

Exp.	Explícito	Prefijo	Exp.	Explícito	Prefijo
10^{-3}	0.001	mili	10^3	1000	Kilo
10^{-6}	0.000001	micro	10^6	1000000	Mega
10^{-9}	0.000001	nano	10^9	1000000000	Giga
10^{-12}	0.000000000001	pico	10^{12}	1000000000000	Tera
10^{-15}	0.000000000000001	femto	10^{15}	1000000000000000	Peta
10^{-18}	0.000000000000000001	atto	10^{18}	1000000000000000000	Exa
10^{-21}	0.0000000000000000000001	zepto	10^{21}	1000000000000000000000	Zetta
10^{-24}	0.000000000000000000000001	yocto	10^{24}	1000000000000000000000000	Yotta

Table 1: Principales prefijos métricos.

0.1 Múltiplos y sub-múltiplos

Para evitar errores y confusiones en las unidades de medida, al igual que en todo sistema de medida aquí también se usa los múltiplos: También vale la pena señalar que para medir los tamaños de memoria, disco, archivos y bases de datos, en la práctica común de la industria las unidades tienen significados ligeramente distintos. Así, kilo significa 2^{10} (1 024) en vez de 10^3 (1 000), ya que las memorias son siempre una potencia de dos. Por ende, una memoria de 1 KB contiene 1024 bytes, no 1 000 bytes. Observe también que se utiliza una letra “B” mayúscula que significa “bytes” (unidades de ocho bits), en vez de una “b” minúscula que significa “bits”. De manera similar, una memoria de 1 MB contiene 2^{20} (1048576) bytes, una memoria de 1 GB contiene 2^{30} (1073741824) bytes y una base de datos de 1 TB contiene 2^{40} (1099511627776) bytes. Sin embargo, una línea de comunicación de 1 kbps transmite 1000 bits por segundo y una red LAN de 10 Mbps opera a 10000000 bits/segundo, ya que estas velocidades no son potencias de dos. Por desgracia, muchas personas tienden a mezclar estos dos sistemas, en especial con los tamaños de los discos. Para evitar ambigüedades, en este libro utilizaremos los símbolos KB, MB, GB y TB para 2¹⁰, 2²⁰, 2³⁰ y 2⁴⁰ bytes, respectivamente, y los símbolos kbps, Mbps, Gbps y Tbps para 10³, 10⁶, 10⁹ y 10¹² bits/segundo, respectivamente.

1. La capa física en redes de datos

Las propiedades de distintos canales físicos determinan el **desempeño**, como rendimiento, latencia y tasa de error. Existen 3 tipos de medios:

- Guiados: cables de cobre y fibra óptica.
- Inalámbricos: radio terrestre.
- Satélite

1.1 bases teóricas

Las bases teóricas que necesitamos saber son:

1.1.1 Análisis de Fourier

Definición 1.1 — Series de Fourier. Fourier demostró que cualquier función periódica de comportamiento razonable, $g(t)$ con un periodo T , se puede construir como la suma de un número (posiblemente infinito) de senos y cosenos:

$$y(t) = \frac{c}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \sin(2\pi nft) + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos(2\pi nft) \quad (1.1)$$

Donde:

- $f = \frac{1}{T}$: es la frecuencia fundamental.
- $a_n y b_n$: son las amplitudes de seno y coseno del n -ésimo **armónico**(término)

Además:

$$a_n = \frac{2}{T} \int_0^T g(t) \sin(2\pi nft) dt \quad b_n = \frac{2}{T} \int_0^T g(t) \cos(2\pi nft) dt$$
$$c = \frac{2}{T} \int_0^T g(t) dt$$

1.1.2 Señales de ancho de banda limitado

■ **Notación 1.1** Revisar la primera parte del inciso 2.1.2 del libro [tanenbaum2012computer].

El ancho de banda es una propiedad física del medio de transmisión que depende; por ejemplo, de la construcción, el grosor y la longitud de un cable o fibra óptica. A menudo se utilizan filtros para limitar el ancho de banda de una señal. El ancho de banda sigue siendo el rango de la banda de frecuencias que se transmiten, y la información que se puede transportar depende sólo de este

ancho de banda, no de su frecuencia inicial ni final.

Tener cuidado y no confundir entre **señales de banda base**: señales que van desde cero hasta una frecuencia máxima y **señales pasa-banda**: Las que se desplazan para ocupar un rango de frecuencias más altas. Para la **transmisión digital** es objetivo es con la suficiente fidelidad como para poder **reconstruir** la secuencia de bits original. Sería un desperdicio usar demasiados armónicos para recibir la misma señal que se puede obtener con los mínimos posibles.

Definición 1.2 — tasa de bits y armónicos. Si tenemos una tasa de bits de b bits/seg, el tiempo requerido para enviar los 8 bits por ejemplo, usando 1 bit a la vez, es de $8/b$ segundos, por lo que la frecuencia del primer armónico de esta señal es $b/8$ Hz. Una línea telefónica común, a menudo llamada **línea con calidad de voz**, tiene una frecuencia de corte introducida en forma artificial ligeramente mayor a 3000 Hz. Esta restricción significa que el número de armónicos más altos que puede pasar es de aproximadamente $3\,000/(b/8)$, o $24\,000/b$ (el corte no es muy abrupto).

R Puedes experimentar dos tipos de medida de anchos de banda: Para los ingenieros eléctricos, el ancho de banda (analógico) es (como lo describimos antes) una cantidad que se mide en Hz. Para los científicos de computadora, el ancho de banda (digital) es la tasa de datos máxima de un canal, una cantidad que se mide en bits/segundo. Esa tasa de datos es el resultado final de usar el ancho de banda analógico de un canal físico para transmisión digital.

1.1.3 Tasa de datos máxima

Definición 1.3 — Teorema de Shannon-Nyquist. Nyquist demostró que si se pasa una señal cualquiera a través de un filtro pasa-bajas con un ancho de banda B , la señal filtrada se puede reconstruir por completo tomando sólo $2B$ muestras (exactas) por segundo. No tiene caso muestrear la línea más de $2B$ veces por segundo, ya que los componentes de mayor frecuencia que dicho muestreo pudiera recuperar ya se han filtrado.

$$f_s \geq 2f_{max} \quad (1.2)$$

Se lee: *La frecuencia de muestreo tiene que ser por lo menos dos veces la frecuencia máxima de la señal a muestrear.* Además se tiene que para V niveles discretos, el teorema de Nyquist establece que:

$$\text{Tasa de datos máxima} = 2B \log_2 V \text{ bits/seg} \quad (1.3)$$

Por ejemplo, un canal sin ruido de 3kHz no puede transmitir señales binarias (de dos niveles) a una velocidad mayor de 6000 bps.

Los canales no son perfectos, por lo que suele tenerse en cuenta el ruido aleatorio que deteriora los análisis. Siempre habrá ruido térmico, así que este se mide con base a la relación:

Definición 1.4 — Relación señal a ruido-SNR. Es la relación en decibelios entre la potencia de la señal(S) y la potencia del ruido(N):

$$SNR = 10 \log_{10} \left(\frac{S}{N} \right) \quad (1.4)$$

El principal resultado de Shannon es que la tasa de datos máxima (o capacidad) de un canal ruidoso, cuyo ancho de banda es B Hz y cuya relación señal a ruido es S/N , está dada por:

$$\text{Número máximo de bits/seg} = B \log_2 (1 + S/N) \quad (1.5)$$

1.2 Medios de transmisión guiados

El propósito de la capa física es transportar los bits de una maquina a otra. Se agrupan, a grandes rasgos en **guiados**: cable de cobre y fibra óptica y **no guiados**: la transmisión inalámbrica terrestre, los satélites y los láseres a través del aire.

1.2.1 Medios magnéticos

El almacenamiento en cintas magnéticas• o **medio removibles**, transportarlos físicamente a la otra maquina y leerlos. Es el más antiguo servicio y de una forma sigue vigente. Es rentable en situaciones donde el ancho de banda o **costo por bit** transportado es clave. Tengamos 1 disco duro de 1Tb. En una caja grande pueden caber unas 100 unidades: por caja se pueden transportar 1000Tb. Transportar la caja de un lugar a otro depende del lugar, asumiendo que el transporte dura un día: nuestro ancho de banda efectivo sería de:

$$\frac{1000Tb}{86400seg} = 11.57 \times 10^9 \sim Gbp11.6Gbps$$

Mientras el tiempo es mejor, el ancho de banda crece. Esas velocidades aún no están disponibles y es un gran beneficio de esta forma pero a costa del volumen de discos duros. No estamos contando transporte que si se cotiza por mayoreo resulta económico: Cada disco duro cuesta \$200, en total gastaríamos $\$200 \times 100 = \20000 . Costo por envío que sea de \$200. Haciendo que el costo de envío de cada caja en total sea de \$20200. Cada Gygabyte costaría \$0.0202.

1.2.2 Par trenzado

Dos cables de cobre aislados de, por lo general, 1mm de grosor que estan entrelazados de forma helicoidal. Este entrelazamiento constituyen una antena simple, haciendo que las ondas de distintos trenzados se cancelen y el cable irradia con menos efectividad.

Se usa mayormente en sistemas telefónicos, se puede tender sobre varios kilómetros sin necesidad de amplificación pero se requerirá repetidores.¹

Sirven tanto para la información **digital como analógica**, su ancho de banda depende del grosor del cable y la distancia que recorre. EL tipo más usado es el **categoría 5**. Un par trenzado de cat5 consta de dos cables aislados trenzados. Por lo general se agrupan 4 de estos pares como en la fig. 1.2.

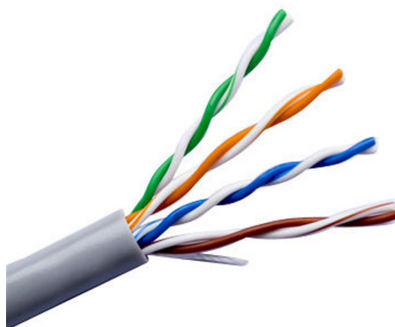


Figure 1.1: Cable UTP cat5 con 4 pares trenzados.

Hasta la categoría 6 son conocidos como **UTP**(par trenzado sin blindaje). Por el contrario los categoría 7 tiene blindaje para cada par trenzado, este reduce la susceptibilidad a interferencias externas y la **diafonía** con otros cables cercanos.

¹Tener en cuenta las diferencias entre un repetidor y un amplificador.

1.2.3 Caber coaxial

Poseen mejor blindaje y más ancho de banda que los pares trenzados sin blindaje, permite mayores distancias a velocidades más altas. Existen 2 tipos populares:

El de 50Ω usado generalmente para transmisión digital desde el inicio. Y esta el de 75Ω que es(generalmente) para transmisión analógica y tv por cable.

Un cable coaxial consiste en alambre de cobre rígido como núcleo, rodeado por un material aislante. El aislante está forrado de un conductor cilíndrico, que por lo general es una malla de tejido fuertemente trenzado. El conductor externo está cubierto con una funda protectora de plástico.

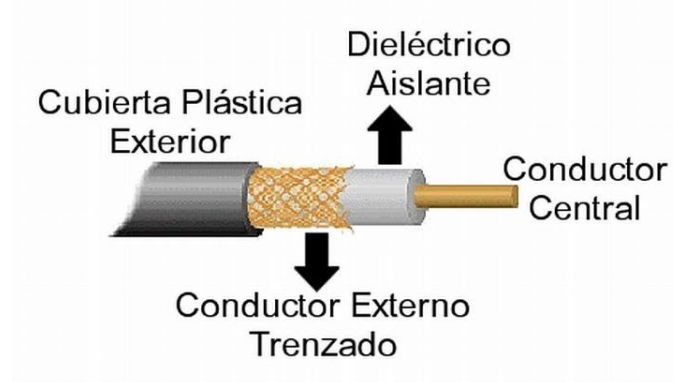


Figure 1.2: Cable coaxial

Las ventajas son un equilibrio entre alto ancho de banda(hasta GHz) e inmunidad al ruido. Se usan aún para la tv por cable y MAN.

1.3 Leyes de maxwell

1.4 Modelo electromagnético y las leyes de Maxwell