

2.1 Introducción.

Una línea de transmisión es cualquier sistema de dos conductores adyacentes separados por un medio dieléctrico; uno de los conductores es el "positivo" y el otro es el "negativo" o "tierra".

Los más comunes son:

- **Par trenzado:**
Una línea de par trenzado consiste en cables formados por hilos de cobre recubiertos de plata y rodeados por un aislador. Los cables se trenzan de a pares para disminuir la interferencia, y cada par forma un circuito que puede transmitir datos.
- **Líneas de cinta:**
Las líneas de cinta se utilizan mucho en aplicaciones electrónicas. Se usan por su facilidad de construcción en circuitos integrados y para crear componentes de circuitos como filtros, acopladores, resonadores, antenas y otros. Hay diversas variantes de las líneas de cinta, de las que las más usadas son la línea de cinta propiamente dicha (stripline) y la línea de microcinta (microstrip).
- **Cable coaxial:**
El cable coaxial consta de un conductor interno rodeado de un material plástico (politeno o poliuretano, según los casos). Encima del plástico va una malla conductora y, todo ello, cubierto con una capa de polivinilo o caucho que lo protege del exterior. Se fabrican muchos tipos de línea coaxial, se puede curvar con facilidad y por tanto es muy fácil de instalar.

Eléctricamente, cualquier línea de transmisión se puede modelar por elementos distribuidos: resistencia e inductancia son asociadas con el conductor; capacitancia y conductancia se asocian con el dieléctrico.

2.2 Líneas de transmisión.

Las líneas de transmisión son estructuras de guiado de energía cuyas dimensiones, salvo una, son pequeñas frente a la longitud de onda de los campos electromagnéticos. Es posible considerar a la línea como una sucesión de cuadripolos de tamaño infinitesimal en cascada. Para cada cuadripolo entonces se puede aplicar la aproximación cuasi-estática. Esta descripción circuital se conoce como de parámetros distribuidos.

En el caso de las líneas ideales no existen pérdidas de energía y el cuadripolo exhibe solamente elementos reactivos. Resultan ecuaciones de onda para tensión y corriente a lo largo de la línea, que queda definida por dos parámetros: la velocidad de propagación de las ondas y la impedancia característica, que da la relación entre las ondas de tensión y de corriente de una onda progresiva. Las dos ecuaciones diferenciales ligadas para la tensión y la corriente a la entrada del cuadripolo son las llamadas ecuaciones del telegrafista para la línea ideal.

En el caso de las líneas reales se incorporan las pérdidas en los conductores y en el dieléctrico. Esto lleva, en el caso de ondas armónicas, a una constante de propagación compleja – que indica la propagación con atenuación – y a una impedancia característica compleja. En la práctica son de interés las líneas de bajas pérdidas.

Se presenta una descripción de líneas de uso común en la técnica, entre ellas las líneas de cinta o de par trenzado. Una línea cargada generalmente presenta reflexión de potencia, y en el caso ideal, ondas estacionarias. En general, modificando la impedancias de carga y la longitud de la línea es posible obtener cualquier impedancia de entrada, lo que permite usar a las líneas como elementos de circuito.

Para líneas de transmisión de energía o información, la reflexión de potencia es habitualmente perjudicial, y está acompañada de sobretensiones y sobrecorrientes en la línea que pueden dañarla. El parámetro que define usualmente la importancia de la reflexión es la relación de

onda estacionaria (ROE). Se presenta un coeficiente de reflexión generalizado que da la relación de la tensión de la onda regresiva y la tensión de la onda incidente en cualquier punto de la línea.

2.2.1 Características de la línea de transmisión.

Las características de una línea de transmisión se determinan por sus propiedades eléctricas, como la conductancia de los cables y la constante dieléctrica del aislante, y sus propiedades físicas, como el diámetro del cable y los espacios del conductor.

Estas propiedades, a su vez, determinan las constantes eléctricas primarias:

- resistencia de CD en serie (R).
- inductancia en serie (L).
- capacitancia de derivación (C).
- y conductancia de derivación (G).

La resistencia y la inductancia ocurren a lo largo de la línea, mientras que entre los dos conductores ocurren la capacitancia y la conductancia. Las constantes primarias Figura 2.2.1-1, se distribuyen de manera uniforme a lo largo de la línea, por lo tanto, se les llama comúnmente parámetros distribuidos. Los parámetros distribuidos se agrupan por una longitud unitaria dada, para formar un modelo eléctrico artificial de la línea.

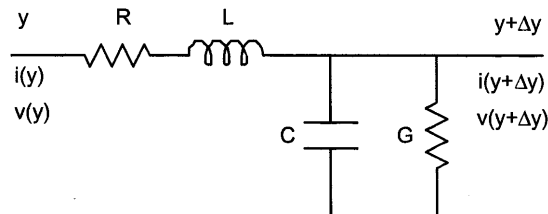


Figura 2.2.1-1. R , L , C y G : resistencia, inductancia, capacitancia y conductancia por unidad de longitud.

Si la longitud de onda de la señal es menor a la longitud del cable, el voltaje y la corriente varían continuamente; la corriente a través de los elementos es función de la posición y no se pueden representar por componentes discretos.

Las características de una línea de transmisión se llaman constantes secundarias y se determinan con las cuatro constantes primarias. Las constantes secundarias son impedancia característica y constante de propagación.

2.2.2 Longitud eléctrica de una línea de transmisión.

La longitud de una línea de transmisión relativa a la longitud de onda que se propaga hacia abajo es una consideración importante, cuando se analiza el comportamiento de una línea de transmisión. A frecuencias bajas (longitudes de onda grandes), el voltaje a lo largo de la línea permanece relativamente constante. Sin embargo, para frecuencias altas, varias longitudes de onda de la señal pueden estar presentes en la línea al mismo tiempo.

Por lo tanto, el voltaje a lo largo de la línea puede variar de manera apreciable. En consecuencia, la longitud de una línea de transmisión frecuentemente se da en longitudes de onda, en lugar de dimensiones lineales. Los fenómenos de las líneas de transmisión se aplican a las líneas largas. Generalmente, una línea de transmisión se define como larga si su longitud excede una dieciseisava parte de una longitud de onda; de no ser así, se considera corta. Una longitud determinada, de línea de transmisión, puede aparecer corta en una frecuencia y larga en otra frecuencia.

2.2.3 Impedancia característica de una línea.

La existencia de una sucesión de inductancias y capacitancias en una línea de transmisión hace que ésta tenga una impedancia característica; la cual se denomina Z_0 y su valor aproximado es:

$$Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}} \quad (2.2.3-1)$$

siendo respectivamente L la inductancia y C la capacitancia por unidad de longitud. Esta impedancia equivale a una resistencia pura, o sea que absorberá toda la potencia suministrada por el generador. Si suponemos una línea ideal que no tiene pérdidas ni por la resistencia de sus hilos ni por fugas entre ellos, ¿cómo se consume esa potencia? Sencillamente trasladándose hacia el extremo opuesto de la línea, que como está en el infinito no llega nunca. Por lo tanto, el generador "ve" a la línea como si ésta fuera una resistencia Figura 2.2.3-1.

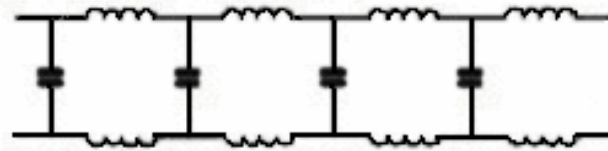


Figura 2.2.3-1. Circuito equivalente de una línea de transmisión.

La impedancia característica determina, según la Ley de Ohm, la relación que debe existir entre la tensión y la intensidad en la línea. La cual se define como la impedancia que se ve desde una línea infinitamente larga o la impedancia que se ve desde el largo finito de una línea que se determina en una carga totalmente resistiva igual a la impedancia característica de la línea.

El concepto de la impedancia característica, representa un valor uniforme a lo largo de toda la línea, o bien, el valor de la impedancia en cualquier punto en el caso de no existir señal reflejada, condición que se cumple cuando la línea tiene una longitud infinita o bien en el caso de que la impedancia de carga sea exactamente Z_0 . Puesto que la impedancia característica es la misma a lo largo de toda la línea, sus unidades son de ohms.

La impedancia característica de una línea depende de la inductancia de los conductores y de la capacidad entre ellos. Cuanto mayor sea el diámetro de un conductor, menor inductancia por unidad de longitud presenta y cuanto mayor es la distancia entre los dos, menor capacitancia

poseen. Por lo tanto dos conductores de diámetro grande y pequeña separación, tienen impedancia característica baja ya que L es pequeña y C es grande, por lo tanto, L/C será pequeña. Viceversa dos conductores de pequeño diámetro y gran separación tendrán impedancia alta ya que L será grande y C pequeña con lo que L/C será grande.

En general la impedancia característica es compleja lo que señala que hay un desfase temporal entre la onda de tensión y la onda de corriente, lo cual implica disipación de energía (resistencia y conductancia) y dispersión de la señal.

2.2.4 Pérdidas en la línea de transmisión.

Para propósitos de análisis, las líneas de transmisión frecuentemente se consideran totalmente sin pérdidas. Sin embargo, en realidad, hay varias formas en que la potencia se pierde en la línea de transmisión y estas son:

- pérdidas del conductor.
- pérdida por radiación.
- pérdida por el calentamiento del dieléctrico.
- pérdida por acoplamiento y descarga luminosa (corona).

Pero las más frecuentes son dos: pérdidas por calentamiento del conductor y pérdidas en el dieléctrico.

2.2.4.1 Pérdidas del conductor.

Debido a que la corriente fluye, a través de una línea de transmisión, y la línea de transmisión tiene una resistencia finita, hay una pérdida de potencia inherente e inevitable. Esto a

veces se llama pérdida del conductor o pérdida por calentamiento del conductor y es, simplemente, una pérdida por calentamiento.

Debido a que la resistencia se distribuye a lo largo de la línea de transmisión, la pérdida por calentamiento del conductor es directamente proporcional al cuadrado de longitud de la línea. Además, porque la disipación de potencia es directamente proporcional al cuadrado de la corriente, la pérdida del conductor es inversamente proporcional a la impedancia característica.

Para reducir las pérdidas del conductor, simplemente debe acortarse la línea de transmisión, o utilizar un cable de diámetro más grande (deberá mantenerse en mente que cambiar el diámetro del cable, también cambia la impedancia característica y en consecuencia, la corriente).

2.2.4.2 Pérdidas en el dieléctrico.

Cualquier dieléctrico a pesar de ser un aislante tiene un cierto grado de pérdidas. Las pérdidas en el dieléctrico dependen de su espesor, tipo y de la frecuencia a la que se emplee. Cuanto más fino sea el dieléctrico y más alta la frecuencia, mayores serán las pérdidas. El mejor dieléctrico es el aire, tiene unas pérdidas muy bajas.

2.3 Par trenzado.

El par trenzado o par telefónico Figura 2.3-1 y 2.3-3, es un par de conductores cubierto de un material aislante de polietileno y es trenzado con el propósito de reducir las interferencias (mejor conocida como diafonía) producidas por inducción de campo magnético con respecto a los pares cercanos que se encuentran a su alrededor (dos pares paralelos constituyen una antena simple, en tanto que un par trenzado no).

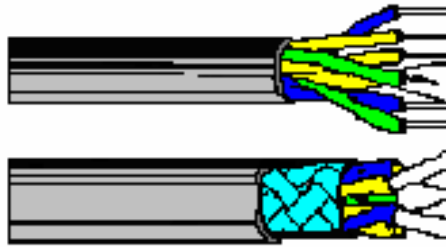


Figura 2.3-1. Cable Par Trenzado.

Generalmente se colocan varios pares de alambres trenzados en un envoltorio común. El paso de trenzado es diferente para cada par.

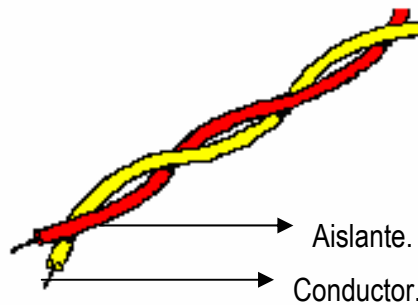


Figura 2.3-2. Par trenzado de dos hilos de cobre.

Se trata de dos hilos de cobre Figura 2.3-2, que se pueden utilizar tanto para transmisión analógica como digital y su ancho de banda depende de la sección de cobre utilizado y de la distancia que tenga que recorrer.

Este tipo de cable es el más usado (sobre todo en el cableado telefónico) debido a su bajo costo. Tiene la ventaja de ser flexible y fácil de conectar pero su inconveniente principal es la baja velocidad de transmisión y su corta distancia de alcance. Por lo tanto debe usarse a distancias limitadas ya que la señal se va atenuando y puede llegar a ser imperceptible y por eso se necesitan emplear, a determinadas distancias, repetidoras que regeneran la señal.

LÍNEAS DE TRANSMISIÓN.

Los intentos por resolver los problemas con los cables de par trenzados llevaron al desarrollo del cable coaxial .

Es un medio muy susceptible a ruidos y a interferencia. Para evitar estos problemas se suelen trenzar el cable con distintos pasos y se suele recubrir con una malla externa para evitar las interferencias externas. Están los pares trenzados apantallados y sin apantallar.

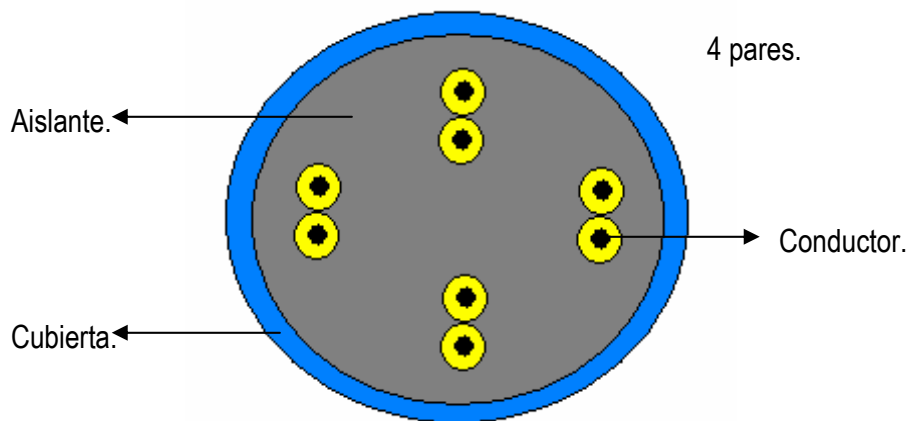


Figura 2.3-3. Cable con 4 pares trenzados.

Los pares sin apantallar son los más baratos aunque los menos resistentes a las interferencias (sin embargo se usan con éxito en telefonía y redes de área local).

Los cables apantallados están embutidos en una malla metálica que reduce las interferencias y mejora las características de transmisión. Sin embargo, tiene un costo elevado y al ser más gruesos son más complicados de instalar.

El cableado que se utiliza en la actualidad es UTP (no apantallado) CAT5. El cableado CAT6 es demasiado nuevo y es difícil encontrarlo en el mercado. Esta línea UTP (unshielded twisted pair) es el tipo más común de línea usada en redes de computadoras. Para mayor rechazo a interferencia (en particular el rechazo a modo común y la diafonía entre líneas) se rodean los pares con un aislador. Esta línea se conoce como STP (shielded twisted pair). Tanto UTPs como STPs se usan en instrumentación electrónica, aviones y otras aplicaciones críticas de transmisión de datos.

Los cables apantallados se utilizan únicamente para instalaciones muy puntuales que requieran una calidad de transmisión muy alta.

El par trenzado (tanto con blindaje como sin blindaje se emplea habitualmente en redes con una topología de estrella (utiliza concentradores o "hubs"). Las redes locales que utilizan como medio de transmisión el par trenzado son sin duda las más fáciles de instalar, ya que el cable de par trenzado es menos rígido que el cable coaxial.

2.4 Stripline.

Las striplines Figura 2.4-1, están formadas por dos cintas conductoras paralelas de tierra y una cinta conductora interna de señal entre ellas. El ancho w de la cinta de señal es pequeño frente al ancho de las cintas de tierra, de manera que éstas pueden considerarse planos infinitos. El espesor de la cinta de señal es t y la separación entre las cintas de tierra, llena con un dieléctrico de permitividad ϵ , es b .

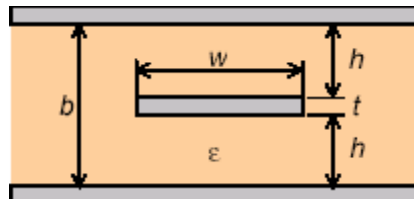


Figura 2.4-1. Stripline.

2.5 Microstrip.

A diferencia de la stripline, las líneas microstrip son estructuras abiertas, de forma que las líneas de campo no están confinadas y la propagación debe analizarse en rigor con las técnicas de campos de las guías de onda.

LÍNEAS DE TRANSMISIÓN.

Las líneas de microstrip son comúnmente utilizadas en circuitos integrados de micro-ondas. Como tal, se pueden ver como líneas de transmisión integradas. Son fáciles de fabricar puesto que se usa tecnología de circuitos integrados o circuitos impresos.

Hay diversas variantes constructivas de estas líneas, y a modo de ejemplo presentamos la configuración clásica de la Figura 2.5-1. Una cinta conductora muy ancha funciona como plano de tierra y sobre ella se coloca un sustrato dieléctrico de permitividad ϵ y espesor b .

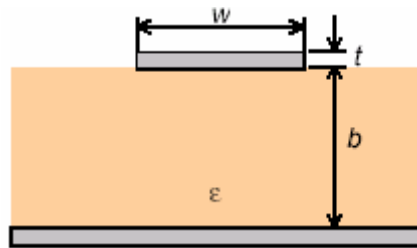


Figura 2.5-1. Configuración clásica.

Sobre el sustrato hay una cinta de señal de espesor t y ancho w . La impedancia característica de la línea es de difícil cálculo debido al campo disperso fuera de la región entre los conductores.

Como se pudo notar ésta consiste de dos materiales conductores separados por un aislante. El espesor del aislante, su permitividad dieléctrica así como el ancho de la línea de señal son los parámetros más importantes en el diseño de la línea de microstrip. Hay una gran variedad de sustratos que se pueden usar; algunos son rígidos, otros flexibles.

El análisis de las líneas de microstrip se puede hacer en modo cuasi-estático, o en modo de onda completa. Aunque el modo de onda completa es el formalmente correcto, la aproximación cuasi-estática es apropiada para frecuencias de microondas bajas (\sim GHz), por lo que éste es el que se usa generalmente. Sin embargo, una consecuencia importante del modo de onda completa es que la impedancia característica es función de la frecuencia; es decir, son dispersivas y disipativas.

Las desventajas principales de las líneas de microstrip son las pérdidas de potencia, asociadas al conductor, al dieléctrico y a la radiación por discontinuidades. Adicionalmente, por la naturaleza misma de las líneas de microstrip, éstas no se pueden usar para potencias elevadas.

2.6 Cable Coaxial.

Esta línea es la que más se utiliza actualmente, sobre todo desde que se fabrica en grandes cantidades y a precios asequibles.



Figura 2.6-1. Cable coaxial.

El cable coaxial Figura 2.6-1 y 2.6-2, consiste en un núcleo de cobre rodeado por una capa aislante (politeno o poliuretano, según los casos). A su vez, esta capa está rodeada por una malla metálica que ayuda a bloquear las interferencias; éste conjunto de cables está en vuelto en una capa protectora que lo protege del exterior.

Le pueden afectar las interferencias externas, por lo que ha de estar apantallado para reducirlas.

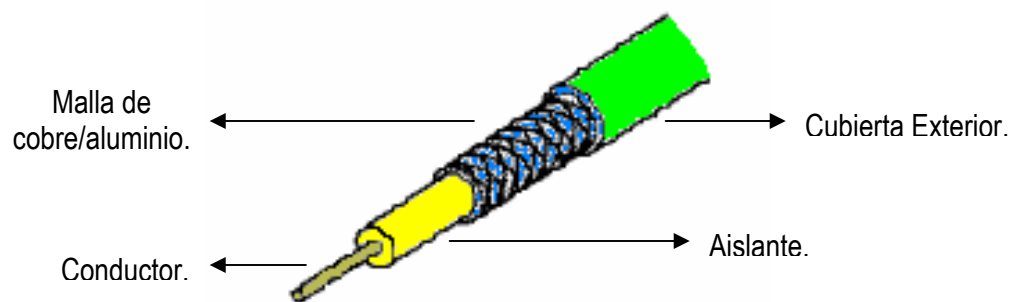


Figura 2.6-2.

LÍNEAS DE TRANSMISIÓN.

Se fabrican muchos tipos de línea coaxial, se puede curvar con facilidad y por tanto es muy fácil de instalar. Últimamente ha aparecido en el mercado un tipo de líneas que no tiene el material plástico, o sea, con dieléctrico de aire. Este tipo de líneas tienen unas pérdidas muy inferiores a las de tipo plano. El conductor central se mantiene en posición por pequeños anillos aislantes cada cierta distancia, o bien por una espiral que sustituye al aislador macizo. Para que no se quiebre, la malla externa es sustituida por un tubo de cobre muy fino, lo que hace que la línea sea muy poco flexible. Este tipo de línea coaxial es muy caro y sólo en los casos en que, reducir las pérdidas al mínimo sea importante (líneas muy largas o frecuencias muy elevadas), vale la pena emplearlas.

Las líneas que se utilizan normalmente llevan grabado en la cubierta exterior el tipo de cable, la impedancia característica y el nombre del fabricante. Estas especificaciones constituyen un certificado de la calidad del cable, por lo que cualquier cable que no lleve esas indicaciones debe ser desechado.

Es utilizado generalmente para señales de televisión y para transmisiones de datos de alta velocidad a distancias de varios kilómetros. La velocidad de transmisión suele ser alta, de hasta 100 Mbits/seg; pero hay que tener en cuenta que a mayor velocidad de transmisión, menor distancia podemos cubrir, ya que el periodo de la señal es menor y por lo tanto se atenúa antes.

Este conductor hueco cilíndrico exterior Figura 2.6-3, lleva un cable conductor interior conectado de tal forma para dejar lugar a colocar unos anillos aislantes o un material dieléctrico sólido. El conductor exterior está cubierto con una chaqueta o coraza.

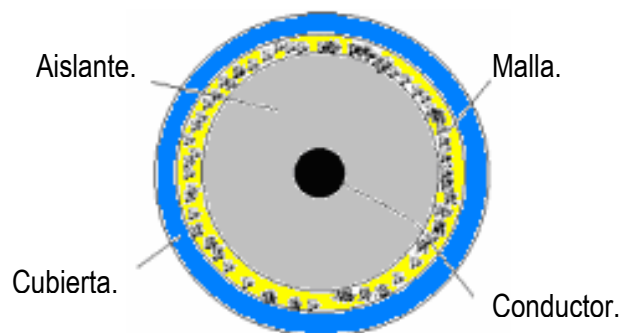


Figura 2.6-3.

Es menos susceptible a interferencias y ruidos "crosstalk" que un par trenzados y puede ser usado a mayores distancias que éste. El cable coaxial es un medio de transmisión más versátil, tiene un amplio uso y una variedad de aplicaciones, donde las más importantes son:

- Redes de área local.
- Transmisión telefónica de larga distancia.
- Distribución de televisión a casa individuales (Televisión por cable).

Transmite señales análogas como el cable coaxial en banda amplia y digitales como cable coaxial en banda base y su frecuencia así como su velocidad son mayores que la del par trenzado. Para transmitir a grandes distancias y señales análogas, se necesitan más amplificadores, los cuales deben ser menos espaciados para lograr altas frecuencias. Para señales digitales, se necesita un amplificador cada Km. Si se va a transmitir datos deben ir más cercanos.

2.7 Fibra Óptica.

La Historia de la comunicación por la fibra óptica es relativamente corta. En 1977, se instaló un sistema de prueba en Inglaterra; dos años después, se producían ya cantidades importantes de pedidos de este material.

Antes, en 1959, como derivación de los estudios en física enfocados a la óptica, se descubrió una nueva utilización de la luz, a la que se denominó rayo láser, que fue aplicado a las telecomunicaciones con el fin de que los mensajes se transmitieran a velocidades inusitadas y con amplia cobertura.

Sin embargo esta utilización del láser era muy limitada debido a que no existían los conductos y canales adecuados para hacer viajar las ondas electromagnéticas provocadas por la lluvia de fotones originados en la fuente denominada láser.

Fue entonces cuando los científicos y técnicos especializados en óptica dirigieron sus esfuerzos a la producción de un ducto o canal, conocido hoy como la fibra óptica. En 1966 surgió la propuesta de utilizar una guía óptica para la comunicación. Esta forma de usar la luz como portadora de información se puede explicar de la siguiente manera: Se trata en realidad de una onda electromagnética de la misma naturaleza que las ondas de radio, con la única diferencia que la longitud de las ondas es del orden de micrómetros en lugar de metros o centímetros.

Como portadora de información, en poco más de 10 años la fibra óptica se ha convertido en una de las tecnologías más avanzadas que se utilizan como medio de transmisión. Este novedoso material vino a revolucionar los procesos de las telecomunicaciones en todos los sentidos, desde lograr una mayor velocidad y disminuir casi en su totalidad los ruidos y las interferencias hasta multiplicar las formas de envío en comunicaciones y recepción por vía telefónica.

2.7.1 Características de la fibra óptica.

Las fibras ópticas son filamentos de vidrio de alta pureza extremadamente compactos. El grosor de una fibra es similar a la de un cabello humano. Fabricadas a alta temperatura con base en silicio, su proceso de elaboración es controlado por medio de computadoras, para permitir que el índice de refracción de su núcleo, que es la guía de la onda luminosa, sea uniforme y evite las desviaciones, entre sus principales características se puede mencionar que son compactas, ligeras, con bajas pérdidas de señal, amplia capacidad de transmisión y un alto grado de confiabilidad debido a que son inmunes a las interferencias electromagnéticas de radio-frecuencia. La tabla 2.7.1-1, muestra las principales características de las fibras ópticas.

Principales Características
- Alta Velocidad de propagación.
- Atenuación Débil, transporte a largas distancias.
- Sin problemas de toma de tierra.
- Inmunidad contra las perturbaciones electromagnéticas.

- Sin Diafonía.
- Instalación en medio explosivo.
- Discreción e inviolabilidad de la conexión.
- Resistencia a la corrosión.

Tabla 2.7.1-1.

Las fibras ópticas no conducen señales eléctricas por lo tanto son ideales para incorporarse en cables sin ningún componente conductor y pueden usarse en condiciones peligrosas de alta tensión.

Tienen la capacidad de tolerar altas diferencias de potencial sin ningún circuito adicional de protección y no hay problemas debido a los cortos circuitos. Tienen un gran ancho de banda que puede ser utilizado para incrementar la capacidad de transmisión con el fin de reducir el costo por canal; De esta forma es considerable el ahorro en volumen en relación con los cables de cobre.

Comparado con el sistema convencional de cables de cobre donde la atenuación de sus señales, es de tal magnitud que requieren de repetidores cada dos kilómetros para regenerar la transmisión, en el sistema de fibra óptica se pueden instalar tramos de hasta 70 km. Sin que haya necesidad de recurrir a repetidores, lo que también hace más económico y de fácil mantenimiento este material.

2.7.2 Estructura física de una fibra óptica.

La fibra óptica es una estructura cilíndrica Figura 2.7.2-1, formada por tres regiones concéntricas:

- El núcleo, que es la sección central y principal por donde viajan los rayos de luz. El material de éste es de sílice, cuarzo fundido o plástico.
- El revestimiento, que es una capa que rodea al núcleo y funciona como un reflector que atrapa los rayos en el núcleo. Generalmente esta hecho de los mismos

materiales que el núcleo pero con aditivos que confinan las ondas ópticas en el núcleo.

- La envoltura o cubierta, que es un material de plástico adherido al revestimiento para preservar la fuerza de la fibra y evitar pérdidas al proporcionar una protección contra daños mecánicos.

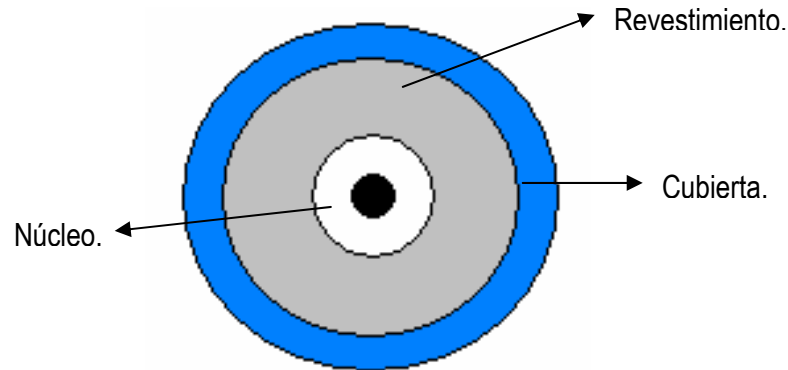


Figura 2.7.2-1. Estructura física de una fibra óptica.

En la superficie de separación entre el núcleo y la envoltura se produce el fenómeno de reflexión total de la luz, al pasar este de un medio a otro que tiene un índice de refracción más pequeño. Como consecuencia de esta estructura óptica todos los rayos de luz que se reflejan totalmente en dicha superficie se transmiten guiados a lo largo del núcleo de la fibra.

2.7.2.1 Tamaño del núcleo de las fibras ópticas.

En las fibras ópticas monomodo el tamaño del núcleo está generalmente entre 8 μ m y 10 μ m. En las fibras multimodo existen cuatro estándares del tamaño del núcleo Figura 2.7.2.1-1:

- 50, 62.5 y 85 μ m (todas con un diámetro de cubierta de 125 μ m).
- 100 μ m (con 140 μ m del diámetro de la cubierta).

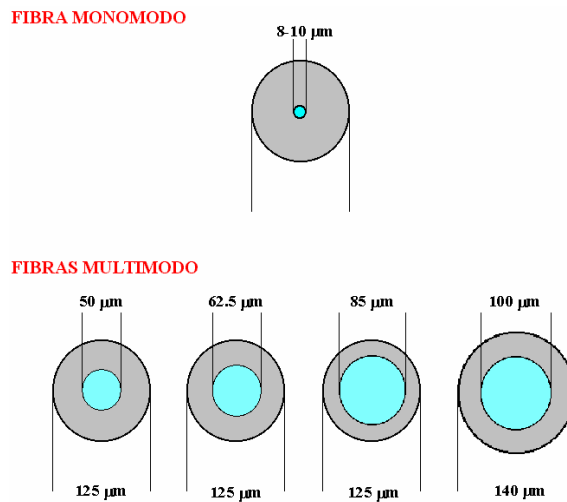


Figura 2.7.2.1-1. Estándares del tamaño del núcleo.

El uso de cada una de ellas está en función de su aplicación:

- Los tamaños 50 y 62.5 μm son los más utilizados para aplicaciones en telefonía y en redes locales de datos.
- Inicialmente las fibras multimodo fueron utilizadas en todo tipo de aplicaciones telefónicas, debido a su gran núcleo y apertura numérica que les permitía una facilidad de interconexión; sin embargo: El ancho de banda en fibras multimodo es mucho menor al de la fibra monomodo.

2.7.3 Principales tipos de fibras ópticas.

Las fibras se clasifican, en función de los modos de propagación en:

- fibras multimodales.
- fibras monomodales.

En función del perfil del índice de refracción se clasifican en:

- fibra de índice escalonado:
 - fibra monomodo.
 - fibra multimodo.
- fibras de índice gradiente:
 - fibra multimodo.

2.7.3.1 Clasificación en función de los modos de propagación.

- fibras multimodales: Una fibra multimodo permite más de un rayo de luz - normalmente cientos - que se propague a la longitud de onda de operación (facilidad de acoplamiento). Entre mayor sea el diámetro del núcleo de la fibra multimodo mayor será el número de modos que se propaguen a través de la fibra. El número de modos guiados depende de:
 1. Diferencia relativa de índices de refracción (D).
 2. Radio del núcleo de la fibra (a).
 3. Longitud de onda de emisión (l).
- fibras monomodales: Debido a las reducidas dimensiones del núcleo (8 - 10 μ m) de una fibra monomodo solamente un rayo de luz se propaga a la longitud de onda de emisión (mayor ancho de banda).

2.7.3.2 Clasificación en función del perfil del índice de refracción.

- fibra de índice escalonado: El índice de refracción del centro es constante ($n \approx 1.470$), al igual que el del revestimiento ($n \approx 1.455$).

- fibras de índice gradiente: El índice de refracción del centro varía gradualmente (reduciendo), y el del revestimiento es constante.

2.7.3.3 Fibra monomodo de índice escalonado.

Potencialmente, esta es la fibra que ofrece la mayor capacidad de transporte de información. Tiene una banda de paso del orden de los 100 GHz/km. Los mayores flujos se consiguen con esta fibra, pero también es la más compleja de implantar. La Figura 2.7.3.3-1, muestra que sólo pueden ser transmitidos los rayos que tienen una trayectoria que sigue el eje de la fibra, por lo que se ha ganado el nombre de "monomodo" (modo de propagación, o camino del haz luminoso, único).

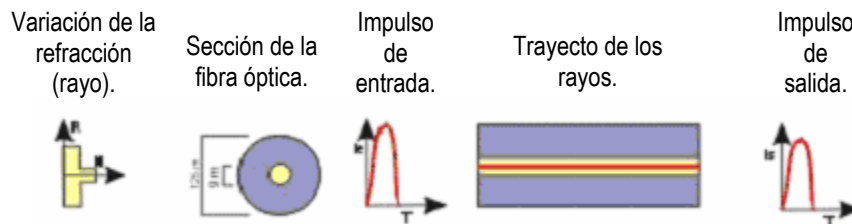


Figura 2.7.3.3-1. Propagación de los rayos en una fibra monomodo de índice escalonado.

Son fibras que tienen el diámetro del núcleo en el mismo orden de magnitud que la longitud de onda de las señales ópticas que transmiten, es decir, de unos 5 a 8 μm . Si el núcleo está constituido de un material cuyo índice de refracción es muy diferente al de la cubierta, entonces se habla de fibras monomodo de índice escalonado Figura 2.7.3.3-2. Los elevados flujos que se pueden alcanzar constituyen la principal ventaja de las fibras monomodo, ya que sus pequeñas dimensiones implican un manejo delicado y entrañan dificultades de conexión que aún se dominan mal.

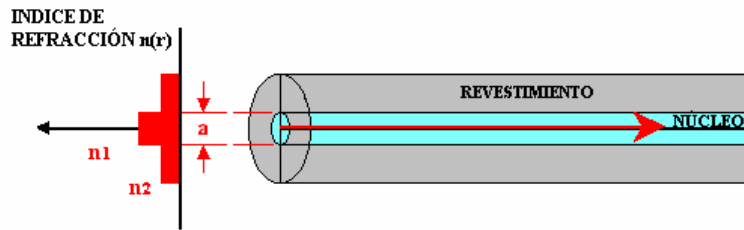


Figura 2.7.3.3-2. Fibra monomodo de índice escalonado.

2.7.3.4 Fibra multimodo de índice escalonado.

Las fibras multimodo de índice escalonado están fabricadas a base de vidrio, con una atenuación de 30 dB/km, o plástico, con una atenuación de 100 dB/km. Tienen una banda de paso que llega hasta los 40 MHz por kilómetro. En estas fibras, el núcleo está constituido por un material uniforme cuyo índice de refracción es claramente superior al de la cubierta que lo rodea. El paso desde el núcleo hasta la cubierta conlleva por tanto una variación brutal del índice Figura 2.7.3.4-1, de ahí su nombre de índice escalonado.

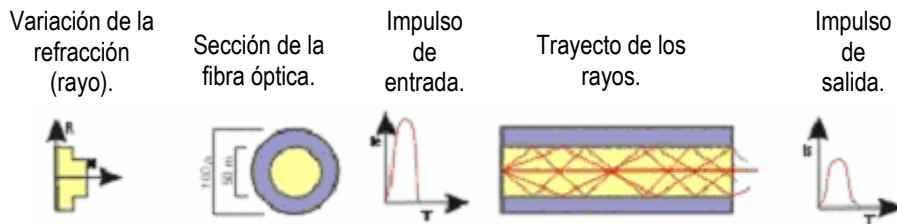


Figura 2.7.3.4-1. Propagación de los rayos en una fibra multimodo de índice escalonado.

2.7.3.5 Fibra multimodo de índice gradual.

Las fibras multimodo de índice de gradiente gradual Figura 2.7.3.5-1, tienen una banda de paso que llega hasta los 500MHz por kilómetro.

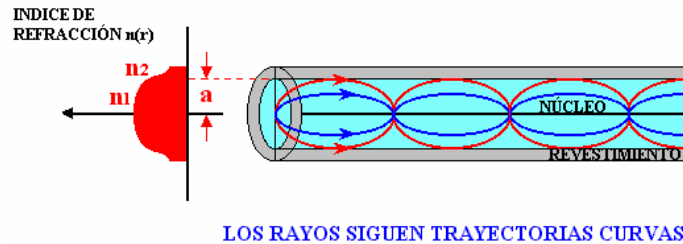


Figura 2.7.3.5-1. Fibras multimodo de índice gradual.

Su principio se basa Figura 2.7.3.5-2, en que el índice de refracción en el interior del núcleo no es único y decrece cuando se desplaza del núcleo hacia la cubierta. Los rayos luminosos se encuentran enfocados hacia el eje de la fibra, como se puede ver en el dibujo. Estas fibras permiten reducir la dispersión entre los diferentes modos de propagación a través del núcleo de la fibra.

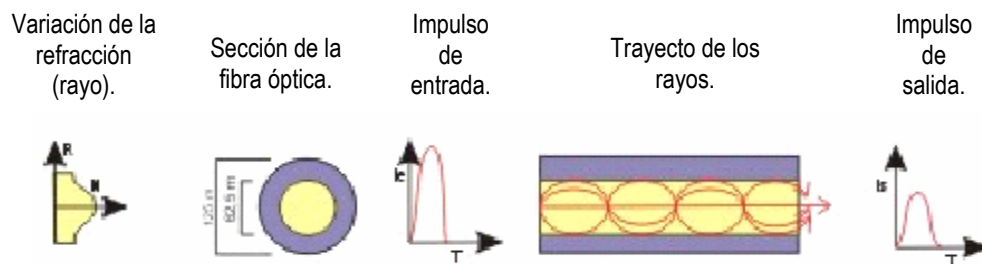


Figura 2.7.3.5-2. Propagación de los rayos en una fibra multimodo de índice gradual.

2.7.4 Ventajas y desventajas de la fibra óptica.

Ventajas:

- Insensibilidad a la interferencia electromagnética, como ocurre cuando un alambre telefónico pierde parte de su señal.
- Carencia de señales eléctricas en la fibra, por lo que no pueden dar sacudidas ni otros peligros, son convenientes por lo tanto para trabajar en ambiente explosivos.
- Livianidad y reducido tamaño del cable capaz de llevar un gran número de señales.
- Compatibilidad con la tecnología digital.
- Fácil de instalar.

Desventajas:

- El costo.
- Fragilidad de las fibras.
- Disponibilidad limitada de conectores.
- Dificultad de reparar un cable de fibras roto en el campo.

Ya una vez que conocemos las principales características de las líneas de transmisión, así como las líneas de transmisión existentes, entiéndase por éstas: cable coaxial, par trenzado, stripline, microstrip y fibra óptica, ahora se presentará la línea de transmisión por la cual ésta tesis fue llevada a cabo, pero como se necesita explicar más a detalle éste tipo de medio de transmisión para saber mejor su funcionamiento, así como los parámetros que se necesitarán tomar en cuenta para lograr un diseño exitoso, se abarcará el tema de guías de onda en el capítulo III.