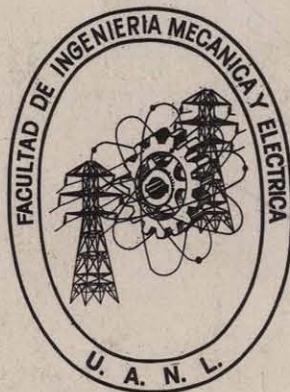


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON



Facultad de Ingenieria Mecánica y Electrica

BIBLIOTECA



SISTEMAS DE FIBRA OPTICA

Trabajo de Investigación que en Opción al Título de
Ing. en Electronica y Comunicaciones.

PRESENTA

LAURA LETICIA WILLARS AGUILAR

ASESOR ING. LEOPOLDO VILLARREAL

Monterrey, N. L.,

Diciembre de 1994.

K5103
59
566
1

UN

Facu

Trabaj

T
TK103
.5
W56
C.

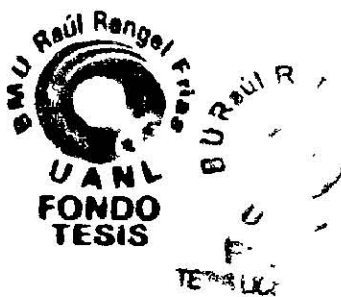
Moscoso



1080087037

SISTEMA DE LA FIBRA OPTICA

TK5103
159
W566



CON PROFUNDA GRATITUD Y AFECTO DEDICO ESTA TESIS
A MIS PADRES QUE HICIERON POSIBLE LA TERMINACION
DE MI CARRERA PROFESIONAL.

ING. MARCO POLO WILLARS ENRIQUEZ
MA. DEL REFUGIO AGUILAR DE WILLARS

INDICE

1. INTRODUCCION

2. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE UN SISTEMA DE FIBRA OPTICA.

3. ELEMENTOS DE UN SISTEMAS DE FIBRA OPTICA

4. FUENTES DE LUZ

4.1 Objetivo de un Enlace

4.2 Fuentes de Luz en Sistema de Fibra Optica

4.3 Desventajas del Laser

4.4 Precauciones

5. DETECTORES

5.1 Requerimientos del Fotodiodo

5.2 Características de un Fotodiodo

5.3 Diferencias entre los Diodos PIN y APD

6. DISPOSITIVOS DE INTERCONEXION

1. INTRODUCCION

Las comunicaciones han evolucionado a lo largo de la historia, desde la Prehistoria, en la que el hombre primitivo utilizaba gestos, señales con las manos y señales luminosas con antorchas encendidas, hasta nuestros días en que se envían señales a grandes distancias alrededor del mundo, de la tierra a la luna o bien enviar gran cantidad de información, con gran eficiencia a través de una fibra óptica aproximadamente del grosor de un cabello.

El proceso de la transmisión de información se basa en el hecho de enviar algún tipo de energía de un punto a otro a través de un medio. Los tipos más comunes de este tipo de energía son la eléctrica y la radiante, en esta última se puede mencionar la microondas y la luz.

Hacia el año de 1970, la Compañía Corning Glass logra fabricar una fibra óptica con un nivel de atenuación de 20 db/km. En 1972 se fabrica una fibra óptica con 4 db/km de atenuación; pero es en el año de 1973, cuando la Armada de los E.E.U.U. le da la primera aplicación militar a la fibra óptica. En el año de 1976 se instala en Alemania una red de servicios integrados con una cobertura de 2.1 km. Siendo en 1989, cuando se logra fabricar una fibra óptica con niveles de atenuación muy bajos, del orden de 0.16 db/km. y con excelentes perfiles de índice de refracción, lográndose por consecuencia anchos de bandas muy grandes.

Las aplicaciones de la fibra óptica son muchas y variadas, es posible encontrarlas en usos para telecomunicaciones, tales como:

- Enlaces submarinos
- Enlaces interurbanos
- Enlaces telefónicos urbanos o provisionales
- Transmisiones de T.V. digital
- Redes multiservicio en área de adonado
- Redes locales
- Transmisión de datos

Otros usos menos comunes se dan en el campo de la medicina, militares e incluso como elementos de ornato.

La fibra óptica, respecto al cobre, representa una serie de ventajas muy importantes y significativas para los requerimientos de las necesidades actuales. Estas son:

- Alta capacidad de transmisión de información
- Baja atenuación
- Inmune a interferencia electromagnética
- Alto nivel de seguridad
- Ligera
- Flexible
- No radiante

Por estas y muchas razones se espera un uso universal de las fibras ópticas en los sistemas de comunicaciones, telecomunicaciones, redes locales, instrumentación y control.

SISTEMAS DE LA FIBRA OPTICA

Las fibras ópticas son flexibles, de bajo peso y permiten la propagación a muy altas tensiones, sin la necesidad de transformadores que aislen la corriente. También son inmunes al ruido, no radían, son altamente resistentes a la intrusión e insensibles a interferencias de campos electromagnéticos causados por medios externos.

Todas estas características hacen de la fibra óptica un medio de comunicación con características no encontradas en el cobre. No con esto, que pueda en un momento dado sustituir totalmente al cobre, pero si, es muy importante el avance de su aplicación en la actualidad.

En comparación con los cables de cobre, los de fibras ópticas ofrecen múltiples ventajas en los sistemas de comunicación.

2. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE UN SISTEMA DE FIBRA OPTICA

Ventajas:

Las ventajas más importantes de un sistema de comunicaciones por fibras ópticas son:

- Es inmune a la interferencia electromagnética, radio-frecuencia y pulsos electromagnéticos.
- No tiene problemas de trayectoria a tierra, no hay necesidad de retorno a tierra y la señal no está referida a un potencial de tierra particular.
- No es inductiva ni susceptible de diafonía.
- No radia señales ni tiene problemas de emisión de ruido.
- No puede ser corto-circuitada ni interferida.
- Tiene un ancho de banda muy amplio y puede ser multiplexado ampliamente
- Sus bajas pérdidas de transmisión implican el uso de menos repetidoras.
- Disponibilidad para comunicaciones digitales y métodos de modulación de pulso.
- Pequeño tamaño, poco peso, poco espacio de almacenaje, soporta grandes tensiones y tiene mucha flexibilidad.

- Soporta temperaturas relativamente altas y es inmune a la corrosión.
- No requiere el cumplimiento de códigos eléctricos y es de bajo costo potencial.

- Sus aplicaciones incluyen desde enlaces de muy corta distancia hasta circuitos de telecomunicaciones de larga distancia.

Desventajas:

- El soporte de una nueva tecnología en desarrollo puede sufrir problemas de aceptación por parte de los usuarios y se limita su aplicación a sistemas especializados o donde sus propiedades representan una gran conveniencia.

- Puede resultar más caro si sus ventajas no son correctamente valuadas.

- Las limitaciones en el ancho de banda por los efectos de dispersión debido a la naturaleza de la propagación en las fibras ópticas.

- Las pérdidas de acoplamiento y su dificultad en aplicaciones de campo por el pequeño tamaño de las fibras.

- Algunas fuentes luminosas tienen una vida útil muy limitada.

- Manufactura de muy alta precisión.

- No puede transmitir señales de corriente directa.

- Mayor complejidad general que los sistemas convencionales, lo que implica mayor probabilidad de falla.

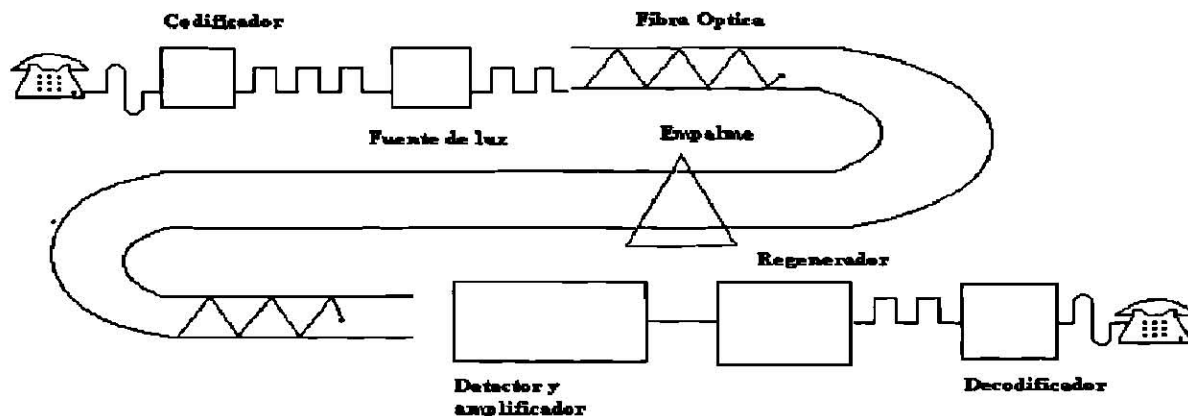
- Carencia de normalización en las especificaciones de los componentes.

3. ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE FIBRA OPTICA

Los elementos de un sistema de comunicación son el transmisor, el medio de transmisión y el receptor.

En un sistema de fibra óptica el transporte contiene una fuente de luz; el medio de transmisión son las fibras ópticas (cables de fibras ópticas), y en el receptor se encuentra un detector de luz.

EJEMPLO: Diagrama genérico de estos elementos:



- Paso 1. El teléfono produce una señal variable.
- Paso 2. El codificador convierte esta señal a pulsos eléctricos.
- Paso 3. La fuente representa esta señal mediante pulsos luminosos.
- Paso 4. La fibra óptica guía a través de ella a los pulsos luminosos.
- Paso 5. El empalme une dos tramos de fibra óptica.
- Paso 6. El detector recibe los débiles pulsos luminosos y los amplifica, convirtiéndolos a señal eléctrica.
- Paso 7. El generador reconstruye la señal distorsionada.
- Paso 8. El decodificador convierte los pulsos eléctricos en una señal continua de voz.

En un sistema analógico provee medios para compensar la distorsión que se genera posteriormente en el sistema; en transmisión digital detecta los datos de información, los regenera y ordena en el tiempo con símbolos apropiados para el circuito de la fuente; para un sistema en donde las señales analógicas van a transmitirse en forma digital provee la conversión analógica-digital.

Excitador de la fuente: Modula la corriente que fluye a través de la fuente para producir la señal óptica deseada.

Fuente luminosa: Provee la onda portadora por medio de la conversión eléctrica-óptica.

Modulador: Coloca la información sobre la portadora (si la fuente no puede ser modulada directamente por el circuito excitador).

Optica de transmisión: Acopla la luz modulada en el canal de información.

Canal de información: Es el medio que transmite la señal óptica del transmisor al receptor (fibra óptica).

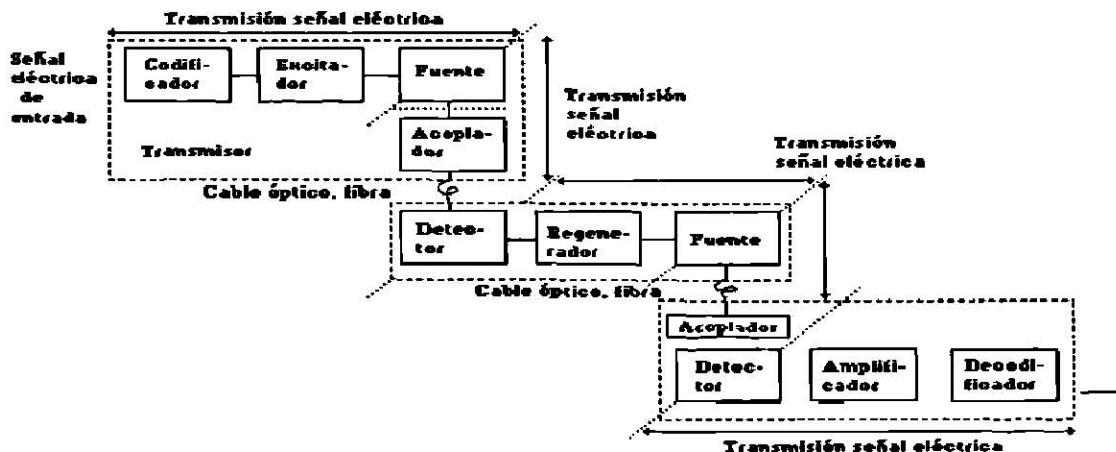
Repetidor: Aumenta la amplitud y corrige la forma de la señal que se ha deformado durante la transmisión.

Optica receptora: Acopla la luz del canal de información en el detector.

Detector: Convierte el campo óptico en una señal eléctrica (conversor opto-eléctrico, (O/E)).

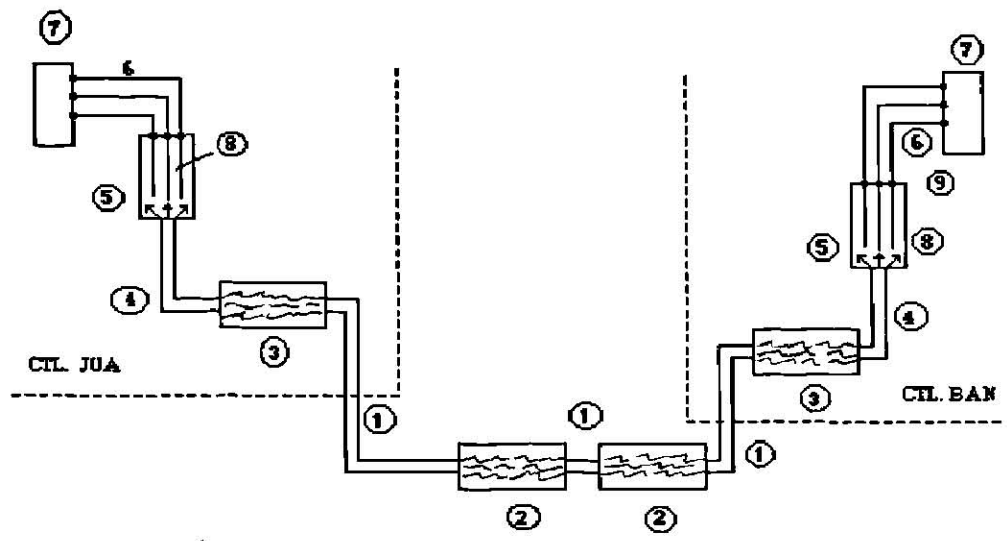
Procesamiento de la señal: Filtros, amplificadores, ecualizadores, decodificadores, etc. que convierten la señal eléctrica del detector en una forma apropiada para su uso.

Esquema general: De un sistema de comunicaciones por fibra óptica.



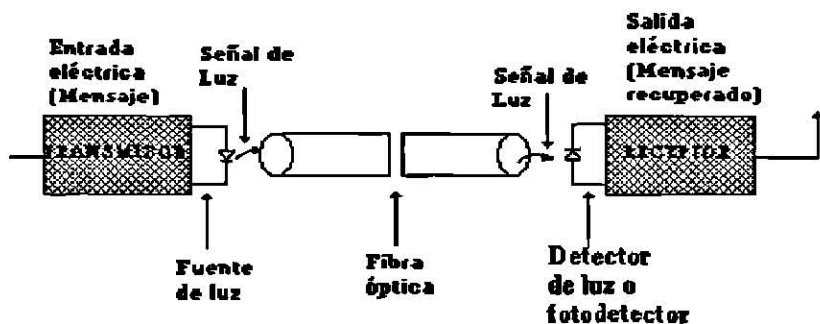
A continuación se especifican los elementos que constituyen un enlace telefónico troncal con cable de fibra óptica.

- **Cable óptico para exterior (1).** Diseño con tubo holgado.
 - **Caja de empalme para exterior (2).** Une dos tramos de cable del mismo tipo (exterior) a lo largo de la ruta, dentro de ellas se acomodan las fibras ópticas empalmadas.
 - **Caja de empalme de transición (3).** Une dos tramos de diferente tipo (interior y exterior), dentro de ella se guardan las fibras ópticas empalmadas.
 - **Cable óptico para interiores (4).** Diseño con tubo holgado o con tubo apretado.
 - **Distribuidores ópticos (5).** Une el cable para interior a los jumpers de distribución, a través de los pig tails, dentro de él se guardan los empalmes de las fibras ópticas del cable interior y los pig tails.
 - **Jumpers ópticos (6).** Son fibras ópticas con diseño de tubo apretado que en sus extremos tiene conectores y se usan para unir al distribuidor óptico y al equipo terminal óptico.
 - **Equipo terminal óptico (7).**
 - **Pig tails ópticos (8).** Fibra óptica con diseño de tubo apretado que tiene en uno de sus extremos un conector y en el otro extremo se realiza un empalme con otra fibra óptica, generalmente se usa en los distribuidores ópticos.
 - **Acopladores (9).** Sirven para unir dos fibras ópticas con sus conectores.
- DIAGRAMA: Elementos de construcción de un enlace troncal con cable de fibra óptica.



4. FUENTES DE LUZ.

En un enlace óptico usando fibras ópticas; en cada uno de los extremos de la fibra encontramos un transductor cuya función es convertir de un tipo de energía a otro.



En el extremo del transmisor, hay un transductor electro-óptico, que convierte la señal eléctrica de su entrada a una señal de luz en su salida.

La fuente de luz o transductor es considerado en comunicaciones como un generador de energía electromagnética de una longitud de onda en el espectro de luz visible o infrarroja, que servirá de portadora de la información en forma de señal eléctrica modula la intensidad de la fuente de luz.

4.1 Objetivo de un enlace óptico.

Cuando se diseña un enlace óptico el objetivo básico es permitir que señales de entrada sean transmitidas y recibidas a una distancia dada con una calidad de señal aceptable.

Requisitos:

Para cubrir este objetivo es necesario que las fuentes de luz usadas cumplan con:

- La mayor salida de potencia posible.
- Compatibilidad con la fibra en longitud de onda.
- Que puedan modular las velocidades de las señales del sistema.
- Que tenga un ancho espectral estrecho.
- Características estables en función del tiempo y temperatura.
- Consumo bajo de energía.
- Tamaño pequeño.

4.2 Fuentes de luz en sistema de fibra óptica.

Las de mayor uso son: Diodos emisores de luz (LEDs) y Diodos lasers semiconductor (LD).

Es importante señalar que las fuentes de luz son escogidos de tal forma que las longitudes de onda de la luz emitida tengan baja atenuación en la fibra y que caigan del rango sensible del detector,

Comparación entre Leds y Laser:

1. *Patrón de salida:* El laser tiene un patrón más estrecho que la del Led, la cual facilita el acoplamiento de la luz con la fibra óptica.

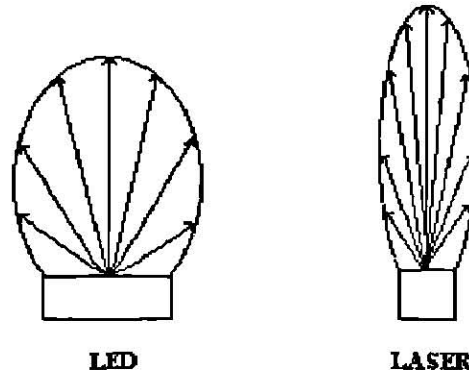
Ya que el laser proporciona un haz pequeño e intenso es compatible con los núcleos muy pequeños de las fibras monomodo.

2. *Ancho espectral:* El ancho espectral del laser es mucho más estrecho que el del Led.

3. *Tiempo de respuesta:* Los lasers tienen tiempo de crecimiento del orden del 1 ns y los Leds de varios nanosegundos, esto quiere decir, que un laser puede ser modulado por señales de muy alta frecuencia.

4. *Compatibilidad con fibras monomodo:* El led no es efectivo para ser usado en fibras monomodo pero el laser por sus características es compatible para fibras monomodo.

5. *Patrón de radiación del Led y laser:*



4.3 Desventajas del Laser:

- Son difíciles de usar.
- Requiere retroalimentación.
- Costosos.
- No se pueden trabajar abajo del umbral laser.
- Cambia mucho su corriente de umbral con la temperatura.

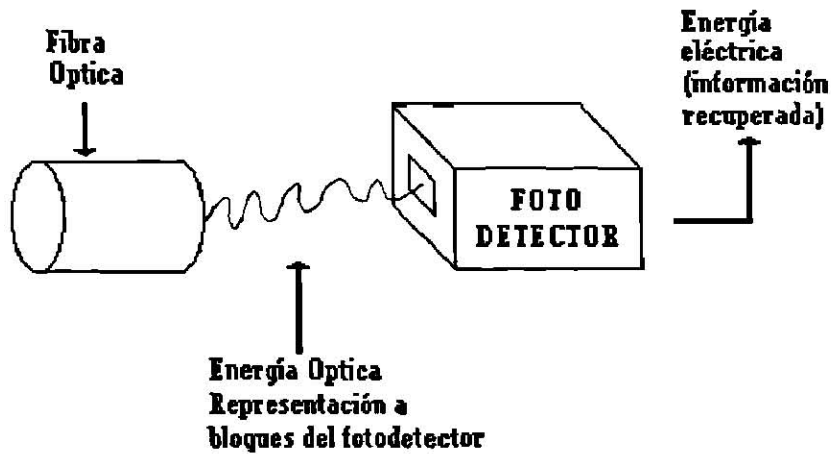
4.4 Precauciones:

Las fuentes de luz usadas en fibras ópticas (Led y Laser) emiten luz infrarroja intensa que no es visible para el ojo humano, tanta radiación puede causar ceguera.

Nunca vea directamente hacia una fuente o fibra si no está seguro de que no hay emisión.

5. DETECTORES.

La fuente de luz una vez modulada es acoplada a la fibra óptica y llega a otro extremo donde se encuentra el receptor que contiene el otro transductor llamado fotodetector que convierte la energía óptica recibida en energía eléctrica de nuevo, para así poder recuperar la información mandada en el haz de luz modulado.



En el caso del fotodetector para maximizar las pérdidas admisibles en la fibra y en consecuencia la distancia entre el emisor y el receptor se le pide que cumpla con lo siguiente:

- Alta eficiencia
- Rápida respuesta
- Bajo nivel de ruido
- Tamaño pequeño
- Confiable
- Económico
- Funciona en temperatura ambiente
- Alimentado por una fuente conveniente

Los dispositivos detectores de luz que mejor satisfacen estos requerimientos son los fotodiodos.

Los fotodiodos más usados con fibra óptica son:

- Fotodiodo PIN
- Fotodiodo de avalancha APD

Tanto como los emisores de la luz como los fotodetectores son fabricados con semiconductores. Existen muchos dispositivos detectores de luz pero el único que cumple con los requerimientos de un sistema de fibras ópticas es indiscutiblemente el fotodiodo.

5.1 Requerimientos del fotodiodo.

- Tamaño pequeño
- Material de fabricación disponible
- Alta sensibilidad de S/N
- Rápida respuesta de tiempo

5.2 Características de un fotodiodo.

Sensibilidad. (R): Es una medida de la corriente de salida del diodo para una potencia lumínica dada incidiendo en el diodo.

El diseñador de un sistema debe ser capaz de calcular el nivel de potencia acoplada al diodo. Generalmente es dada en ampers/Watts o (A/W) y es una medida del sesempeño del fotodiodo.

Respuesta espectral: Es la curva que nos muestra la distribución de la respuesta relativa del fotodiodo a diferentes longitudes de onda.

Esta curva proporcionada por el fabricante nos ayuda a encontrar la sensibilidad del dispositivo a la longitud de onda de la aplicación.

Eficiencia cuántica: Es la relación de los pares electrón-hueco primarios (creados por fotones incidentes) con el número de los fotones incidentes sobre el material del diodo.

Una eficiencia cuántica de 100% a 1 significa que todos los fotones absorbidos crean un portador.

Una eficiencia cuántica típica es de 70% la cual significa que de cada 10 fotones incidentes sólo siete generan portadores.

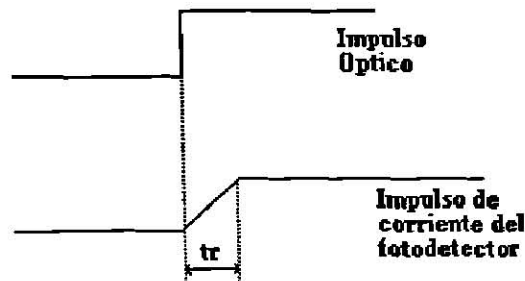
Se aplica a los electrones creados por la absorción de fotones y no por los portadores secundarios.

Tiempo de respuesta: Es el tiempo requerido para que el fotodiodo responda a una entrada óptica y producir una corriente externa.

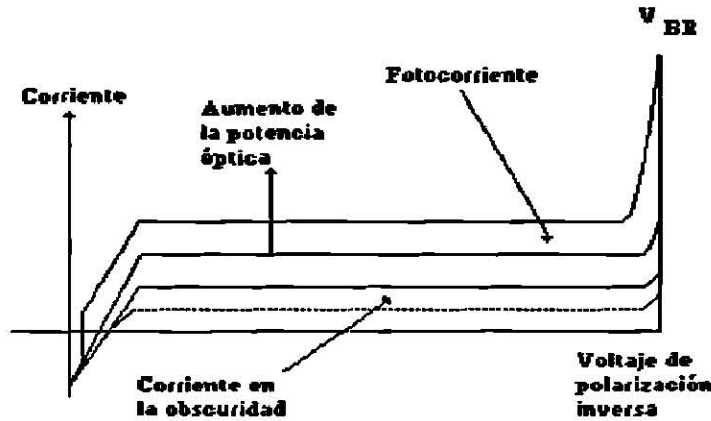
Al igual que en las fuentes de luz está especificado por los tiempos de subida y de caída medidos entre el 10% y el 90% de la amplitud máxima al responder a una entrada escalón.

Frecuencia de corte: Es la frecuencia en la cual la señal se atenuó el 50% de su valor máximo (3dB), ésta marca el ancho de banda, frecuencias arriba de la frecuencia de corte son eliminadas.

Respuesta de un fotodiodo: La respuesta de un fotodiodo a un impulso luminoso de subida brusca.



Características eléctricas: En la figura se muestra las curvas características de un fotodiodo.



Características Corriente/Voltaje de polarización inversa.

Voltaje inverso de ruptura (V_{BR}): Es el voltaje inverso máximo que se le pueda aplicar sin dañarlo. Para un fotodiodo PIN del orden 30-50 volts y para un diodo de avalancha de 150-200 volts.

Voltaje de polarización inversa: Los fotodiodos requieren voltajes de polarización tan bajos como 5 v para algunos diodos PIN hasta varios cientos de volts para los diodos de avalancha.

Este voltaje afecta significativamente la operación del dispositivo ya que I_D , R y T_r aumentan con el aumento de este voltaje. Los diodos APD se polarizan cerca de su punto de ruptura de avalancha para asegurar respuestas rápidas.

Corriente en oscuro (I_D): Puesto que el fotodiodo es un diodo polarizado inversamente existe una corriente de fuga, aunque no le apliquemos luz a la unión. A esta corriente inversa de saturación, o a la corriente que fluye aunque no se aplique luz se le conoce como corriente en oscuro (I_D).

Es una corriente térmicamente generada en el diodo y aumenta aproximadamente el 10% conforme la temperatura aumente 1 grado centígrado. Los valores típicos de corriente de oscuro son: 5 a 50 ampers.

La corriente en oscuro para fotodiodo de silicio es menor que la de germanio en longitudes de ondas cortas y que al de los de arsénico indio de galio (In Ga As) usado en longitudes de onda máa larga.

Potencia mínima detectable: Determina el nivel más bajo de potencia óptica que incide que el detector puede manejar. Nunca podrá exceder al límite inferior que sería la corriente de oscuro.

5.3 Diferencias entre los Diodos PIN y APD.

Fotodiodo PIN:

- No tiene ganancia
- Sensible en un amplio BW
- Usa bajos voltajes de polarización
- Fácil de fabricar
- Muy confiable
- Bajo ruido
- Más comúnmente usado

Fotodiodo APD:

- Ganancia interna
- Mayor sensibilidad
- Ancho de banda reducido
- Ruidoso
- Usa altos voltajes

6. DISPOSITIVOS DE INTERCONEXION.

Para la realización práctica de sistemas de fibra óptica es necesario utilizar dispositivos de interconexión como empalmes y conectores.

Las pérdidas que introducen estos dispositivos de interconexión pueden construir un factor muy importante en la operación de sistemas de fibra óptica particularmente en enlaces de telecomunicaciones de varios kilómetros.

Las uniones de fibras pueden ser fijas o temporales, en las primeras la unión se lleva a cabo por un empalme permanente, y en las segundas se utilizan conectores que pueden ser removibles. El tipo de unión que se elija dependerá de las necesidades de la instalación, por ejemplo, si se requiere una unión permanente de tramos largos de fibra con muy bajas atenuaciones, se hace un empalme permanente, por otra parte cuando se necesita instalar o retirar una fibra fácil y rápidamente, se emplean los conectores. El incremento en las pérdidas de un enlace es el factor más importante que introduce cualquier unión de fibras ópticas, por lo cual, deben considerarse sus causas y la magnitud de sus efectos.

De acuerdo con la técnica de empalmes, podemos clasificarlos en dos grupos:

- Empalmes por fusión.
- Empalmes mecánicos.

En síntesis podemos decir que los empalmes es la unión de dos fibras; y los conectores son los elementos en los extremos de inicio y fin de la fibra.



BIBLIOTECA

