

VI: Medios de comunicaciones

Por Alejandro Corletti (acorletti@hotmail.com)

1. Introducción:

Para poder transmitir una señal es necesario contar con un medio físico real que permita la propagación de la onda electromagnética. Al desplazarse esta onda, va sufriendo alteraciones durante su recorrido, justamente por encontrarse en un canal real y no ideal. Estas alteraciones son producto del ruido y la distorsión que se tratan a continuación.

1.1. Distorsión:

Es un fenómeno CAUSAL, no aleatorio, producido por la propia constitución de los circuitos eléctricos, que se establece a través del medio de comunicaciones a causa de las características *reactivas* de éstos. En términos prácticos, es una deformación de la señal respecto de la forma inicial que tenía.

Se puede definir como la deformación que sufre la señal eléctrica a causa de elementos del propio circuito (resistencias, condensadores o bobinas) o externos a él.

Se puede clasificar según las causas que la originan como:

- Distorsión por atenuación (la causa la impedancia)
- Distorsión por retardo de grupo (la velocidad en función de la frecuencia)
- Distorsión por efectos meteorológicos (por lluvia, polvo, etc.)

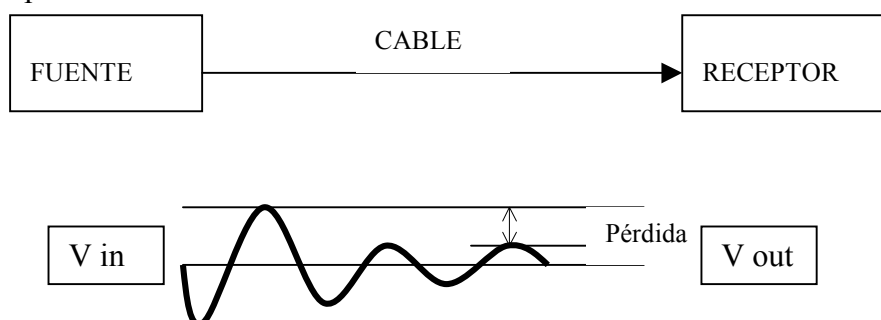
Atenuación

Es una pérdida de energía eléctrica en función de la resistencia del cable, que se aprecia en la disminución de la amplitud de la señal en función de la distancia recorrida por la misma.

Esta pérdida se expresa en decibeles (dB) y, a menor atenuación, corresponde mayor performance de calidad del medio. Así por ejemplo, cuando se compara la performance de 2 cables a una frecuencia en particular, un cable con una atenuación de 10 dB es mejor que uno con una atenuación de 20 dB.

La atenuación de un cable es determinada por su construcción, su longitud y las frecuencias de las señales que por él se transmiten.

Se caracteriza por la disminución de la intensidad de la señal útil a medida que la misma va recorriendo el medio de comunicaciones sobre el que es transportada la señal. Aumenta en forma proporcional a la distancia y va produciendo como efecto una reducción en la amplitud de la señal.



Impedancia

Como se trató anteriormente, la atenuación es función directa de la impedancia, esta es un tipo de resistencia que se presenta al flujo de corriente alterna. La característica de impedancia de un cable, es una propiedad compleja resultante de la combinación de efectos inductivos, capacitivos y resistivos del cable.

Estos valores están determinados por los valores de parámetros físicos tales como la medida de los conductores, distancia entre los mismos, y las propiedades del material dieléctrico.

Las propiedades de operación de la red, dependen de una característica constante de impedancia a través de los cables y conectores.

Los cambios en las características de la impedancia, llamados discontinuidades de impedancia o anomalías de impedancia, causan señales reflejadas, que pueden distorsionar las señales transmitidas por la LAN y consecuentemente producir fallas en la red.

La impedancia de un canal de comunicaciones se puede expresar a través de un número complejo Z , tal que resultará la expresión.

$$Z = R + j (WL - 1/WC)$$

donde R es la resistencia óhmica, la cual es directamente proporcional a un coeficiente propio de cada material, su resistividad, a la longitud e inversamente proporcional a su sección.

En rigor de verdad, en la impedancia actúan la resistencia, las reactancias capacitivas e inductivas, y su valor es función de su frecuencia.

1.2. Ruido:

Es un fenómeno CASUAL, que ocurre en forma aleatoria, debido a fenómenos tales como tormentas, emisiones radiales, etc.

El ruido, son señales eléctricas no deseadas que alteran la transparencia de las señales transmitidas en el cableado de la LAN.

Se define como toda señal o interferencia aleatoria no deseada que ya sea en forma **endógena** o **exógena** se introduce en el canal de comunicaciones, sumándose a la señal útil y produciendo también una deformación de la señal, aunque con otro origen.

Las señales distorsionadas por el ruido en la LAN pueden provocar errores en la comunicación de datos.

Su principal característica es su aditividad, pues suma su intensidad a la de la señal.

Se puede definir también como todo fenómeno que, adicionado a la señal que se está transportando desde la fuente, afecta la calidad de la información recibida en el colector.

El ruido es generado por cualquier dispositivo o generador de tensión variable. Una variación de tensión, genera un campo electromagnético variable, el cual transmite ruido a los dispositivos vecinos en el mismo sentido que un radiotransmisor transmite a su terminal. Por ejemplo, las luces fluorescentes que usan 50 o 60 HZ AC, continuamente irradian una señal de 50 o 60 Hz que puede ser recibida por dispositivos vecinos como un ruido.

Los tipos de ruido se clasifican en:

- Gaussiano o blanco (movimiento aleatorio de electrones)
- Impulsivo (Relay – corta duración)
- Intermodulación (muchas señales senoidales en dispositivos no lineales)
- Diafonía o crosstalk (inducción mutua)
- Ruido en línea o simple (por los 50 Hz)

2. Medios de comunicaciones:

2.1. Línea aérea de hilo desnudo:

Constituida por un par de hilos de cobre sin aislar, de diámetro entre 1.5 y 4mm. Situados en las crucetas de los postes. Se encuentran en zonas rurales y se usan para transmisión telegráfica y de voz. Normalmente son de cobre.

2.2. cable de pares trenzados:

El cable de pares se compone de conjuntos de pares conductores (enlazados) torsionados entre si, con pasos de torsión distintos en cada par para evitar cruces por diafonía.

El diámetro de los hilos está entre 0.32 y 0.91mm. Ahora se utiliza para transmisión de alta frecuencia en MDF y MDT para distancias medias y cortas

2.3. Cable de cuadretes:

Es un caso particular del caso anterior, en vez de enlazar 2 hilos se enlazan 4. Hay 2 tipos: el cuadrete en estrella y DM

Los cables de pares, cable de cuadretes en estrella y DM tienen un margen de utilización de frecuencia muy bajo, su frecuencia de utilización más alta es 300khz analógica, y si es digital se puede llegar a 4Mhz.

2.4. Cables trenzados de 4 pares.

Un par de cables trenzados es un par de alambres que se cruzan o trenzan entre sí para minimizar la interferencia electromagnética entre los pares de cables.

Cada par de cables conforma un enlace para transmisión de señales de datos completo. El flujo entre ambos cables es igual, pero de sentido contrario. Este flujo de corrientes produce campos electromagnéticos que pueden introducir ruidos a los pares vecinos. De todos modos, los campos correspondientes a cada par de cables tienen polaridades opuestas. Trenzando los cables entre sí, los campos magnéticos de cada uno se cancelan mutuamente, lo cual minimiza el ruido y/o la interferencia generada por cada par de cables.

Mediante 2 boletines técnicos (TSB 36: Especificaciones de cables y TSB 40: Equipos de interconexión, jacks, pacheras, etc), dividen al tipo de cable UTP [Unshield Twisted Pair] en tres categorías diferentes, según su ancho de banda (Aunque también ya está estandarizada la categoría 6 hasta 200 MHz).

Cat 3: Hasta 16 Mhz

Cat 4: Hasta 20 Mhz

Cat 5: Hasta 100 Mhz

El UTP Cat 5 es el que domina el mercado. Es un cable diseñado específicamente para la transmisión de datos y se basa en pares de alambres de cobre de 0,5 mm de diámetro, retorcidos mediante una hélice en sentido antihorario y una vuelta de 5 a 15 cm. (A mayor cantidad de vueltas por cm es de mayor calidad, pero también más difícil de manipular).

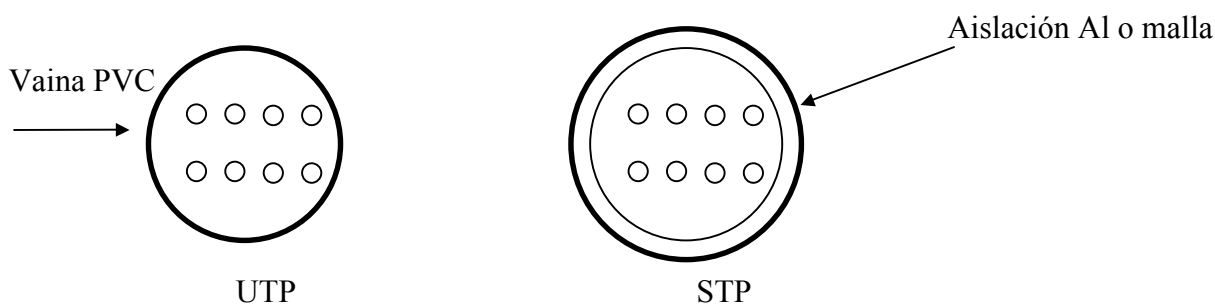
Este giro sobre sí mismo le permite eliminar tanto las componentes internas como externas de inducción y modulación cruzada, agrupando en el mismo cuatro pares diferentes. En un cable dado, cada par tiene un paso diferente del resto de los pares, y esto hace que un cable sea una unidad fabricada bajo estrictas especificaciones y no un simple conjunto de pares.

Esto mismo hace que su instalación deba ser más cuidadosa y considerar que no se puede tirar violentamente del mismo ya que variaría el paso de la hélice del roscado y por lo tanto la respuesta física del cable.

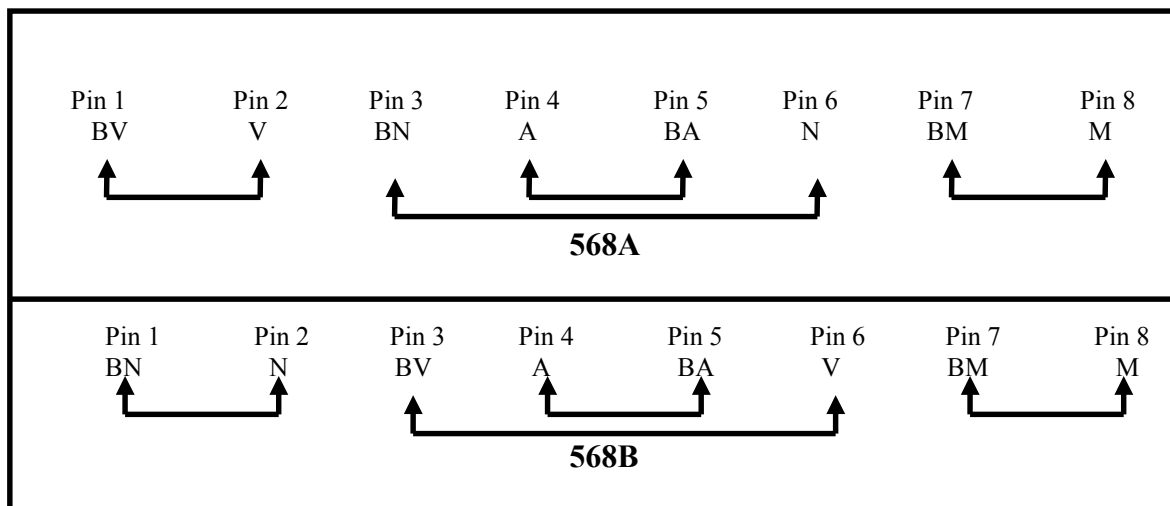
La impedancia característica del mismo es de 100 Ohms y la longitud máxima de cada segmento de 100 mts.

Para el caso de datos, de los cuatro pares posibles se usan 2, uno para transmisión y otro para recepción, quedando dos libres.

Una variación de este cable es el que se conoce como STP (shield twisted pair), que es el mismo cable anterior con un blindaje externo, generalmente un papel de aluminio. Si bien puede disminuir aun más la interferencia obliga a tener un sistema de masas donde en ningún caso existan más de 3 ohms entre los conectores y la masa del sistema.



Hay dos estándares de conexión de los pares de cables trenzados, según se muestra en la figura:



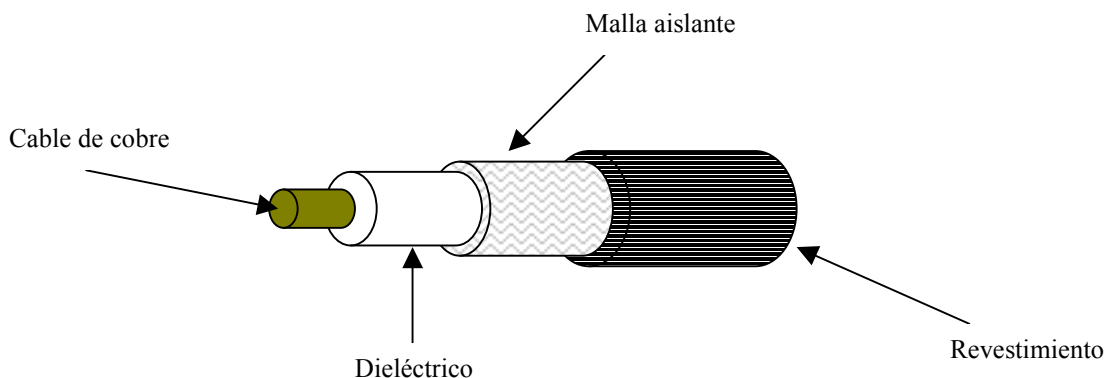
2.5. Cable coaxial

El cable coaxial consiste en un conductor recubierto en primer lugar por material aislante, luego por una malla conductora y finalmente por una cubierta de material plástico aislante flexible.

En las aplicaciones LAN, la malla es eléctricamente neutra, y sirve como una malla de protección interna de aislación de los ruidos del conductor. La malla también contribuye a eliminar las pérdidas de señal confinando la señal transmitida al cable.

El cable coaxial puede trabajar en un mismo rango de frecuencias, a mayor distancia que el cable par trenzado, pero en contraposición, es más caro.

El cable coaxial de 50 Ohms está “reconocido” por la norma, pero “**no se recomienda**”, y la puesta a tierra se convierte en obligatoria de acuerdo a las prescripciones de la norma ANSI / TIA / EIA 607, como parte integral del cableado de telecomunicaciones.



2.6. Fibra óptica:

2.6.1. Sistemas de transmisión de fibra óptica.

Para poder implementar la tecnología de transmisión por medio de luz, es necesario contar con todo un sistema diseñado para este uso, los componentes básicos del mismo son:

- a. Fuente óptica: Convierte la señal eléctrica en luz.
- b. El cable de fibra óptica que transporta la señal.
- c. El detector óptico que convierte la señal nuevamente a electrones.



Como fuentes ópticas se emplean comúnmente el diodo LED o LD de modulación directa, mientras que como detector óptico se emplean el ADP o el PIN – PD de alta sensibilidad y de respuesta veloz..

2.6.2. Características de la luz.

La luz se puede definir como el agente físico que ilumina objetos y los hace visibles, siendo emitida por cuerpos en combustión, ignición, incandescencia, etc. Desde el punto de vista físico, la luz es una radiación u onda electromagnética. El espectro electromagnético se extiende desde las ondas de radio hasta los rayos gamma. De todo este espectro, sólo una zona muy pequeña es detectable por el ojo humano, y es lo que se llama el espectro visible o luz visible.

Toda onda está caracterizada por dos parámetros fundamentales:

- La velocidad de propagación.
- La frecuencia.

La velocidad de propagación es la distancia recorrida por una señal en una unidad de tiempo. Toda onda electromagnética se desplaza en el vacío a 300.000 km/s. La frecuencia es el número de veces que la onda repite su período en un segundo; en el caso de la luz es del orden de varios cientos de billones de ciclos por segundo.

Otro parámetro a considerar es el de longitud de onda, que se refiere a la distancia que la señal viaja durante un período, es por esta razón que se mide en metros.

$$\lambda = C / f$$

- λ : Longitud de onda.
- C: Velocidad de propagación.
- f: Frecuencia.

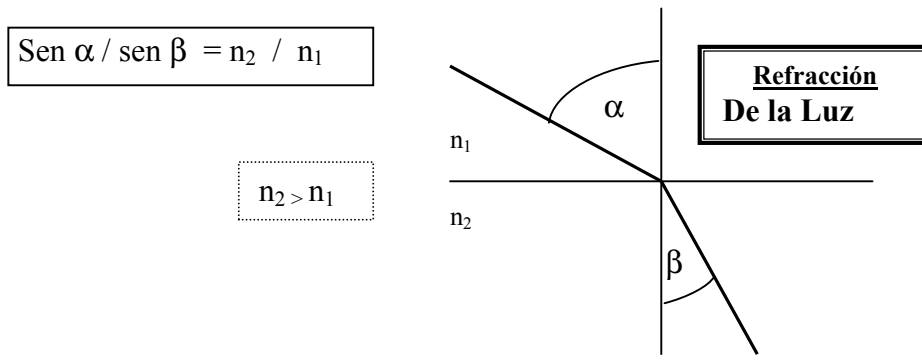
La idea de longitud de onda o de frecuencia dentro del espectro visible, se asocia a la idea de un determinado color de una determinada luz. Una luz de un color puro se llama monocromática. Si está compuesta por todos los colores, se llama luz blanca.

2.6.3. Propagación de la luz:

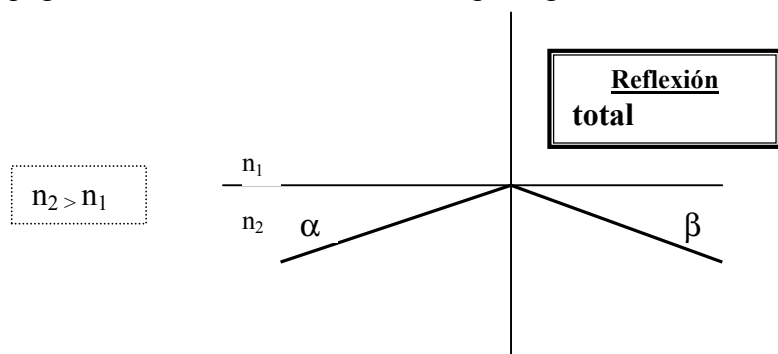
La luz se propaga en el vacío en forma rectilínea de acuerdo con lo que se denomina rayo o haz lumínico, en cualquier medio transparente cumple esta propiedad, siempre que la composición de ese material sea la misma en todo su recorrido. Todo medio físico opondrá resistencia al pasaje de una señal electromagnética, produciendo el efecto de disminuir su velocidad respecto al vacío. La relación entre la velocidad de la luz en el vacío y en un medio real se denomina índice de refracción.

2.6.4. Reflexión y refracción de la luz.

Al incidir una onda luminosa sobre una superficie plana divisoria de dos medios de índice de refracción diferente, su trayectoria se desviará acorde a la siguiente relación:



Como se puede apreciar, si se va incrementando el ángulo de incidencia desde n_2 a n_1 , llegará un momento en el cual, el ángulo α llegará a ser de 90 grados, siendo siempre β menor a este valor (si: $n_2 > n_1$). Superado este umbral, el haz de luz deja de pasar a la superficie n_1 , para producir el fenómeno denominado Reflexión total, en el cual la luz se propaga dentro del medio n_2 , con un ángulo igual al de incidencia.

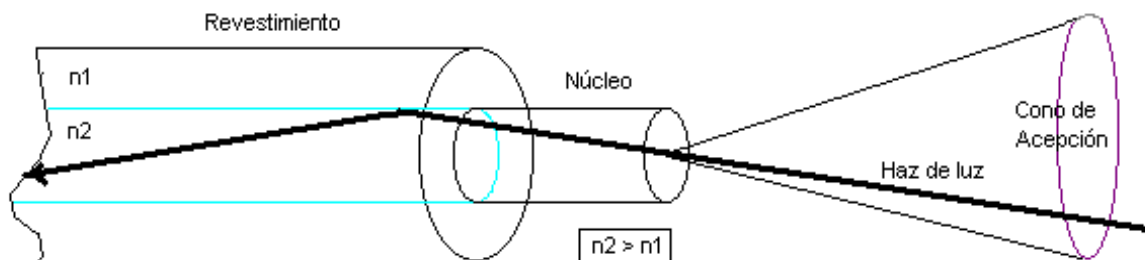


Si el ángulo de incidencia del haz de luz se mantiene inferior al valor descripto, la luz se reflejará dentro de la superficie n_2 . Al ángulo dentro del cual se produce la reflexión total se lo denomina Angulo de acepción o aceptación.

2.6.5. Fibra óptica (F.O.) (Descripción general).

La F.O. es un dispositivo de material dieléctrico (no conductor de c.e.) que es capaz de confinar y guiar la luz.

Las F.O. usadas en telecomunicaciones están formadas por dos cilindros concéntricos llamados núcleo y revestimiento con diferentes índices de refracción (n_1 en el revestimiento y n_2 en el núcleo), por medio de los cuales, si se ingresa un haz de luz dentro del cono de aceptación, se producirá una y otra vez el fenómeno de reflexión total, transportando de esta forma la señal. Los diámetros que se suelen emplear son $125\ \mu\text{m}$ para el revestimiento y desde los 9 a $62,5\ \mu\text{m}$ para el núcleo acorde al modo (a tratar más adelante).



2.6.6. Propiedades de la F.O:

Basados en los diferentes parámetros del material, es que se puede clasificar las F.O. en cuatro grupos acorde a diferentes propiedades:

a.	Propiedades Ópticas	a.1.	Perfil de refracción	a.1.1.	Monomodo
				a.1.2.	Multimodo
b.	Propiedades de transmisión	a.2.	Apertura Numérica		
		b.1.	Atenuación	b.1.1.	Intrínseca
				b.1.2.	Extrínseca
		b.2.	Ancho de banda		
c.	Propiedades geométricas	b.3.	Diámetro del Campo modal		
		b.4.	Long. de onda de corte		
		c.1.	Diámetro del revestimiento		
		c.2.	Diámetro del núcleo.		
d.	Propiedades físicas	c.3.	Concentricidad		
		c.4.	No circularidad		
		d.1.	Módulo de Young		
		d.2.	Carga de rotura		
		d.3.	Alargamiento en el punto de rotura		
		d.4.	Coefficiente de dilatación lineal		

2.7. Radiocomunicaciones:

Técnicas que permiten el intercambio de información entre dos puntos geográficamente distantes mediante la transmisión y recepción de ondas electromagnéticas.

Espectro de radiofrecuencias

Banda	Designación	Longitud de onda	Uso en comunicaciones
300m KHz – 3 MHz	MF	1 km – 100 m	Radiodifusión AM
3 MHz – 30 MHz	HF	100 m – 10 m	Onda corta (Radioaficionados)
30 MHz – 300 MHz	VHF	10 m – 1 m	TV – Radio FM - Radollamadas
300 MHz – 3 GHz	UHF	1 m – 10 cm	Microondas – TV
3 GHz – 30 GHz	SHF	10 cm – 1 cm	Microondas - Satélite

2.7.1. Naturaleza de las ondas de radio:

Cuando se aplica una potencia de radiofrecuencia a una antena, los electrones contenidos en el metal comienzan a oscilar. Estos electrones en movimiento constituyen una corriente eléctrica que produce la aparición de un campo magnético concéntrico al conductor y un campo electrostático cuyas líneas de fuerza son perpendiculares a las líneas de fuerza del campo magnético. Estos campos siguen paso a paso las variaciones de la corriente eléctrica que les da origen.

La velocidad de las ondas de radio que viajan en el espacio libre es igual a la velocidad de la luz es decir 300.000 km/s, y la relación entre longitud de onda y frecuencia está dada por la ecuación:

$$C = \lambda * f$$

C: Velocidad de la luz.

λ : Longitud de onda.

f: Frecuencia.

2.7.2. Propagación por onda terrestre:

En este caso las ondas se mantienen en contacto permanente con la superficie terrestre, como consecuencia de ello, el contacto con el terreno provoca la aparición de corrientes eléctricas que debilitan la señal original a medida que se aleja de la antena emisora. Este tipo de señal es poco empleada en transmisión de datos.

2.7.3. Propagación por onda espacial o Ionosférica:

Con excepción de las comunicaciones locales que pueden realizarse con onda terrestre, la mayoría de las comunicaciones comprendidas en la banda de 3 a 30 MHz (o HF) se efectúan por onda espacial.

Esta transmisión se basa en la capa de la atmósfera denominada Ionósfera, la cual en virtud de los rayos ultravioletas que chocan con los átomos de esta capa produciendo que algunos electrones salten hacia niveles mas externos, se encuentra con una gran presencia de iones positivos y electrones libres dependiendo su cantidad de la mayor o menor incidencia de los rayos solares.

Al llegar a esta capa ondas de radio provenientes de la Tierra, se produce un fenómeno de refracción que devuelve los mismos a la corteza terrestre. El comportamiento de la Ionosfera es informado permanentemente por laboratorios especializados a través de los mapas ionosféricos.

Esta técnica no es muy conveniente en la transmisión de información por la gran distancia que recorre y los ruidos que va sumando a lo largo de ella.

2.7.4. Propagación en línea recta o de alcance visual (o directo):

Esta transmisión como su nombre lo indica, implica el alcance visual de las antenas, lo cual, en virtud de la curvatura terrestre está bastante limitado. Se la emplea fundamentalmente en VHFy UHF. Un ejemplo de esta son las transmisiones de TV y FM.

2.8. Microondas:

Sistemas de telecomunicaciones que trabajan en UHF y aún más altas y utilizan el haz radioeléctrico como si fuera un rayo de luz para establecer un enlace punto a punto entre dos estaciones.

Se pueden clasificar en:

- **Analógicos:**
Estas fueron las primeras en emplearse y su empleo fue para telefonía y televisión. Ya no se fabrican más pero aún quedan muchas instaladas.
- **Digitales:**
Son los que en la actualidad acapararon el mercado de las microondas, emplean modulaciones multinivel y en cuadratura (QAM), y poseen un amplio ancho de banda, superando varios centenares de Mbps.

2.9. Comunicaciones satelitales:

Sistema de comunicaciones que emplea uno o más satélites para reflejar las ondas electromagnéticas generadas por una estación transmisora con el objeto de hacerla llegar a otra estación receptora. Generalmente ambas están situadas en puntos geográficamente distantes, sin alcance visual.

Los satélites empleados en telecomunicaciones son los llamados geoestacionarios es decir que se encuentran situados en un punto fijo respecto a la Tierra, pero en la actualidad se están desarrollando otros tipos de órbitas para telecomunicaciones, en especial las de baja altura para evitar las enormes distancias que actualmente recorren las señales.

Los satélites se clasifican en:

- **LEO (Low Earth Orbit):** Poseen órbitas elípticas que oscilan entre los 400 y 2.500 km de altura.
- **MEO (Medium Earth Orbit):** Poseen órbitas elípticas que oscilan entre los 4.000 y los 15.000 km de altura
- **GEO (Geostationary Earth Orbit):** Poseen órbitas circulares que giran en un punto fijo respecto a la Tierra, se encuentran a 36.000 km de altura.

Un satélite posee dos antenas, una receptora (Uplink) que recibe la información de la Tierra y una transmisora (Downlink) que refleja la señal cambiada de frecuencia para no interferirse mutuamente.

Según su uso pueden ser de cobertura global, hemisférica o direccional (spot).

Los transponder son los sistemas encargados de recibir la señal, cambiar la frecuencia, amplificarla y retransmitirla (también suelen incluir funciones de multiplexado/demultiplexado), cada transponder abarca un número fijo de canales. Los transponder manejan varios anchos de banda, siendo los más usuales 36, 70 y 140 MHz. El número de transponder varía según el tipo de satélite.

2.10. Guía de onda:

Medio apto para la transmisión de señales de longitud de onda micrométricas. Estas señales se emplean en los sistemas de comunicaciones que trabajan a frecuencias elevadas y en distancias cortas, principalmente para conexiones entre antena y equipo transceptor.

En general las guías de onda están fabricadas con tubos huecos de una longitud entre 5 y 15 m y con una sección acorde a la longitud de onda que se desea transmitir, que oscila entre 0,7 y 16 cm.

El material que se suele emplear es cobre para las longitudes de onda entre 3 a 9 mm y aluminio anodizado para longitudes de onda entre 10 a 25 cm.

2.11. Láser:

Equipos de telecomunicaciones que transmiten por medio de emisores que generan un haz de luz coherente (que podrá o no ser visible al ojo humano). Este haz convenientemente modulado permite transmitir señales de información entre dos puntos geográficamente distantes.

Su alcance estará limitado por la potencia de su haz de luz y por supuesto el alcance visual (máximo aproximado 10 km), se debe tener especialmente en cuenta que son sumamente vulnerables a todo aquello que afecte el haz de luz (Niebla, lluvia, polvo, etc.).

Respecto a las microondas y las transmisiones de radio, posee mucho mayor ancho de banda en distancias cortas, lo que lo hacen especialmente apto para interconexiones de redes LAN en ciudades.

2.12. Infrarrojos:

Este tipo de transmisión, se inició para interconexión de hardware a muy corta distancia (calculadoras, Palm, etc) y en la actualidad han evolucionado como un medio muy eficaz de implementación de redes LAN inalámbricas.