la preforma, el estirado de esta y por último las pruebas y mediciones. Para la creación de la preforma existen cuatro procesos que son principalmente utilizados.

### 1.- Fabricación de la preforma

Fue desarrollado originalmente por Corning Glass y modificado por los Laboratorios Bell Telephone para su uso industrial. Utiliza un tubo de cuarzo puro de donde se parte y es depositado en su interior la mezcla de dióxido de silicio y aditivos de dopado en forma de capas concéntricas. A continuación en el proceso industrial se instala el tubo en un torno giratorio. El tubo es calentado hasta alcanzar una temperatura comprendida entre 1400 °C y 1600 °C mediante un quemador de hidrógeno y oxígeno. Al girar el torno el quemador comienza a desplazarse a lo largo del tubo. Por un extremo del tubo se introducen los aditivos de dopado, parte fundamental del proceso, ya que de la proporción de estos aditivos dependerá el perfil final del índice de refracción del núcleo. La deposición de las sucesivas capas se obtienen de las sucesivas pasadas del quemador, mientras el torno gira; quedando de esta forma sintetizado el núcleo de la fibra óptica. La operación que resta es el colapso, se logra igualmente con el continuo desplazamiento del quemador, solo que ahora a una temperatura comprendida entre 1700 °C y 1800 °C. Precisamente es esta temperatura la que garantiza el ablandamiento del cuarzo, convirtiéndose así el tubo en el cilindro macizo que constituye la preforma. Las dimensiones de la preforma suelen ser de un metro de longitud útil y de un centímetro de diámetro exterior.

### 2.- Estirado de la preforma

Sea cualquiera que se utilice de las técnicas que permiten la construcción de la preforma es de común a todas el proceso de estirado de esta. Consiste básicamente en la existencia de un horno tubular abierto, en cuyo interior se

somete la preforma a una temperatura de 2000 °C, logrando así el reblandamiento del cuarzo y quedando fijado el diámetro exterior de la FO. Este diámetro se ha de mantener constante mientras se aplica una tensión sobre la preforma, para lograr esto precisamente la constancia y uniformidad en la tensión de tracción y l ausencia de corrientes de convección en el interior del horno, son los factores que lo permiten. En este proceso se ha de cuidar que en la atmósfera interior del horno esté aislada de partículas provenientes del exterior para evitar que la superficie reblandecida de la FO pueda ser contaminada, o se puedan crear microfisuras, con la consecuente e inevitable rotura de la fibra. También es aquí donde se aplica a la fibra un material sintético, que generalmente es un polimerizado viscoso, el cual posibilita las elevadas velocidades de estirado, comprendidas entre 1m / sg y 3m / sg, conformándose así una capa uniforme sobre la fibra totalmente libre de burbujas e impurezas. Posteriormente se pasa al endurecimiento de la protección antes descrita quedando así la capa definitiva de polímero elástico. Esto se realiza habitualmente mediante procesos térmicos o a través de procesos de reacciones químicas mediante el empleo de radiaciones ultravioletas.

## 3.- pruebas y mediciones

### Medición de longitud óptica

A los efectos de efectuar una medida de precisión, deberá considerarse el índice de refracción de las fibras ópticas instaladas. Dicha medida deberá ejecutarse mediante OTDR, debidamente calibrado y certificado por el fabricante o distribuidor autorizado y los valores resultantes de la medida no deberán superar, para el caso de empalmes por fusión, 0.15 db de promedio por empalme medido bidireccionalmente, y 0.5 db por par de conector instalado en el trayecto de la fibra a probar. El valor teórico contemplado para perdida de potencia por Km. es de 0.38 para el caso de fibras medidas en segunda ventana (1310nm) y de 0.25 db para el caso de fibras medidas en tercera ventana (1550 nm).

La medición deberá efectuarse con la mejor resolución posible es decir la distancia y el ancho de pulso el valor deberá ser el menor posible.

### Medición de atenuación.

Por razones de implementación se determinan dos tipos de configuración según se utilice cable de acometida para la determinación en el edifico o se realice el acceso directo del cable exterior al distribuidor de fibra óptica.

**Normas de calidad para la aceptación**

Acceso al edificio por medio de cables de acometida y de cable exterior: en esta configuración se entiende por conexión a nivel de distribuidor de fibra óptica al conjunto de discontinuidades de perdida formado por la pérdida intrínseca del conector y el empalme de unión del pig tail (cable de acometida) y el empalme de unión cable de acometida (cable exterior). La pérdida global de las mediciones efectuadas en ambos sentido a a la longitud de onda de 1310 y 1550 nm, no deberá ser superior a los valores establecidos y enunciados anteriormente.

Para la medición deberán emplearse dos bobinas de lazamiento de fibra óptica de una longitud no inferior a 1000m y cada bobina será de la misma tecnología de fibra óptica empleada por los cordones pig tail.

A efectos de poder realizar la medición, uno de los extremos de la bobina deberá estar preconectado con el mismo tipo de conector empleado a nivel de distribuidor de fibra.

**Medición de reflexión.**

Los valores de perdida de retorno medidos en cada terminación de cable de fibra óptica a nivel de cada distribuidor de fibra óptica deberán cumplir con la siguiente norma de aceptación:

70% de los valores medidos > 40 db. (Mayor)
30% de los valores medidos < 38 db. (Menor)

**Medición de la Pérdida total del trayecto por potencia óptica**

La pérdida total de cada sección (‘A’) para la fibra óptica deberá satisfacer la sig. Ecuación:

$$A < a \times L + En \times ae + Nc \times ac$$

Siendo:
A = Perdida total del tramo (dB)
a = Atenuación nominal de la F.O a la longitud de onda especificada; (dB/km)
L = Longitud óptica total del tramo; (Km)
En = número total de empalmes. No se consideran los empalmes de acometida
ae = valor medio de atenuación por empalme; (dB)
Nc = Número de conectores.
ac= perdida de la conexión a nivel de distribuidor (dB)

Para el cálculo, deberán considerar los siguientes valores: a = 0.25 dB/km a 1550 nm y 0.38 dB/km a 1310 nm. Fibra óptica monomodo estándar.

Estos valores de atenuación deberán considerarse siempre y cuando correspondan a las medidas efectuadas sobre el cable, previo a la instalación.

L = longitud óptica. Para la medición de la longitud óptica del tramo, deberá considerarse estrictamente, el índice de refracción correspondiente a la fibra instalada.

ac = 0.25 dB.

Considerando la posibilidad de que la interfaz física del instrumento no sea compatible con los conectores empleados a nivel de distribuidor de fibra, resultara necesario realizar para la medición de potencia, el siguiente procedimiento de calibración, por cuanto se requiere de 2 cordones adaptación al instrumento transmisor y receptor, respectivamente.

Si el instrumento de medición posee interfaz compatible con los conectores empleados a nivel de distribuidor de fibra, la calibración se efectuara en forma directa entre el equipo transmisor-receptor, por cuanto no será necesario emplear cordones de adaptación.

El paso de interconexión, deberá efectuarse mediante la desconexión del cordón de referencia a nivel del equipo receptor. A los efectos de poder efectuar la medición, será necesario emplear un cordón de conexión equipo receptor distribuidor de fibra.

Debido a este tipo de calibración, deberá considerarse Nc = 2 en el cálculo de la pérdida total de trayecto. La medición se efectuara a las longitudes de onda de 1500nm. Y 1300 nm.

El valor absoluto de perdida se obtendrá como el promedio de 3 medidas efectuadas luego de 3 procesos de desconexión-conexión.

### 2.5. Cables de fibra óptica

Los cables de fibra óptica se encuentran dentro de un buffer (tubo de plástico), de manera holgada. Los buffers se encuentran alrededor de un elemento central, entre sus características principales podemos decir que permiten la administración de los hilos. (12 hilos por buffer) además de manejar altas capacidades de cables de 2 a 144 hilos. Es ampliamente recomendados para redes troncales.

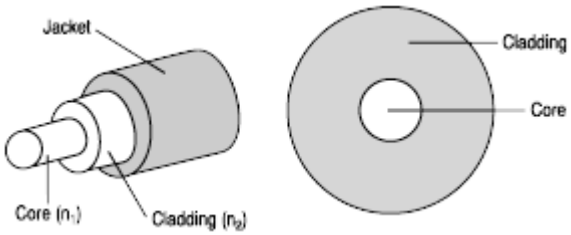



Fig. 2.3. Cable de fibra óptica, vista en dimensiones y sección transversal de base.

Cuando se trata de tamaño, los cables de fibra óptica han muy pequeño diámetro. Como se muestra en la figura 2.4 en donde se ilustra la sección transversal del núcleo y de cuatro diámetros de revestimiento de uso de cables de fibra óptica. Los tamaños de diámetro se dan en micras, 10-6 m. Para hacerse una idea de cómo estos tamaños pequeños son en realidad, comprender que un cabello humano tiene un diámetro de 100 micras.

Los tamaños de cable de fibra óptica se suelen expresar con el tamaño básico seguido por el tamaño de su revestimiento. En consecuencia, 50/125 indica un diámetro de núcleo de 50 micrones de diámetro y un revestimiento de 125 micras; 100/140 indica un diámetro de núcleo de 100 micras y un diámetro de 140 micras revestimiento. Cuanto más grande es el núcleo más luz se puede acoplar en él desde el cono exterior de ángulo de aceptación. Sin embargo, grandes núcleos de diámetro en realidad puede permitir demasiada luz y demasiada luz puede provocar problemas de saturación del receptor. El cable más a la izquierda se muestra en la Figura 2.4, el cable de 125 / 8, se encuentra a menudo cuando un enlace de fibra óptica de datos funciona con un solo modo de propagación.

El cable de 62.5/125 de la Figura 2.4, se encuentra a menudo en una fibra óptica que en un enlace de datos funciona con varios modos de propagación.

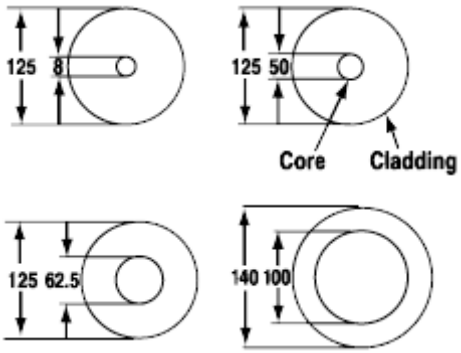



Figura 2.4. Núcleo y el revestimiento diámetros típicos-tamaños

Cuando se trata de la composición o la fibra óptica los materiales son de tres tipos: vidrio, plástico y de plástico con revestimiento de silicona (PCS). Estos tres tipos de candidatos difieren con respecto a la atenuación y el costo.

Vamos a describir en detalle. Atenuación y costo inicial se menciona sólo cualitativamente. Más tarde, hacia el final de este sub-capítulo de los candidatos serán comparadas cuantitativamente.

Por cierto, la atenuación es causada principalmente por dos efectos físicos, la absorción y dispersión. Absorción quita energía de la señal en la interacción entre la luz de reproducción (fotones) y las moléculas en el núcleo. Dispersión redirige la luz fuera de la base de la vaina. Cuando la atenuación de un cable de fibra óptica se trata es que se hace referencia cuantitativa para operar a una determinada longitud de onda óptica, una ventana, donde se reduce al mínimo.

El cable de fibra óptica de vidrio tiene la menor atenuación y se produce en el costo más alto. Un cable óptico de fibra de vidrio puro tiene un núcleo de vidrio y un revestimiento de vidrio. Este candidato tiene, por lejos, el uso de mayor difusión de ancho. Ha sido el más popular entre los instaladores de enlace y es el candidato con el que los instaladores tienen más experiencia. El vidrio empleado en un cable de fibra óptica es ultra pura, dióxido de ultra transparente, silicio o cuarzo. Una referencia poner esto en perspectiva al señalar que "si el agua de mar fueron tan claras como este tipo de cable de fibra óptica, entonces sería capaz de ver el fondo de la fosa más profunda en el Océano Pacífico."

El cable de fibra óptica de vidrio tiene impurezas que en el proceso de fabricación son intencionalmente añadidos al vidrio puro con el fin de obtener los índices de refracción deseada necesaria para orientar la luz. Las impurezas son de germanio o de fósforo. El boro y flúor se añade para disminuir el índice de refracción. Otras impurezas de alguna manera pueden permanecer en el cable después de la fabricación de vidrio. Estas impurezas residuales puede aumentar la atenuación por cualquiera de dispersión o absorción de la luz.

El cable de fibra óptica de plástico tiene la más alta atenuación, pero viene al menor costo. El cable de fibra óptica de plástico tiene un núcleo de plástico y el revestimiento de plástico. Este cable de fibra óptica es bastante grueso. Las dimensiones típicas son 480/500, 735/750 y 980/1000. El núcleo consiste generalmente de PMMA (polimetilmetacrilato), recubierta con una fluropolymer. Este cable de plástico tubos sus indicios en Japón, principalmente para su uso en la industria automotriz. Se está empezando a llamar la atención en los locales de mercado de las comunicaciones de datos en los Estados Unidos. El creciente interés se debe a dos razones. En primer lugar, la atenuación relativa superior al vidrio no puede ser un serio obstáculo con el cable de tiradas cortas a menudo requiere en las redes premisa. En segundo lugar, la ventaja del costo chispas de interés cuando los arquitectos de la red se enfrentan a las decisiones presupuestarias. El cable de fibra óptica de plástico tiene un problema con la inflamabilidad. Debido a esto, no puede ser apropiada para ciertos ambientes y la atención se ha de dar cuando se ejecuta a través de un plenum. De lo contrario, la fibra de plástico se considera extremadamente resistente con un radio de curva apretado y la capacidad para soportar el abuso.

**Cable de plástico con revestimiento de silicona (PCS).**

Este cable de fibra óptica tiene una atenuación, que se encuentra entre el vidrio y el plástico, esta fibra óptica tiene un núcleo de vidrio que es a menudo de sílice vítrea, En 1984, el cable de fibra óptica estándar IEC PCS ya tenía las siguientes dimensiones: Núcleo de 200 micras, revestimiento de elastómero de silicona 380 micras, chaqueta de 600 micrones. El cable PCS es fabricado con un revestimiento de elastómero de silicona que adolece de tres defectos importantes.

Tiene una considerable plasticidad. Así, la aplicación de un conector es difícil. El enlace adhesivo no es posible y es prácticamente insoluble en solventes orgánicos. Todo esto hace que este tipo de cable de fibra óptica no sea particularmente popular entre los instaladores de enlace. Sin embargo, ha habido algunas mejoras en él en los últimos años.

**Cables aéreos ADSS**

El cable ADSS (Cable Auto Soportado Completamente Dieléctrico) se utiliza para tendidos aéreo, se caracteriza por no tener ni una sola parte metálica, de allí su nombre.

Estos cables ópticos son inmunes a interferencias de las redes eléctricas y no son susceptibles a la caída de rayos.

Este cable se compone de los siguientes elementos:

- Elemento de fuerza central
- Fibras
- Buffers
- Hilos de aramida
- Chaqueta exterior (PEAD)
- El span (distancia entre postes) que soporta este cable.
- El span lo determina la estructura interna del cable. (hilos de aramida)

Entre las características de este tipo de cable presenta la mayor área en su sección transversal, por lo que el elemento de apoyo externo y el cable óptico esta físicamente separadas por una franja de polietileno que aumenta el diámetro del cable.

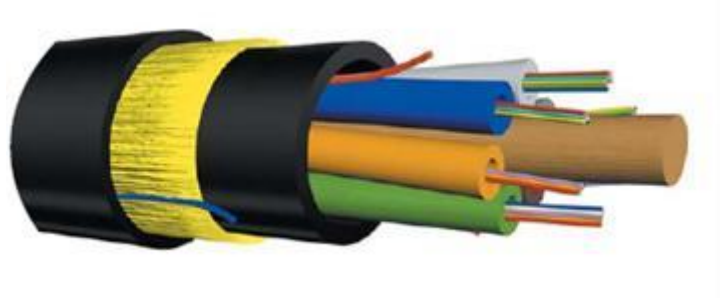


Figura 2.5. Cable de fibra óptica ADSS

**Fibra óptica acorazado**

Los cables y Fibras acorazados son dos familias de cables que están disponibles para dos aplicaciones:

1. Para aplicaciones con Sistemas No Repetidores integra redes de telecomunicaciones de alta capacidad, en cruces de lagos, puntas de costa, cruces de cable de fibra.

2. Para largas distancias emplea Sistemas Repetidores de profundidad de enlace de 18.5mm de cable.

Estos cables se fabrican con diferentes tipos de protección mecánica en función de la profundidad del agua; conforme a nuevas técnicas de instalación y enterrado. Los diferentes tipos y número de fibras están disponibles acorde a la capacidad del sistema y requerimientos de. A todos los cables se le proporcionan accesorios pertinentes y procedimientos para la instalación del sistema y mantenimiento. El cableado y los accesorios están totalmente calificados de acuerdo con las normas internacionales.

El cable de fibra óptica acorazado contiene alambres de acero y es conveniente para el agua inferior y bajo instalaciones del mar. Los alambres de acero pueden ser una capa, o dos capas. Y este cable es también acorazado con la cinta de acero acanalada. Este cable es recomendado también para instalaciones subterráneas.

Figura 2.6. Cable de fibra óptica acorazado

**Polaridad de cables de fibra**

- Cada hilo de un cable de fibra óptica debe llevar la señal de un trasmisor (TX) en un extremo a un receptor (RX) en el otro. Cuando al tratar de conectar un equipo de fibra óptica determinamos que la polaridad está invertida, parece muy simple su corrección: cambiamos de posición los conectores y asunto arreglado.
- La norma 568-B.13 desarrollada por la TIA 4, en las cláusulas 10.3.2 y 10.3.3 nos indica que cada segmento de cableado debe configurarse de tal modo que los hilos de fibra con número impar sean la posición A en una punta del cable y la posición B en la otra; y de manera inversa, los hilos con número par sean la posición B en una punta y A en la otra. Dicho de modo más simple, si miramos ambos extremos de un canal dúplex, un hilo lo veremos en un extremo del lado izquierdo (A) y en el otro del lado derecho (B); inversamente, el otro hilo lo veremos en el primer extremo del lado derecho (B) y en el otro del lado izquierdo (A).
- Independientemente del número de hilos de fibra óptica, y de si poseen conectores simples o dúplex, se puede mantener la polaridad correcta por medio del método de posicionamiento de par invertido (reverse-pair positioning), especificado por la norma 568-B.1 y definido ampliamente en el boletín TSB1255.

## 2.6. Características de la fibra óptica

**Dimensión y peso**

Una de las características más notoria de la fibra óptica es su tamaño, que en la mayoría de los casos es de revestimiento 125 micras de diámetro, mientras el núcleo es aún más delgado, la cantidad de información transmitida es enorme, si se compara peso con cantidad de datos transmitidos se puede observar por ejemplo, una comunicación telefónica que se realiza a través de cables tipo tab, los cuales tienen un grosor de 8 cm. Transmiten 2400 llamadas simultaneas; en comparación las fibras ópticas alcanzan las 30720 llamadas simultaneas.

**Atenuación**

Es el factor que indica con qué frecuencia debe colocarse los repetidores de la señal que se conduce o propaga por el medio, puede variar debido a un gran número de factores tales como la humedad, las curvaturas que sufre el cable, etc.

Otro de estos factores es el tipo de fibra utilizada, ya que el método de fabricación determina la atenuación mínima que existe en ella.

**Distancia umbral**

Conforme la señal avanza por el medio va perdiendo fuerza hasta llegar al punto que si se desea transmitir a mayor distancia debe colocarse un repetidor, un dispositivo que le vuelva a dar la potencia para seguir avanzando. Un repetidor de fibra es aquel que toma la señal de luz la convierte en una señal eléctrica, la regenera y la coloca un dispositivo de emisión de luz para que se siga propagando

Comparadas con el cobre las fibras ópticas permiten que las distancias entre repetidores sean más grandes. Por ejemplo en un enlace para dispositivos rs-232 (puerto serial) la distancia máxima entre 2 nodos es de 15.2 metros, transmitiendo a una velocidad de 19200 bps una línea de fibra óptica puede transmitir a esa misma velocidad hasta una distancia de 2.5 kilómetros, esto significa que la distancia lograda con la fibra es 164 veces mayor que la de su equivalente en cobre.

En las versiones sencillas se logran distancias típicas de 2 km entre el transmisor y el receptor, con fibras y equipos más sofisticados la distancia puede ir a los 2.5 sin repetidor. Aplicaciones de laboratorio han permitido alcanzar distancias de 111 km a 5gbps sin la necesidad de los repetidores

**Dispersión**

Dispersión modal.- Es la expansión del pulso de luz en una guía de onda causado por diferentes caminos que toman varios modos de propagación.

Dispersión cromática.- Es la expansión del pulso de luz en una guía de onda causado por diferentes longitudes de ondas transmitidas en una señal. El cambio de dirección de una onda luminosa después de chocar con una pequeña partícula o discontinuidad en el material.

**Microcurvatura**

Fuerzas laterales localizadas a lo largo de la fibra dan origen a lo que se le conoce como microcurvaturas, el fenómeno puede ser provocado por esfuerzos durante la manufactura e instalación y también por variaciones dimensionales de los materiales del cable debidos a cambios de temperatura. La sensibilidad a la microcurvaturas es función de la diferencia del índice de refracción, así como también de los diámetros del núcleo y revestimiento. Es evidente que las microcurvaturas incrementan las perdidas ópticas.

**Curvado**

El curvado de una fibra óptica es causado por la manufactura del cable, asi como también dobleces durante la instalación y variación en la temperatura del cable debido a cambios de temperatura.

Los esfuerzos que provoca la torcedura de las fibras son básicamente una fuerza transversal y un esfuerzo longitudinal. El esfuerzo longitudinal no provoca torcedura cuando se trabaja para alargar la fibra, no hay cambio en las perdidas ópticas, sin embargo cuando se trabaja para contraer la fibra este esfuerzo provoca que la fibra forme bucles y se curve, de tal manera que la perdida óptica se incrementa.

La carga transversal trabajada en la fibra durante el cableado, instalación y utilización es el esfuerzo de contracción que ocurre a bajas temperaturas debido al encogimiento de los elementos del cable.

Dada las razones anteriores el eje de la fibra puede curvarse severamente causando fuertes incrementos en las perdidas ópticas, para prevenir esta situación se toma en cuenta las siguientes consideraciones:

- Mantener un radio de curvatura determinada, sele3ccionando el radio y la longitud del cableado.

- Reducir variaciones técnicas de las fibras protegidas con coeficientes pequeños de expansión térmica disponiéndolas alrededor de un elemento con buenas propiedades técnicas.

**Parámetros de una fibra óptica**

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

Entre los parámetros estructurales se encuentran:

- El perfil de índice de refracción

- El diámetro del núcleo

- La apertura numérica

- Longitud de la onda de corte

En cuanto a los parámetros de transmisión se tiene:

- Atenuación
- Ancho de banda

El uso de medios transparentes para la propagación de ondas electromagnéticas en forma de luz hace que la fibra óptica no necesite de voltajes ni de corrientes, esto lo convierte en un medio de comunicación 100% inmune a todo tipo de interferencias electromagnéticas a su alrededor y, por lo tanto, es un medio de comunicación altamente confiable y seguro.

Esto es uno de los principales factores que motivaron su uso militar ya que para poder obtener información de ella hay que provocarle un daño, daño que podría detectarse fácilmente con equipo especializado. Esto no sucede con el cobre, basta con dejar el cobre al descubierto.

El hecho de no necesitar corrientes ni voltajes hace que la fibra óptica sea idónea para aplicaciones donde se requiere de una probabilidad nula de provocar chispas, como en el caso de pozos petroleros y las industrias químicas en donde existe la necesidad de transportar la información a través de medios explosivos.

**Perdidas en los cables**

Existen diferentes formas de pérdidas en la fibra óptica la primera se da por absorción de luz ya que es convertida en calor. Ultravioleta, infrarroja y de resonancia de ion.
Otra forma de pérdida es por dispersión de rayleigh o materiales: luz difractada que escapa por la cubierta al chocar contra una irregularidad de vidrio asociada con el proceso de fabricación.

La cromática o de longitud de onda que consiste en que la luz emitida por un led se descompone en sus diferentes longitudes de onda constitutivas viajando a distintas velocidades por la fibra llegando a otro extremo a diferentes tiempos de radiación la cual es causada por dobleces e irregularidades en la fibra.

La modal causada por diferencias de tiempos en la propagación de los rayos de luz que toman diferentes trayectorias por una fibra.

Finalmente de acoplamiento, estas se dan en las conexiones de fuente a fibra, fibra a fibra y fibra a fotodetector, estas son causadas por problemas de alineación. La cubierta especial es extruida a alta presión directamente sobre el mismo núcleo del cable, resultando en que la superficie interna de la cubierta del cable tenga aristas helicoidales que se aseguran con los subcables.

La resistencia al agua, hongos y emisiones ultra violeta; la cubierta resistente; buffer de 900 µm; fibras ópticas probadas bajo 100 kpsi; y funcionamiento ambiental extendida; contribuyen a una mayor confiabilidad durante el tiempo de vida.

**Protección en lugares húmedos**

En cables de tubo holgado rellenos de gel, el gel dentro de la cubierta se asienta dejando canales que permitan que el agua migre hacia los puntos de terminación. El agua puede acumularse en pequeñas piscinas en los vacíos, y cuando la delicada fibra óptica es expuesta, la vida útil es recortada por los efectos dañinos del agua en contacto. Combaten la intrusión de humedad con múltiples capas de protección alrededor de la fibra óptica. El resultado es una mayor vida útil, mayor confiabilidad especialmente ambientes húmedos.

**Protección Anti-inflamable**

Los nuevos avances en protección anti-inflamable hacen que disminuya el riesgo que suponen las instalaciones antiguas de Fibra Óptica que contenían cubiertas de material inflamable y relleno de gel que también es inflamable.

Estos materiales no pueden cumplir con los requerimientos de las normas de instalación, presentan un riesgo adicional, y pueden además crear un reto costoso y difícil en la restauración después de un incendio. Con los nuevos avances en este campo y en el diseño de estos cables se eliminan estos riesgos y se cumple con las normas de instalación.

**Empaquetado de alta densidad**

Con el máximo número de fibras en el menor diámetro posible se consigue una más rápida y más fácil instalación, donde el cable debe enfrentar dobleces agudos y espacios estrechos. Se ha llegado a conseguir un cable con 72 fibras de construcción súper densa cuyo diámetro es un 50% menor al de los cables convencionales.

**Características Técnicas**

La fibra es un medio de transmisión de información analógica o digital. Las ondas electromagnéticas viajan en el espacio a la velocidad de la luz.

Básicamente, la fibra óptica está compuesta por una región cilíndrica, por la cual se efectúa la propagación, denominada núcleo y de una zona externa al núcleo y coaxial con él, totalmente necesaria para que se produzca el mecanismo de propagación, y que se denomina envoltura o revestimiento.

La capacidad de transmisión de información que tiene una fibra óptica depende de tres características fundamentales:

a) Del diseño geométrico de la fibra.

b) De las propiedades de los materiales empleados en su elaboración. (diseño óptico)

c) De la anchura espectral de la fuente de luz utilizada. Cuanto mayor sea esta anchura, menor será la capacidad de transmisión de información de esa fibra

Presenta dimensiones más reducidas que los medios preexistentes. Un cable de 10 fibras tiene un diámetro aproximado de 8 o 10 mm. y proporciona la misma o más información que un coaxial de 10 tubos.

El peso del cable de fibras ópticas es muy inferior al de los cables metálicos, redundando en su facilidad de instalación.

La F.O. presenta un funcionamiento uniforme desde -550 C a +125C sin degradación de sus características.

**Características Mecánicas**

La F.O. como elemento resistente dispuesto en el interior de un cable formado por agregación de varias de ellas, no tiene características adecuadas de tracción que permitan su utilización directa.

Por otra parte, en la mayoría de los casos las instalaciones se encuentran a la intemperie o en ambientes agresivos que pueden afectar al núcleo.

La investigación sobre componentes optoelectrónicos y fibras ópticas ha traído consigo un sensible aumento de la calidad de funcionamiento de los sistemas. Es necesario disponer de cubiertas y protecciones de calidad capaces de proteger a la fibra. Para alcanzar tal objetivo hay que tener en cuenta su sensibilidad a la curvatura y microcurvatura, la resistencia mecánica y las características de envejecimiento.

Las microcurvaturas y tensiones se determinan por medio de los siguientes parámetros.

**Tensión**: cuando se estira o contrae el cable se pueden causar fuerzas que rebasen el porcentaje de elasticidad de la fibra óptica y se rompa o formen microcurvaturas.

**Compresión**: es el esfuerzo transversal.

**Impacto**: se debe principalmente a las protecciones del cable óptico.

**Enrollamiento**: existe siempre un límite para el ángulo de curvatura pero, la existencia del forro impide que se sobrepase.

**Torsión**: es el esfuerzo lateral y de tracción.

Otro objetivo es minimizar las pérdidas adicionales por cableado y las variaciones de la atenuación con la temperatura. Tales diferencias se deben a diseños calculados a veces para mejorar otras propiedades, como la resistencia mecánica, la calidad de empalme, el coeficiente de relleno o el costo de producción.

### 2.7. Instalación del cable de fibra óptica

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

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

El método de enrollado retractable/fijo es el método usual de tendido de cables. El cable se coloca desde el carrete yendo hacia arriba por el alambre, tirado por un bloque que solamente viaja hacia adelante y es mantenido en alto por los soportes de cables. El cable se corta de inmediato y se forman los bucles de expansión, la atadura de cables se realiza después de tender el cable.
El método de instalación con desplazamiento de carrete puede requerir cierta mano de obra adicional y ahorrar tiempo con la colocación y atadura del cable. En esto, el cable se acopla al alambre y se desenrolla de un carrete alejándose de él. El cable se ata a medida que se tira, los bucles de corte y expansión se hacen durante la atadura de cables.

Sin importar el método de instalación que se use, el estrés mecánico es de gran importancia durante la instalación, ya que el cable se puede dañar si se excede la tensión de tiro máxima permisible o el radio mínimo de curvatura que el fabricante especifique. Esto con el fin de eliminar por completo la posibilidad que ocurran deformaciones durante la instalación del cable y reste vida útil al cable.

Es necesario asegurarse que todos los cables de soporte de poste en las esquinas (riendas) y los extremos terminales se instalen y tensionen antes del tendido del cable. Asegurarse de guardar las precauciones de seguridad (desconexión eléctrica etc). Instalar el cable mensajero correctamente conexionado a tierra (solo para cables F.O. aéreos no autosoportados) Continuar el tendido identificando en cada poste con etiquetas de aviso de cable óptico y cuando sea preciso, las cajas de empalme se pueden montar en postes o en el cable mensajero.

NUNCA EXCEDA la tensión de tracción máxima. La tensión de tracción excesiva hará que el cable se alargue permanentemente. El alargamiento puede causar que la fibra óptica falle al fracturarse. Las buenas técnicas de construcción y el equipo de monitoreo adecuado de tensión son esenciales.

Los cables de fibra óptica dieléctricos se pueden usar en instalaciones aéreas, sin embargo los cables dieléctricos no contienen ningún componente metálico, por tanto tiende a minimizar los relámpagos y evitar el cruce del campo eléctrico desde las líneas de alimentación.

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

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

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

Sin importar el método de instalación que se use, el estrés mecánico es de gran importancia durante la instalación, ya que el cable se puede dañar si se excede la tensión de tiro máxima permisible o el radio mínimo de curvatura que el fabricante especifique. Esto con el fin de eliminar por completo la posibilidad que ocurran deformaciones durante la instalación del cable y reste vida útil al cable.

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

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

Los herrajes típicamente aprovisionados en un proyecto que involucra cable de fibra del tipo ADSS se relacionan a continuación:

- Espárragos totalmente roscados y tuercas en anilla.
- Grilletes, distanciadores y ganchos espirales.
- Retenciones preformadas de anclaje y de suspensión.
- Amortiguadores.

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

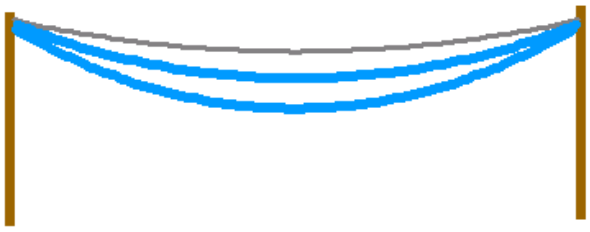


Figura 2.7. Elongación de un cable de fibra óptica

Más Fibra aramida, más Fuerza, menos Catenaria, cabe mencionar que la catenaria es la curva formada por un cable sostenida en sus extremos y provocada por un campo gravitatorio tensiones más Altas. Menos Fibras aramida, menor Fuerza, mas Catenaria, tensiones más bajas.

Las tolerancias de manufactura especificadas por el fabricante son críticas para asegurar el adecuado desempeño bajo altos esfuerzos de tensión, como se muestra en la figura 2.8.

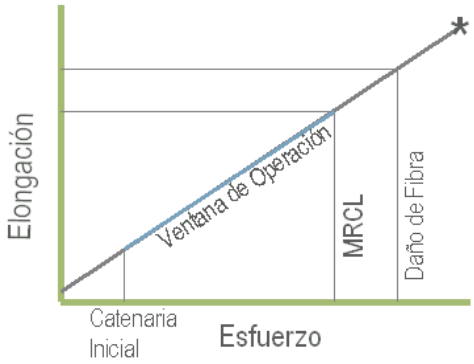



Figura 2.8. Comportamiento de la ventana de operación

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

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

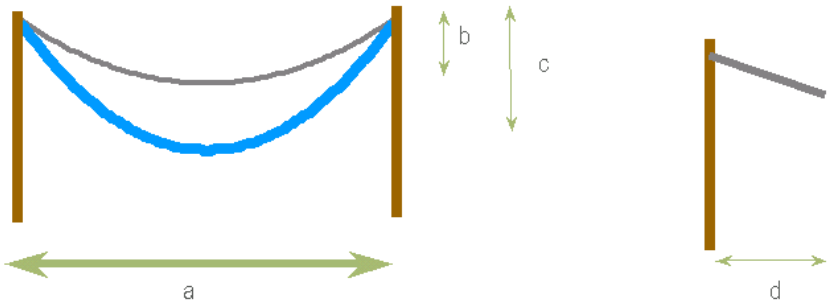



Figura 2.9. Variables principales de un cable de fibra optica

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

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

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

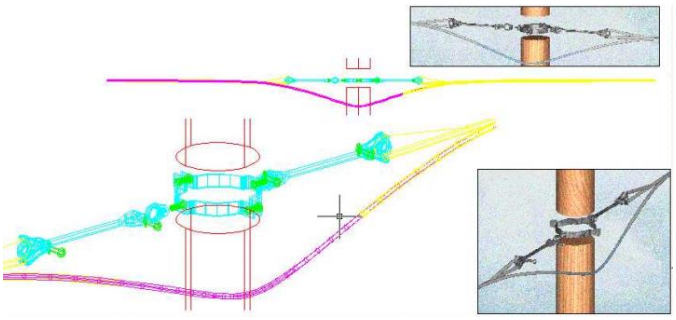


Figura 2.10. Herrajes de retención

Para tramos inferiores a 100 metros no son necesarias las varillas de retención, solo el herraje de retención, abrazadera del poste o elemento de sujeción a este.

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

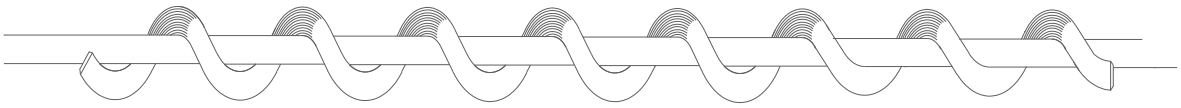


Figura 2.11. Amortiguador de vibración

## 2.8. Ventajas y desventajas

### Ventajas

- Debido a sus mínimas pérdidas de señal y a sus óptimas propiedades de ancho de banda, la fibra óptica puede ser usada en distancias más largas si la comparamos con el cable de cobre. Su peso y tamaño reducido las hace ideales en muchos entornos donde el cable de cobre sería impracticable. Usando multiplexores, una sola fibra puede reemplazar cientos de cables de cobre.

- Ancho de banda: la capacidad potencial de transportar información crece con el ancho de banda del medio de transmisión y con la frecuencia de

portadora. Las fibras ópticas tienen un ancho de banda de alrededor de 1 GHz, aunque este rango está lejos de poder ser explotado hoy día. De todas formas el ancho de banda de las fibras excede ampliamente al de los cables de cobre.

- Bajas pérdidas: las pérdidas indican la distancia a la cual la información puede ser enviada. En un cable de cobre, la atenuación crece con la frecuencia de modulación. En una fibra óptica, las pérdidas son las mismas para cualquier frecuencia de la señal hasta muy altas frecuencias.

- Inmunidad electromagnética: la fibra no irradia ni es sensible a las radiaciones electromagnéticas, ello las hace un medio de transmisión ideal cuando el problema a considerar son las EMI.

- Seguridad: Es extremadamente difícil intervenir una fibra, y virtualmente imposible hacer la intervención indetectable, por ello es altamente utilizada en aplicaciones militares.

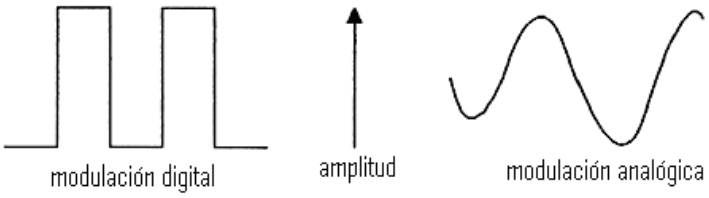
- Bajo peso: Un cable de fibra óptica pesa considerablemente menos que un conductor de cobre.

**Desventajas**

- El coste de instalación es elevado.
- Fragilidad de las fibras.
- Disponibilidad limitada de conectores.
- Dificultad de reparar un cable de fibras roto en el campo

## 2.9 Transmisor Óptico

En general, el transmisor óptico de un sistema de comunicación por fibra óptica es compuesto por un modulador y una fuente de luz asociada con su circuito driver. Una fuente de información genera la señal que se desea transmitir y lo envía para ser adaptado para transmisión en el modulador. La fuente de información, llamada de generador de señales, define el tipo de información a ser transmitida. Para el caso de una señal digital, la señal es representada por un conjunto de valores, que en general, en comunicación óptica, es binarios. En el caso de una señal analógica, generalmente ella es representada por una combinación de senoides, con varias frecuencias, amplitudes y fases. La figura 2.12 presenta una representación típica de señales digitales y señales analógicas.




2.12. Típica representación de señal digital y señal analógica.

En realidad, la información a ser transmitida, es imprevisible, debiendo ser caracterizada por valores aleatorios, pero es común utilizar valores determinísticos, para la evaluación del desempeño del sistema de comunicación. En el caso que se quiera transmitir varias señales simultaneas, analógicas o/y digitales, el transmisor se encarga de hacer una multiplexación eléctrica o óptica, de todas las fuentes de información que se quiera transmitir.

**Características Básicas de los Transmisores Ópticos**

Las características más importantes de un transmisor óptico son la potencia óptica emitida, el espectro de radiación de la fuente óptica y la forma de onda de la señal óptica en la salida del transmisor, que depende de la respuesta en frecuencia del dispositivo. La potencia óptica emitida por el LED es, con una buena aproximación, proporcional a la corriente inyectada, aunque para altos niveles de corriente ella satura, debido a efectos térmicos. La radiación emitida por el LED es incoherente y cubre un amplio espectro de ancho de banda óptico.

**Modulación Óptica**

La modulación óptica puede ser directa, donde la fuente de luz es modulada directamente por una inyección de corriente electrónica, proveniente del circuito “driver”, o ella puede ser una modulación externa, donde la luz es primero generada por la fuente óptica y después a través de un modulador externo es modulada. En este caso es posible, pero no usual, modular, además de la amplitud, la fase, la frecuencia o la polarización de la señal óptica. La ventaja de la modulación externa es la posibilidad de minimizar el efecto de lo “chirp” de la señal óptica, característicos das señales ópticas moduladas directamente. Sin embargo, la mayoría de los sistemas de comunicación por fibras ópticas comercializados actualmente utiliza la modulación directa, debido a su simplicidad y bajo costo. Estos sistemas son llamados de sistemas del tipo IM o sea, la potencia óptica emitida por la fuente de luz (intensidad óptica) es modulada por la corriente electrónica inyectada en la fuente óptica.

## Tipos de modulación

Hay varios sistemas diferentes para llevar a cabo la función de modulación. Estos son, respectivamente: Intensidad Modulada, Frecuencia Shift Keying, Phase Shift Keying y modulación de polarización. En el contexto de una fibra óptica la premisa de vincular la realidad es sólo una empleada con Intensidad Modulada. Este es el único que se describe.

En el contexto de una fibra óptica de datos locales de vincular la señal moduladora m (t), la información, sólo asume los valores de '0 'y '1'. El parámetro "f s que es la frecuencia de transmisión óptica. Este es un esquema de modulación incoherente. Esto significa que la compañía no tiene que exhibir la estabilidad. La función de demodulación en el receptor sólo se busca la presencia o ausencia de energía durante un intervalo de tiempo de bit.

La intensidad Modulada se emplea universalmente para la fibra óptica locales enlaces de datos, ya que esté bien adaptado para el funcionamiento de ambos LED y LD. El transportista que cada una de estas fuentes produce es fácil de modular con esta técnica. Corriente que pasa a través de ellos opera tanto de estos dispositivos. La cantidad de energía que irradian (a veces denominado el resplandor) es proporcional a esta corriente. De esta manera la potencia óptica toma la forma de la corriente de entrada. Si la corriente de entrada es la forma de onda m (t) representa la corriente de información binaria, a continuación la señal óptica resultante se verá como ráfagas de señal óptica cuando m (t) representa un '1' y la ausencia de señal óptica cuando m (t) representa un '0'. La situación se ilustra en la Figura 2.13 y Figura 2.14. La primera de estas cifras revela lo esencial de circuitos de modulación del transmisor sea un LED o con Intensidad Modulada LD. La segunda de estas cifras ilustra la corriente de entrada en representación de la Información y la señal resultante óptica generada y proporcionada a la de cable de fibra óptica.

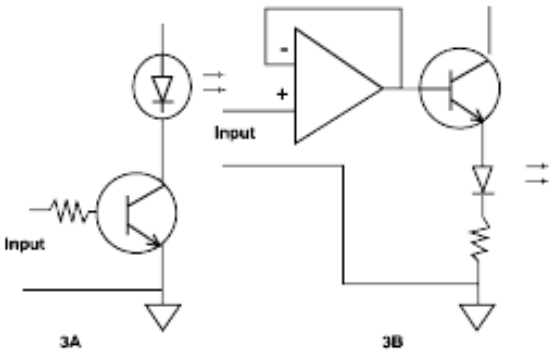



Figura 2.13. Método de modulación de LEDs

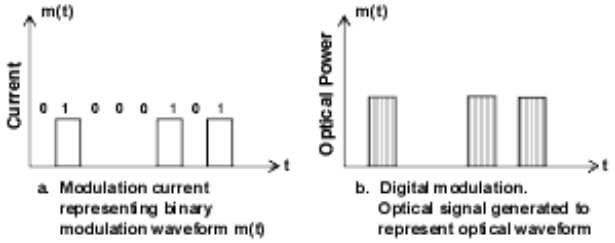



Figura 2.14. a) Corriente de entrada de forma de onda que representa la modulación, m (t). b) Salida óptica de la señal que representa m (t). Escotillas verticales cruzadas indican portadora óptica

Cabe señalar que una razón para la popularidad de Intensidad Modulada es su aptitud para el funcionamiento con LED's. Un LED sólo puede producir la potencia óptica incoherente. Desde Intensidad Modulada no requiere coherencia.

### 3.10. Conectores

El conector es un dispositivo mecánico montado en el extremo de un cable de fibra óptica, fuente de luz, receptor o transmisor. El conector permite ser acoplado a un dispositivo similar. El transmisor proporciona la luz teniendo Información al cable de fibra óptica a través de un conector. El receptor recibe la luz de la información teniendo cable de fibra óptica a través de un conector. El conector debe dirigir la luz y recoger la luz. También debe ser fácil fijación y retiro de los equipos. Este es un punto clave. El conector es desconectable, con esta característica se diferencia de un empalme.

Un conector puede marcar un lugar muy importante en las instalaciones de enlace de datos de una fibra óptica donde la potencia de la señal perdida y el receptor puede verse afectado.

Hay muchos tipos de conectores diferentes como los de fibra de vidrio, Esta abarca una variedad de grande de conectores para fibra plástica de cable óptico. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que el conector ST es el conector más utilizado para las comunicaciones de datos.

**Bicónicos**

Es uno de los primeros tipos de conector utilizado en enlaces de fibra óptica de datos. Cuenta con una manga cónica que se fija al cable de fibra óptica. Cuando este enchufe se inserta en su receptáculo el extremo cónico es un medio para localizar el cable de fibra óptica en la posición correcta. Con este conector, gorras se ajustan sobre los enchufes, apoyados en los anillos de guía y tornillo de rosca en la manga para asegurar la conexión. Este conector se usa poco en la actualidad.

**D4**

Es muy similar al conector FC con su junta de rosca, claves y acabe a finales de PC. La diferencia principal es su diámetro de 2,0 mm casquillo. Diseñado originalmente por la Nippon Electric Corp.

**FC / PC**

Se utiliza para un solo modo de cable de fibra óptica. Ofrece posición es extremadamente precisa de la fibra de modo único cable de fibra óptica con respecto a la fuente emisor óptico del transmisor y el detector óptico del receptor. Cuenta con una muesca la posición localizable y un receptáculo de rosca. Una vez instalado se mantiene la posición con una precisión absoluta.

**SC**

Se utiliza sobre todo con un solo modo de fibra óptica cables. Ofrece bajo costo, simplicidad y durabilidad. Prevé una alineación precisa a través de su casquillo de cerámica. Es un empujón en quitar un conector con lengüetas de bloqueo.

**SMA**

El predecesor del conector ST. Cuenta con un tapón de rosca y la vivienda. El uso de este conector se ha reducido notablemente en los últimos años, siendo reemplazado por ST y conectores SC.

**ST**

Un tipo bayoneta con llave similar a un conector BNC. Se utiliza tanto para multimodo y monomodo cables de fibra óptica. Su uso está muy difundido. Tiene la capacidad de ambos para ser insertados en y retirado de un cable de fibra óptica de forma rápida y sencilla. Método de localización es también fácil. Hay dos versiones ST y ST-II. Estos están codificados y resorte. Son push-in y los tipos de giro.

Estos elementos se encargan de conectar las líneas de fibra a un elemento, ya puede ser un transmisor o un receptor.

Los tipos de conectores disponibles son muy variados, entre los que podemos encontrar se ilustran en la figura 2.15.

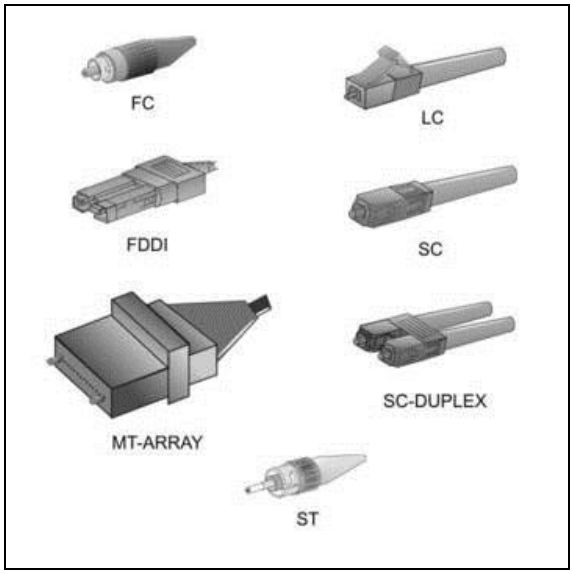



Figura 2.15. Conectores comunes para cable de fibra óptica

### 3.11. Empalme

Un empalme se realiza con un dispositivo llamado empalmadora con el cual se puede conectar un cable de fibra óptica a otro permanentemente. Este es el atributo de permanencia que distingue a un empalme de los conectores. Sin embargo, algunos proveedores ofrecen empalmadoras que se puede desconectar, no permanentes para que puedan ser desconectados para reparaciones o reordenamientos. La terminología puede prestarse a confusión.

Los empalmes se pueden requerir en entradas de edificios, salas de cableado, acopladores y, literalmente, cualquier punto intermedio entre el transmisor y el receptor.

A primera vista usted puede pensar que empalmar dos cables de fibra óptica es como conectar dos cables. Por el contrario, los requisitos para una conexión de fibra óptica y una conexión de cable son muy diferentes.

Dos conectores de cobre pueden ser unidos por soldadura o por los conectores que se han doblado y soldado a los cables. El objetivo es crear un contacto íntimo entre las dos mitades se aparearon con el fin de tener una trayectoria de baja resistencia a través de una unión. Por otra parte, la conexión de dos cables de fibra óptica requiere una alineación precisa de los núcleos de la fibra donde debe existir un perfecto apareamiento en la fibra de modo que quede un único cable de fibra óptica. Esto se exige de manera que casi toda la luz se acopla a un cable de fibra óptica a través de un cruce a la otra fibra óptica. El contacto real entre los cables de fibra óptica no es incluso obligatorio. La necesidad de una alineación precisa crea un desafío para un diseñador de un empalme.

Hay dos principales tipos de empalmes: **fusión y mecánicos**.

**Empalmes de fusión**

Utiliza un arco eléctrico para soldar dos cables de fibra óptica juntos. Los empalmes de la alineación son sofisticados, son controlados por ordenador de cables de fibra óptica para alcanzar las pérdidas de tan sólo 0,05 dB. Esto ocurre con un alto costo.

**Empalmes mecánicos**

Aquí todos comparten elementos comunes. Son de fácil aplicación en el campo, que las pérdidas de herramientas poco o nada y la oferta de alrededor de 0,2 dB.

## Capítulo 3. Desarrollo del proyecto

### 3.1. Levantamiento de estructuras

Para esta primera etapa se tomó la decisión de utilizar estructuras cercanas a la ruta establecida, ya que sería muy costoso colocar nuevas estructuras solo para el tendido de la fibra óptica y por consiguiente se desaprovecharían estructuras que ya se encuentran establecidas.

Para comenzar el tendido de la fibra fue necesario colocar 12 estructuras más que servirían para el complemento de las demás estructuras y de esa forma establecer con precisión el camino que debería llevar la fibra óptica.
Las estructuras adicionales que se montaron fueron 9 postes de concreto (PCC) y 3 postes troncocónicos que junto con los ya establecidos hacen un total de 69 estructuras, de las cuales 38 son postes de concreto (PCC), 30 postes troncocónicos (TC) y 1 estructura bahía (EBH).

Fig. 3.3. EBH: Estructura de bahía, TC: Poste troncocónico, PCC: Poste de concreto

Enseguida se procedió a enumerar las estructuras antes seleccionadas, para eso se decidió numerarse de manera inversa, debido a que de Tuxtla 1 debía salir un tramo subterráneo y sería más practico realizar primero el tendido aéreo de la fibra por lo que finalmente las estructuras fueron numeradas de Tuxtla norte a Tuxtla 1. En la figura 3.1 se observa la ruta trazada así como también especificaciones de cada tramo de fibra óptica.

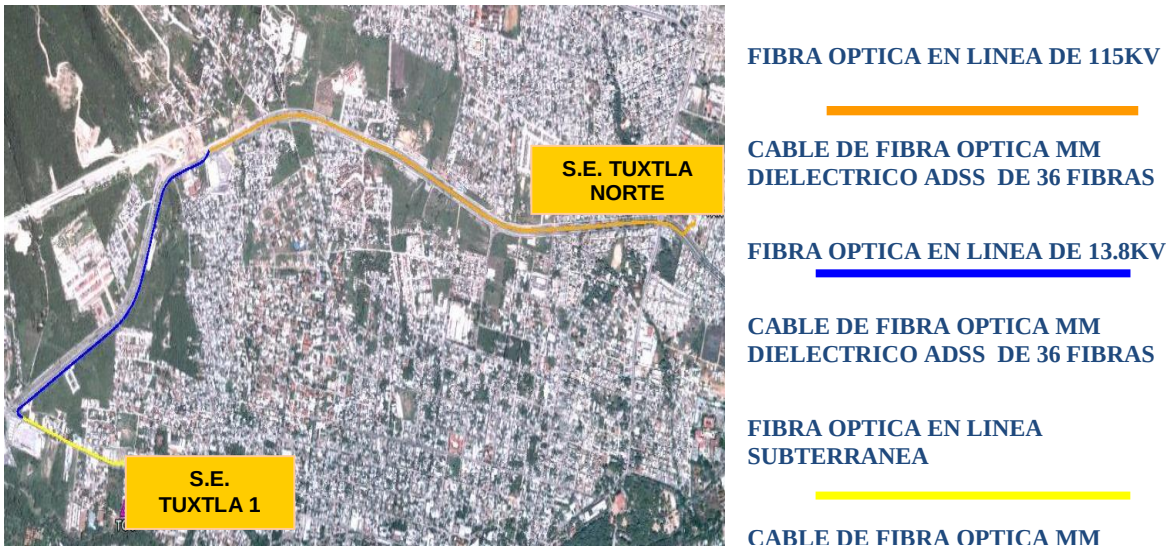



Fig. 3.1. Trayecto para el tendido de cable de fibra óptica ADDS de S.E. Tuxtla 1 - S.E. Tuxtla norte

Para el trazo exacto de la ruta se tuvieron que establecer las ubicaciones precisas de cada estructura participante en la instalación, por lo que se tuvo que realizar un nuevo recorrido por las estructuras por las que debía pasar la fibra óptica, para la obtención de estos datos fue utilizado un GPS (sistema de posicionamiento global) con este útil equipo nos fuimos posesionando en cada estructura para la obtención de datos tales como ubicación, latitud, longitud, altitud sobre el nivel del mar, etc.

Fig. 3.2. GPS (sistema de posicionamiento global)

Una vez tomado los datos antes mencionados se llegó al último tramo donde se pensó aprovechar el tramo subterráneo de cables de media tensión que se tiene de Tuxtla 1 hasta plaza de las américas. Por lo que se tomó la distancia de cable subterráneo a utilizar.

Después de las mediciones realizadas se obtuvo como resultado la distancia total de la trayectoria que llevaría la fibra la cual fue de 5,703.9 metros de los cuales 4973.3 metros corresponden al tramo aéreo y 730.6 metros al tramo subterráneo.

### 3.2. Recargo y volumen de materiales

Después obtener los datos necesarios nos dimos a la tarea de seleccionar el tipo de fibra más apropiado que se debía utilizar, se recordara que la fibra tendría que pasar por estructuras de líneas de alta, media y baja tensión en donde se manejan potenciales desde 110V para baja 13.8 KV para media y 115 KV para alta tensión, tomando en cuenta lo anterior se decidió utilizar el cable de fibra óptica dieléctrico ADSS de 36 fibras (Cable Auto Soportado Completamente Dieléctrico) este cable por sus propiedades es muy utilizado para instalaciones aéreas y se caracteriza por no tener ninguna parte metálica, además de ser inmunes a interferencias de las redes eléctricas por lo que este cable resulto ser el mas idoneo para nuestro objetivo.

Se recordara que por conveniencia teniamos que llevar un tramo subterraneo por lo que seleccionamos otro cable de fibra optica que es el acorazado tambien por supuesto de 36 fibras, este cable fue seleccionado ya que dentro de sus propiedades principales es totalmente blindado y ademas no se degrada ante la humedad o incluso ante la presencia de agua, fue entonces que se dicidio hechar mano de ese tipo de cable para el tendido del tramo subterraneo.

Una vez obtenido el número total de estructuras, distancias entre estructuras etc. Nos dimos a la tarea de hacer un recuento de todos los materiales que se debían utilizar. Por lo que realizamos nuevamente otro recorrido con el fin de saber el total y el tipo de herrajes a utilizar.

En ese mismo recorrido se aprovechó también para observar donde sería necesario colocar amortiguador de vibraciones, se recordara que la mayor parte del recorrido de la fibra pasa por estructuras de alta, media y baja tensión por lo que la vibración debido al campo magnético es un factor a desechar.

Al final del procedimiento se obtuvo el total de los siguientes materiales

2…… Herrajes de tensión sencillo

40…….. Herraje de tensión doble

27…….. Herrajes de suspensión

136…… Amortiguador de vibraciones

61…….. Bobina corona

32…….. Herraje de guía y fijación

6…… Almacenador de cable para fibra óptica

1……... Caja de empalme de 2 vías

1……... Caja de empalme de 3 vías

Fibra óptica ADSS de 36 hilos…….. 4973.3 metros

Fibra óptica acorazado de 36 hilos…….. 730.6 metros

En las siguientes tablas 3.1, 3.2 y 3.3 se aprecian especificaciones del tendido de la fibra tanto aérea como subterránea así como la cantidad y el tipo de herrajes, amortiguador de vibraciones, caja de empalmes y otros materiales a utilizar.

| ESTRUCTURA | CLARO REAL (m) | DEFLEXIÓN | LOCALIZACIÓN (m) | TIPO DE ESTRUCTURA | IDENTIFICADOR DE ESTRUCTURA PARA CFE | HERRAJE DE TENSIÓN SENCILLO (PZA) | HERRAJE DE TENSIÓN DOBLE (PZA) | HERRAJE DE SUSPENSIÓN (PZA) | AMORTIGUADOR DE VIBRACIONES (PZA) | BOBINA CORONA (PZA) | HERRAJES DE GUIA Y FIJACIÓN (PZA) | ALMACENADOR DE CABLE DE F.O. (PZA) | CAJA DE EMPALME DE 2 VIAS (PZA) | CAJA DE EMPALME DE 3 VIAS (PZA) | MSNM | | OBSERVACIONES |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | | ,00 | EBH | | 1 | | | 1 | 1 | 20 | 1 | | | 547 | CABLE DE F.O. ADSS PARA CLAROS DE AL MENOS 400M | |
| 2 | 36,02 | | 36,02 | TC | 52 | | 1 | | 2 | 2 | | | | | 546 | | |
| 3 | 22,42 | 90° 00' 00" DER. | 58,44 | TC | 70 | | 1 | | 2 | 2 | | | | | 546 | | |
| 4 | 66,49 | 90° 00' 00" IZQ. | 124,93 | TC | 69 | | 1 | | 2 | 2 | | | | | 545 | | |
| 5 | 92,80 | 80° 00' 00" DER | 217,73 | TC | 68 | | 1 | | 2 | 2 | | | | | 546 | | |
| 6 | 119,44 | 30° 00' 00" IZQ. | 327,17 | TC | 67 | | 1 | | 2 | 2 | | | | | 547 | | |
| 7 | 91,84 | 02° 00' 00" IZQ. | 419,01 | TC | 66 | | 1 | | 2 | 2 | | | | | 548 | | |
| 8 | 119,23 | | 538,24 | TC | 65 | | 1 | | 2 | 2 | | | | | 548 | | |
| 9 | 118,94 | | 657,18 | TC | 64 | | | 1 | 2 | 2 | | | | | 551 | | CRUCE PUENTE |
| 10 | 120,29 | | 777,47 | TC | 63 | | | 1 | 2 | 2 | | | | | 555 | | CRUCE PUENTE |
| 11 | 121,89 | | 899,36 | TC | 62 | | | 1 | 2 | 2 | | | | | 559 | | |
| 12 | 123,49 | | 1022,85 | TC | 61 | | 1 | | 2 | 2 | | | | | 566 | | |
| 13 | 118,14 | 20° 00' 00" DER | 1140,99 | TC | 60 | | 1 | | 2 | 2 | | | | | 566 | | |
| 14 | 128,55 | | 1269,54 | TC | 59 | | 1 | | 2 | 2 | | | | | 564 | | CRUCE PUENTE |
| 15 | 121,95 | | 1391,49 | TC | 58 | | 1 | | 2 | 2 | | | | | 566 | | CRUCE PUENTE |
| 16 | 107,68 | | 1499,17 | TC | 57 | | 1 | | 2 | 2 | | | | | 567 | | |
| 17 | 125,94 | | 1625,11 | TC | 56 | | | 1 | 2 | 2 | | | | | 566 | | |
| 18 | 118,57 | 2° 00' 00" IZQ | 1743,68 | TC | 55 | | | 1 | 2 | 2 | | | | | 567 | | |
| 19 | 117,09 | | 1860,77 | TC | 54 | | | 1 | 2 | 2 | | | | | 568 | | |
| 20 | 83,45 | | 1944,22 | TC | 53 | | 1 | | 2 | 2 | | | | | 570 | | |
| 21 | 84,87 | | 2.029,09 | TC | 52 | | 1 | | 2 | 2 | | | | | 572 | | |
| 22 | 115,21 | | 2.144,30 | TC | 51 | | | 1 | 2 | 2 | | | | | 573 | | |
| 23 | 115,07 | | 2.259,37 | TC | 50 | | | 1 | 2 | 2 | | | | | 578 | | |
| 24 | 121,47 | | 2.380,84 | TC | 49 | | | 1 | 2 | 2 | | | | | 587 | | |
| 25 | 110,05 | 10° 00' 00" IZQ. | 2.490,89 | TC | 48 | | 1 | | 2 | 2 | | | | | 595 | | |
| 26 | 108,44 | 10° 00' 00" IZQ. | 2.599,33 | TC | 47 | | 1 | | 2 | 2 | | | | | 602 | | |
| 27 | 113,50 | 10° 00' 00" IZQ. | 2.712,83 | TC | 46 | | 1 | | 2 | 2 | | | | | 609 | | |

CFE
Comisión Federal de Elec
División Surest

**COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD**
**DISTRIBUCIÓN**

**DIVISIÓN SURESTE**

**RESUMEN DE ESTRUCTURAS**

| | |
|---|---|
| PCC | 0 |
| TC | 26 |
| EBH | 1 |
| TOTAL= | 27 |

PCC: POSTE DE CONCRETO
TC: POSTE TRONCOCONICO
EBH: EST. BAHIA

ZONA: TUXTLA

PROYECTO:
TENDIDO DE CABLE DE FIBRA OPTICA DE S.E TUXTLA UNO - S.E TUXTLA NORTE

TITULO:
DISTRIBUCION DE ESTRUCTURAS (FIBRA ÓPTICA)
TUXTLA 1 - TUXTLA NORTE

Tabla 3.1. De la estructura 1 a la 27

| ESTRUCTURA | CLARO REAL (m) | DEFLEXIÓN | LOCALIZACIÓN (m) | TIPO DE ESTRUCTURA | IDENTIFICADOR DE ESTRUCTURA | HERRAJE DE TENSIÓN SENCILLO (PZA) | HERRAJE DE TENSIÓN DOBLE (PZA) | HERRAJE DE SUSPENSIÓN (PZA) | AMORTIGUADOR DE VIBRACIONES (PZA) | BOBINA CORONA (PZA) | HERRAJES DE GUIA Y FIJACIÓN (PZA) | ALMACENADOR DE CABLE DE F.O. (PZA) | CAJA DE EMPALME DE 2 VIAS (PZA) | CAJA DE EMPALME DE 3 VIAS (PZA) | MSNM | | OBSERVACIONES |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 28 | 131,84 | 1°00' 00" DER | 2.844,67 | TC | 45 | | 1 | | 2 | 2 | | | | | 616 | CABLE DE F.O. ADSS PARA CLAROS DE AL MENOS 400M | PUENTE PEATC |
| 29 | 113,18 | | 2.957,85 | TC | 44 | | | 1 | 2 | 2 | | | | | 615 | | |
| 30 | 119,73 | | 3.077,58 | TC | 43 | | | 1 | 2 | 2 | | | | | 615 | | |
| 31 | 120,64 | 30° 00' 00" IZQ | 3.198,22 | TC | 42 | | 1 | | 2 | 2 | 8 | 1 | | 1 | 620 | | |
| 32 | 42,77 | 94° 00' 00" DER | 3.240,99 | PCC | | | 1 | | 2 | | | | | | 615 | | CRUCE DE AV. |
| 33 | 16,20 | | 3.257,19 | PCC | | | 1 | | 2 | | | | | | 615 | | |
| 34 | 57,60 | | 3.314,79 | PCC | | | | 1 | 2 | | | | | | 615 | | |
| 35 | 58,10 | | 3.372,89 | PCC | | | 1 | | 2 | | | | | | 615 | | |
| 36 | 58,30 | | 3.431,19 | PCC | | | 1 | | 2 | | | | | | 613 | | |
| 37 | 33,50 | 15.1°00' 00" DER | 3.464,69 | PCC | | | 1 | | 2 | | | | | | 611 | | |
| 38 | 34,77 | 13.4°00' 00" IZQ | 3.499,46 | PCC | | | 1 | | 2 | | | | | | 609 | | |
| 39 | 34,03 | 12°00' 00" IZQ | 3.533,49 | PCC | | | 1 | | 2 | | | | | | 607 | | |
| 40 | 28,50 | 8° 00' 00" IZQ | 3.561,99 | PCC | | | | 1 | 2 | | | | | | 605 | | |
| 41 | 29,60 | | 3.591,59 | PCC | | | | 1 | 2 | | | | | | 603 | | |
| 42 | 43,50 | | 3.635,09 | PCC | | | | 1 | 2 | | | | | | 601 | | |
| 43 | 34,40 | | 3.669,49 | PCC | | | 1 | | 2 | | | | | | 599 | | |
| 44 | 15,90 | | 3.685,39 | PCC | | | | 1 | 2 | | | | | | 598 | | |
| 45 | 61,30 | | 3.746,69 | PCC | | | | 1 | 2 | | | | | | 594 | | |
| 46 | 54,50 | | 3.801,19 | PCC | | | | 1 | 2 | | | | | | 589 | | |
| 47 | 122,60 | | 3.923,79 | PCC | | | 1 | | 2 | | | | | | 584 | | |
| 48 | 70,40 | 4° 00' 00" DER | 3.994,19 | PCC | | | 1 | | 2 | | | | | | 580 | | |
| 49 | 52,80 | 9° 00' 00" DER | 4.046,99 | PCC | | | 1 | | 2 | | | | | | 576 | | |
| 50 | 61,90 | 8° 00' 00" DER | 4.108,89 | PCC | | | 1 | | 2 | | | | | | 574 | | |
| 51 | 60,70 | 10° 00' 00" DER | 4.169,59 | PCC | | | 1 | | 2 | | | | | | 572 | | |
| 52 | 51,70 | 10° 00' 00" DER | 4.221,29 | PCC | | | | 1 | 2 | | | 1 | | | 570 | | |

CFE
Comisión Federal de Elec
División Surest

**COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD**
**DISTRIBUCIÓN**

**DIVISIÓN SURESTE**

**RESUMEN DE ESTRUCTURAS**

| | |
|---|---|
| PCC | 21 |
| TC | 4 |
| TOTAL= | 25 |

PCC: POSTE DE CONCRETO
TC: POSTE TRONCOCONICO

ZONA: TUXTLA

PROYECTO:
TENDIDO DE CABLE DE FIBRA OPTICA DE S.E TUXTLA UNO - S.E TUXTLA NORTE

TITULO:
DISTRIBUCION DE ESTRUCTURAS (FIBRA ÓPTICA)
TUXTLA 1- TUXTLA NORTE

Tabla 3.2. De la estructura 28 a la 52

| ESTRUCTURA | CLARO REAL (m) | DEFLEXIÓN | LOCALIZACIÓN (m) | TIPO DE ESTRUCTURA | IDENTIFICADOR DE ESTRUCTURA | HERRAJE DE TENSION SENCILLO (PZA) | HERRAJE DE TENSION DOBLE (PZA) | HERRAJE DE SUSPENSION (PZA) | AMORTIGUADOR DE VIBRACIONES (PZA) | BOBINA CORONA (PZA) | HERRAJES DE GUIA Y FIJACION (PZA) | ALMACENADOR DE CABLE DE F.O. (PZA) | CAJA DE EMPALME DE 2 VIAS (PZA) | CAJA DE EMPALME DE 3 VIAS (PZA) | MSNM | | OBSERVACIONES |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 53 | 10,60 | 18° 00' 00" DER | 4.231,89 | PCC | | | | 1 | 2 | | | | | | 570 | CABLE DE F.O. ADSS PARA CLAROS DE AL MENOS 400M | |
| 54 | 38,20 | | 4.270,09 | PCC | | | | 1 | 2 | | | | | | 570 | | |
| 55 | 79,50 | | 4.349,59 | PCC | | | 1 | | 2 | | | | | | 569 | | |
| 56 | 45,80 | | 4.395,39 | PCC | | | | 1 | 2 | | | | | | 569 | | |
| 57 | 55,20 | | 4.450,59 | PCC | | | | 1 | 2 | | | | | | 569 | | |
| 58 | 54,60 | | 4.505,19 | PCC | | | | 1 | 2 | | | | | | 569 | | |
| 59 | 55,30 | | 4.560,49 | PCC | | | 1 | | 2 | | | | | | 569 | | |
| 60 | 54,40 | | 4.614,89 | PCC | | | | 1 | 2 | | | | | | 568 | | |
| 61 | 50,90 | | 4.665,79 | PCC | | | | 1 | 2 | | | | | | 567 | | |
| 62 | 54,30 | | 4.720,09 | PCC | | | | 1 | 2 | | | | | | 560 | | |
| 63 | 54,60 | | 4.774,69 | PCC | | | 1 | | 2 | | | | | | 560 | | |
| 64 | 54,20 | | 4.828,89 | PCC | | | 1 | | 2 | | | | | | 557 | | |
| 65 | 53,60 | | 4.882,49 | PCC | | | 1 | | 2 | | | | | | 556 | | |
| 66 | 15,00 | | 4.897,49 | PCC | | | 1 | | 2 | | | | | | 554 | | |
| 67 | 35,00 | 68° 00' 00" IZQ | 4.932,49 | PCC | | | 1 | | 2 | | | | | | 552 | | |
| 68 | 30,80 | 57° 00' 00" IZQ | 4.963,29 | PCC | | | 1 | | 2 | | | | | | 552 | | |
| 69 | 10,00 | | 4.973,29 | PCC | | 1 | | | 1 | | 4 | 1 | 1 | | 551 | TRANSICIÓN AEREO-SUBT. | |
| LINEA SUBTÉRRANEA | 7,30 | | 4.980,59 | 5 | | | | | | | | | | | | CABLE DE F.O. ACORAZADO | |
| | 109,80 | | 5.090,39 | 4 | | | | | | | | | | | | LINEA SUBTÉRRANEA | |
| | 108,50 | | 5.198,89 | 3 | | | | | | | | | | | | | |
| | 108,50 | | 5.307,39 | 2 | | | | | | | | 1 | | | | | |
| | 109,30 | | 5.416,69 | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| | 109,30 | | 5.525,99 | EXIT | | | | | | | | | | | | | |
| | 47,80 | | 5.573,79 | EXIT | | | | | | | | 1 | | | | | |
| | 14,50 | | 5.588,29 | EXIT | | | | | | | | | | | | | |
| | 115,60 | | 5.703,89 | SITE-TGU | | | | | | | | | | | | SALA DE CONTROL | |

CFE Comisión Federal de Elec División Sureste

COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD
DISTRIBUCIÓN
DIVISIÓN SURESTE

RESUMEN DE ESTRUCTURAS

| | |
|---|---|
| PCC | 17 |
| TOTAL= | 17 |

PCC: POSTE DE CONCRETO

ZONA: TUXTLA

PROYECTO:
TENDIDO DE CABLE DE FIBRA OPTICA DE S.E TUXTLA UNO - S.E TUXTLA NORTE

TITULO:
DISTRIBUCION DE ESTRUCTURAS (FIBRA ÓPTICA)
TUXTLA 1- TUXTLA NORTE

Tabla 3.3. De la estructura 53 a la 69 y tramo subterráneo

### 3.3. Instalación del cable de fibra óptica aéreo

El cable de fibra óptica tiene una longitud aproximada de 5.000 metros, y deberá instalarse sin cortar, siguiendo el criterio de maximizar la separación entre empalmes.

En general, la fibra se situó próxima al poste desde el que se va a iniciar el tendido, suspendida de una grúa, sobre remolque, camión o sobre gatos, de manera que pudiera girar libremente y el cable salga siempre por la parte superior. Se procuró que estuviera nivelada y alineada con la sección de postes donde se tendió el cable. El procedimiento se realizó de la siguiente manera:

- Antes de iniciar la instalación del cable se realizó una inspección minuciosa de este mismo, en busca de defectos, tales como astillas y roturas, que pueden causar daños a los operarios o al cable durante su desenrollado.

- En el tendido, la fuerza de tracción ejercida al tirar del cable fue lo más uniforme posible evitando los tirones y sacudidas bruscas.

- Se cuidó de no sobrepasar, en ningún momento, el radio mínimo de curvatura (70 a 80 cms).

- Se tuvo especial cuidado en evitar los esfuerzos cortantes que pueden aparecer en las transiciones entre el cable y los empalmes de protección preformados, que se ponen bajo de retenciones, para lo que se procuró dar forma a estas protecciones de manera que siguieran la misma dirección de la catenaria del cable.

**Colocación de herrajes de retención**

Los conjuntos de anclaje constan de unas varillas preformadas que se ponen sobre el cable a modo de protección, sobre las que se coloca la retención preformada de anclaje. Se utilizaron para mantener la tensión en los distintos tramos del cable, por lo que fue necesario emplearlas en los postes:

- Inicial y final de tramos aéreos.
- Que lleven empalmes.
- Que tengan un tiro mayor que 5 metros, y
- En aquellos en los que el desnivel supere los 15°.

La instalación se hará de la siguiente manera:

- Se colocan las varillas de protección sobre el cable en la posición que previamente se haya determinado.

- Se pasa la retención con sus guardacabos por un ojal de un distanciador.

- Se monta la retención sobre las varillas de protección dejando unos 15 cms., Distancia desde el borde de las varillas hasta los guardacabos de la retención.

- La unión al poste se hace por medio de un grillete que une la tuerca en anilla con el otro ojal del distanciador, siendo la misión de éste preservar el radio de curvatura del cable.

- Cuando el cable este tensado, si al operario le resulta difícil colocar el conjunto de anclaje subido al poste, se marcará la posición de aquél, se soltará la tracción del cable y se pondrá el conjunto en el suelo volviéndolo a tensar de nuevo para anclarlo al poste.

Si por alguna causa de mal instalación del herraje suministrado al contratista (evaluación del supervisor) es necesario reemplazar o desplazar el punto de apoyo del herraje de retención, éstos deberán reemplazarse por cuenta del contratista, por un herraje de las características idénticas.

Figura 3.4. Herraje de retención

**Colocación de herrajes de suspensión**

El conjunto de suspensión consta de unas varillas preformadas que se ponen sobre el cable a modo de protección, sobre las que se coloca el preformado de suspensión.

Las suspensiones se emplean en los postes cuyo tiro sea menor de 5m, ó el nivel sea inferior a 15°.

Una vez tensado el cable se procede a instalar las suspensiones, lo que se hará de la siguiente manera:

- Se quita la polea de tendido y se colocan las varillas preformadas de protección en el cable, centradas con respecto al poste.

- Se introduce la retención de suspensión con el guardacabos redondo por el gancho espiral y después se coloca sobre las varillas de protección.

- Cuando en un poste se produzca un cambio de nivel ascendente, se invertirá la colocación del gancho espiral y de la retención.

- Tanto en el caso de desnivel como en los cambios de dirección, para poder colocar el empalme de protección y la retención de suspensión puede ser necesario sujetar el cable al sacarlo de la polea de tendido. Esto podrá hacerse mediante mangas de tiro abiertas, o retenciones de anclaje, colocadas en el cable a ambos lados del poste y al menos a 1 metro de este, atándolas a él, mediante cuerdas o cables.

Si por alguna causa de mal instalación del herraje suministrado al contratista (evaluación del supervisor) es necesario reemplazar o desplazar el punto de apoyo de las grapas de suspensión en cualquier sentido, y si en este proceso alguna parte de los herrajes o grapas sufriere daño, éstos deberán reemplazarse por cuenta del contratista, por un herraje o grapa de la misma marca y de características idénticas.

**Realización de empalmes**

Los empalmes se fueron dando conforme al tendido de la fibra con una empalmadora de fibra óptica la cual se muestra en la figura 3.5. En donde se fue muy minucioso ya que un error en él empalme podría significar desde una perdida muy grande en la transmisión de datos, hasta tener que reparar el empalme en su totalidad.

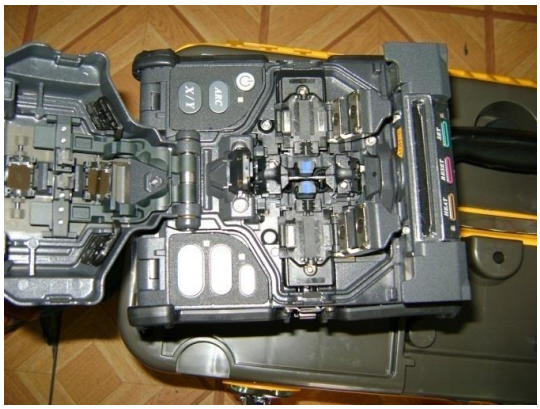


Figura 3.5. Empalmadora de fibra óptica

Los empalmes del cable se realizaron en base en la idea de trabajar a pie de poste, donde después fueron fijados en el mismo, y posteriormente se almaceno el cable sobrante en los herrajes de reserva que se instalaron sobre el mismo. (Almacenador de cable de fibra óptica)

Las operaciones fueron las siguientes:

- Se unieron las puntas del cable, mediante 2 ó 3 vueltas de cinta aislante, cada 1.5 metros para facilitar su manipulación.

- Se cortaran los extremos del cable para dejar la longitud adecuada que permita la realización del empalme a pie de poste. Esta longitud se estima, por término medio en 10 metros.

- Se realizó el empalme en la forma normalizada empleando la Caja de Empalme adecuada.

- Cuando se instaló la Caja de Empalme, se fue inmediatamente fijada al poste mediante un soporte, y se sujetó, mediante tacos de expansión.

En las maniobras de empalme se tuvo un excesivo cuidado ya que en cada empalme se dejó un tramo de fibra enrollado como se muestra en la fig.3.6. Con ello se dieron curvaturas que en el cable. Se recuerda que el radio mínimo de curvatura es de 10 veces el diámetro del cable.

Figura 3.6. Caja de empalme en poste troncocónico

## Tendido del cable

Una vez colocados los herrajes de la fibra vino la parte más complicada y seria del proyecto esto fue el tendido del cable. Cabe recalcar que este tendido comenzó desde la subestación Tuxtla norte en donde la primera manipulación fue pasar el cable por la estructura de bahía, esta estructura es donde van colocados los cables de alta tensión como se observa en la figura.

Fig. 3.7. Tendido del cable desde la estructura de bahía

Para tender el cable fue necesario preparar su extremo, para poder ejercer sobre él fuerza de tracción necesaria. Esta preparación se realizó de la siguiente manera.

Mediante una argolla de tiro, se dispuso de un manguito de tracción cerrado, del diámetro adecuado, se introdujo el extremo del cable y se tensó y finalmente se sujetó dando varias vueltas de cinta adhesivas en su extremo.

Para continuar con la instalación del cable necesariamente se necesitaron poleas. Se colocaron poleas para tendido de cables aéreos provisionalmente suspendidas. Estas poleas se pueden abrir para sacar o introducir el cable, además de tener un diámetro mínimo de 360 mm, para preservar el radio de curvatura admisible del cable.

Una vez pasados por un tramo de estructuras de alta tensión (115 KV) el tendido del cable continuo por los postes troncocónicos (media tensión 113.8 KV) esto de acuerdo con la ruta trazada

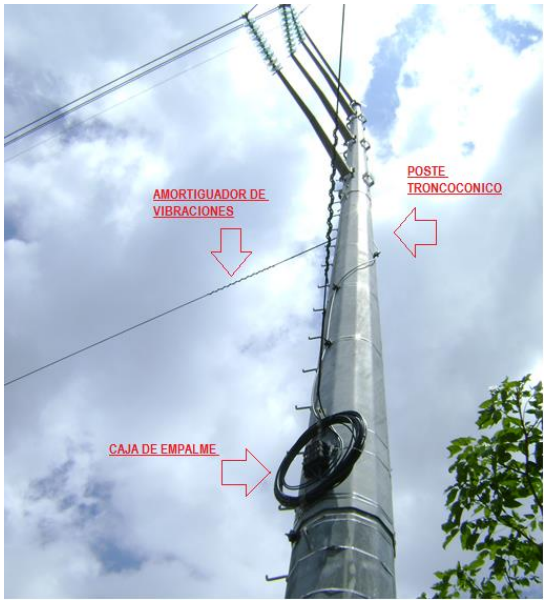



Fig. 3.8. Instalación de la fibra pasando por postes troncocónicos

Primero se pasó el cable por las poleas y se realizó un procedimiento llamado tracción manual en el cual se procedió a efectuar los siguientes pasos:

1.- En el extremo preparado del cable se colocó un nudo giratorio y se ató una cuerda de cáñamo de por lo menos 25 mm de diámetro, para así poder ser agarrada cómodamente, y de unos 20 a 25 m, de longitud.

2.- En el primer poste se pasó la cuerda de cáñamo por la polea guía.

3.- Siguiendo la línea de postes, y en el sentido de alejarse de la bobina, se realizó la tracción sobre la cuerda de cáñamo por los operadores necesarios, a la velocidad normal del paso de un hombre, hasta que el cable llego al poste siguiente, donde se detuvo para pasar de nuevo la cuerda por la polea y continuar realizando la tracción.

4.- Se dispuso ayudas intermedias cuando la fuerza de tracción en la punta del cable fue muy alta esto para evitar que, entre postes, el cable arrastre por el suelo.

En aquellos casos en los que fue necesario mantener temporalmente la altura libre de tendido, tales como cruces de carreteras, se instaló un cable soporte auxiliar y a través de los cuales se pasó el cable autosoportado.

Este procedimiento se fue dando en los tres diferentes tipos de estructura antes mencionados, una vez terminadas las estructuras de media tensión se procedió a continuar la ruta por la baja tensión las cuales pasan por postes de concreto como se muestra en la figura.

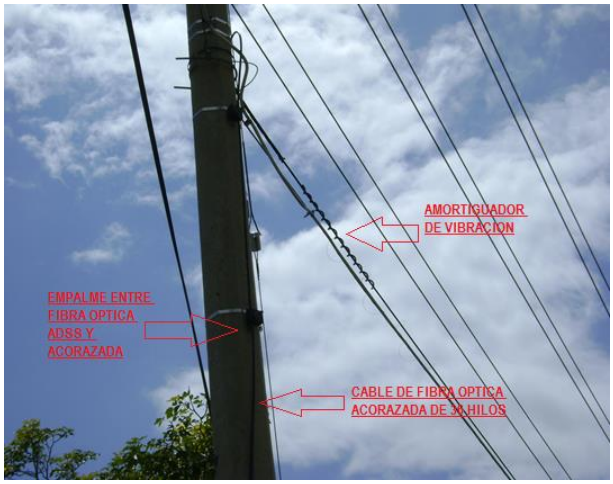



Fig. 3.9. Ultimo poste antes de la instalación subterránea

### 3.4. Instalación subterránea

Después de instalar dos tramos en los cuales se pasó por estructuras de línea de alta y media y baja tensión, se llegó hasta el último tramo en el cual se llevaría acabo la instalación de la fibra óptica subterránea.

En esta etapa aparte de hacer el cambio del tipo de cable de fibra óptica debido a las razones antes mencionadas, todo el cable subterráneo se protegió por una manguera dieléctrica, como se observa en la figura 3.10 la cual asegura que nuestra fibra estará totalmente protegida, esto se hiso también con el objetivo de apartar totalmente la fibra de los cables de media tensión que

pasan también por los registros, ya que estos son los únicos que nos llevan a nuestro destino final que es la subestación Tuxtla 1.

Fig. 3.10. Colocación de manguera dieléctrica de protección

Primero se colocó la manguera plástica abriendo uno a uno los registros y posteriormente se colocó una guía con la cual se fue colocando la fibra óptica dentro de la manguera de protección de manera de dejar una instalación totalmente segura y confiable como se muestra en la figura 3.11.

Figura 3.11. Fibra óptica subterránea envuelta en manguera de protección plástica.

Una vez llegada la fibra óptica a la subestación Tuxtla 1 fue introducida al laboratorio de comunicación el cual se encuentra dentro de la subestación tuxtla1.

### 3.5. Conexiones al distribuidor de fibra óptica

**Tuxtla 1**

A la llegada de la fibra se utilizó un rack el cual es típicamente utilizado para conectar paneles de fibra ópticas, en el cual como se explicó en un principio estaba ya conectado el enlace que va de la Zona - Tuxtla 1 por lo que fue

utilizado el mismo rack y en el mismo se incluyó un nuevo distribuidor de fibra óptica para las conexiones de este nuevo enlace. Como se observa en la figura 3.12.

Fig. 3.12. Rack con distribuidor de fibra óptica ya instalado

## Tuxtla norte

En el otro extremo del enlace, en la subestación Tuxtla norte no existía anteriormente ningún enlace de fibra óptica por esa razón ahí se instaló un rack y por supuesto un equipo nuevo de distribuidor de fibra óptica. Como se observa en la figura 3.13.

Fig. 3.13. Rack y distribuidor de fibra óptica

## Observaciones y sugerencias

Al trabajar estos cuatro meses en CFE se observó una dinámica muy interesante entre los trabajadores de la oficina de comunicaciones, en ella siempre se notó un buen ambiente de trabajo, además de observar la eficiencia con la que se resolvieron las fallas que se generan en esta área.

Aparte de trabajar con el proyecto asignado, también se ayudó a reparar e instalar equipos de comunicaciones, como repetidores, antenas, redes, radios móviles y de base, además de equipos de protección llamados UPS los cuales respaldan a otros equipos en caso de que la energía eléctrica sea interrumpida.

Se sugiere mantener en constante monitoreo los equipos de distribución de fibra óptica, ya que en estos primeros días que se puso en funcionamiento el enlace, se tiene que observar que no se tengan perdidas en la transmisión de datos.

Se sugiere continuar con el enlace faltante ya que con ese último enlace se tendrá comunicado a todas las áreas importantes del área de distribución de CFE de la zona Tuxtla. Recordemos que con estos enlaces CFE hace un ahorro muy grande al ya no depender de TELMEX, tanto en telefonía como en internet.

**Conclusiones**

Se logró el objetivo quedando en funcionamiento el enlace Tuxtla 1 a Tuxtla norte y con ello se satisface la gran necesidad que se tenía anteriormente, al mismo tiempo se logra la tranquilidad de eficiencia y buen funcionamiento de la comunicación a la subestación Tuxtla norte, área foránea y edificio de especialidades ubicadas ahí mismo.

Con este nuevo enlace se satisface también la necesidad de otras áreas en donde también se encuentran enlaces de fibra óptica y se logra un complemento, además de quedar satisfechas otras 3 áreas con este mismo enlace.

El trabajo realizado en CFE independientemente haber logrado la satisfacción de una necesidad para la empresa, deja un gran aprendizaje en cuanto a lo profesional, ya que se pudieron aplicar ciertos conocimientos aprendidos en clases. Fue verdaderamente interesante y satisfactorio poder pasar de la teoría a la práctica además de adquirir conocimientos que servirán para ejercer de la mejor manera la ingeniería electrónica.

## REFERENCIAS


- http://www.monografias.com/trabajos13/fibropt/fibropt.shtml
- http://es.wikipedia.org/wiki/Fibra_%C3%B3ptica
- http://platea.pntic.mec.es/~lmarti2/optral/cap2/fibra-2.htm
- http://www.ordenadores-y-portatiles.com/fibra-optica.html
- http://www.dsif.fee.unicamp.br/~moschim/cursos/simulation/transmissor.
- http://www.euram.com.ni/pverdes/Verdes_Informatica/Informatica_al_dia/fibra_optica_145.htm
- http://www.encarta.msn.es
- http://www.arcelect.com/fibercable.htm
- Manual de CFE. afl telcommunications lcc. practica de cables con fibras ópticas
- Manual de telecomunicación corporativa TELCOR$^{MR}$, S.A. DE C.V.