

## - **PARAMETROS DE CABLEADO DE COBRE**

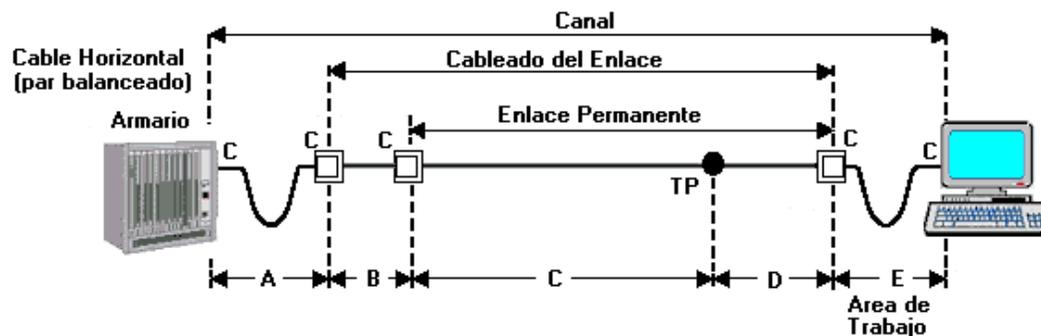
Las especificaciones de chequeo y certificación de cableados es regida por el ANSI/TIA/EIA-TSB-67. (Transmission Performance Specifications for Field Testing of Twisted-Pair Cabling System) de 1995.

La norma TSB-67 contienen las especificaciones con los procedimientos de medición y la certificación de enlaces de cableados UTP (cables y conexiones) Categoría 5 ya instalados regidos por la norma TIA-568A, y establece: (1) Los parámetros a medir y método de medición, (2) los límites de Pase/Falla o el criterio de cada parámetro de prueba, y (3) la exactitud y los requerimientos de los instrumentos de medición de las pruebas de campo (pruebas en situ).

Los parámetros primarios para las pruebas de campo de los enlaces UTP TIA categoría 5 (ISO-Clase D) son:

- 
- **Mapa de Cableado.**
- 
- **Longitud del segmento.**
- 
- **Atenuación**
- 
- **NEXT (Near-End Crosstalk) Intermodulación en el extremo cercano**
- 

La norma TSB-67 además define dos modelo de configuraciones de enlaces (link): El "*Canal*" (*CHANNEL*) y el "*Enlace Básico*" (*BASIC Link*). La figura define el concepto de Canal.

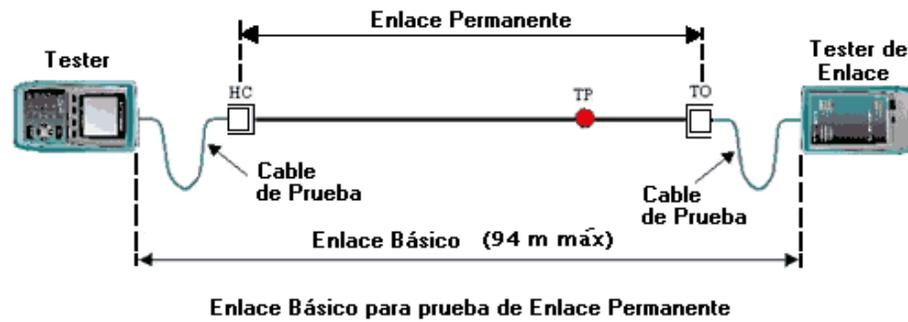


**Definición de CANAL, Enlace Permanente y Cableado del Enlace**

C: conector de roseta  
Máxima  $(C + D) \leq 90$  metros

TP: punto de transición opcional  
Máxima  $(A + B + E) \leq 10$  metros

- Longitud máxima del enlace = 100 metros



La distinción entre estos dos conceptos se debe a que el modelo del *Canal* define dos transiciones a cada extremo del enlace, e incluye todos los elementos de cable y conectores para permitir que el dato vaya desde un dispositivo a un extremo del enlace al otro dispositivo en el extremo opuesto; mientras que el *Enlace Básico* define una sola transición en cada extremo del enlace. El Enlace Básico es parte del Canal y excluye a los cordones de extensión desde la pared hacia el dispositivo, pero incluye los cables de prueba del instrumento de medición.

El *Canal* se aproxima más al enlace que interesa al usuario común. Los usuarios desean saber la eficiencia del enlace completo desde el concentrador ó HUB hasta la estación de trabajo o dispositivo de red, los cuales incluyen el cable de extensión (patch cable) desde la pared hacia el dispositivo en cuestión y no los cables de prueba del instrumento. El Canal estipula una longitud física máxima de 100 m para el cableado horizontal mas 4 conectores.

El *Enlace Básico* en la figura consiste de un segmento de cable "C" y "D" (el cableado horizontal desde la toma de la pared del terminal al dispositivo de conexión en el armario del Server) más los dos cables de prueba del instrumento, de dos metros. O sea, los instrumentos deben ser conectados a esos cables de prueba. La longitud máxima del Enlace Básico no debe superar los 94 m. Esta definición es establecida por el TIA 568A. La ISO 11801 AM2 no tiene en cuenta los cables de prueba para definir el enlace permanente estableciendo una longitud máxima del enlace permanente de 90 m.

Los parámetros requeridos por la norma TIA 568A que deben ser medidos en un enlace, son:

- **MAPA DE CABLEADO:**

La prueba del mapa de cableado asegura la adecuada conectividad del enlace. Este es un simple prueba de la continuidad, la cual debe asegurar que cada pin del conector de un extremo a otro del enlace este conectado al correspondiente pin en el extremo lejano, y que no hay conexión con cualquier otro conductor ó con el blindaje. La simple continuidad de los pines entre extremos no es suficiente. Además, la prueba del mapa del cableado es para asegurar que el enlace mantiene el adecuado apareamiento de conductores y no hay cables cruzados. Es importante que los cables trenzados estén conectados a los pines apropiados en ambos conectores.

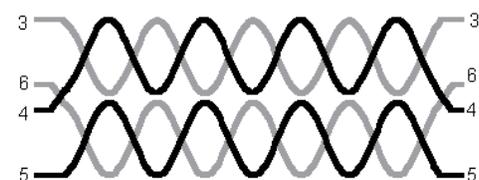
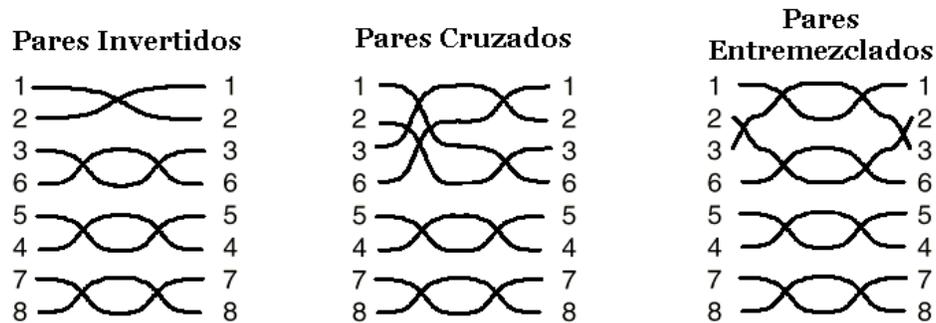


Figura: Error de Entre-mezclado

Si los pares trenzados están conectados a pines cruzados, ó a alambres de distintos pares, no habrá una adecuada comunicación. Un error de entre-cruzado ocurre cuando los pines de un conector que deben ser conectados a un par trenzado determinado son conectados en realidad a cables que pertenecen a dos pares distintos. La figura "Error de Entre-cruzado" muestra un ejemplo de ese error, que con la sola

prueba de continuidad pin a pin no indicaría el error, ya que esta nos dirá que la conexión es buena, pero este cable causará errores en la transmisión de datos debido a la excesiva alta intermodulación. Este tipo de defecto sólo es detectado por la medición del NEXT, ya que se presentará un valor de NEXT típicamente mayor a 22 dB limitando seriamente el ancho de banda disponible.



Ejemplos de errores de cableado en cables UTP/STP

La prueba de Mapa de cableado indica para cada uno de los 8 conductores del cable:

- 
- La conexión al pin correspondiente en cada extremo.
- 
- La continuidad con el extremo lejano.
- 
- Cortos entre cualquiera de dos o más conductores.
- 
- Pares cruzados.
- 
- Pares invertidos.
- 
- Pares entremezclados.
- 
- Cualquier otro error de cableado.
- 

La prueba de Mapa de cableado es una prueba fundamental, pero ella por sí sola no es suficiente para verificar el desempeño del ancho de banda para aplicaciones de alta velocidad.

Si las pruebas de mapa de cableado falla, revisar los dos extremos para detectar posibles errores de conexión y si la falla indica apertura o corto del conductor, use instrumentos detectores de longitud de defecto (corto o apertura) para determinar la posición de la falla.

- 
- Un par invertido ocurre cuando la polaridad de los conductores del par en un extremo está invertido en el otro extremo del enlace.
- 
-

- Un par cruzado ocurre cuando los dos conductores de un par están conectados a la posición correspondiente a otro par en el extremo remoto.
- 
- 
- Un par entrecruzado ocurre cuando la continuidad pin a pin entre extremos es correcta, pero los pares son físicamente diferentes.
- 

### • **LONGITUD DEL ENLACE.**

La longitud es definida como la longitud física del cable del enlace entre los conectores (Jack) que van conectados a la pared. La longitud eléctrica es la longitud del conductor de cobre. La longitud física es levemente menor a la longitud eléctrica debido al trenzado de los cables.

La medición de longitud es usualmente usada para encontrar cortos, circuitos abiertos o roturas. La determinación del exceso de longitud es más comúnmente usada en cables coaxiales que en UTP, pero los principios de medición son los mismos.

La medición de longitud es comúnmente realizada usando la técnica llamada TDR (Time Domain Reflectometry - Reflejometría en el dominio del tiempo). Para medir la longitud, el probador envía un pulso sobre un extremo del cable. Si no hay discontinuidad (corto, rotura o pobre conexión) o cambio de la impedancia, no hay reflexión de energía. Si ocurre alguna perturbación del cable, habrá una energía reflejada que es detectada por el probador.

Esta longitud de la discontinuidad del cable debe ser estimada por la medición de la longitud eléctrica, la cual esta basada en la medición del retardo de propagación del enlace y el valor del NVP del cable (Nominal Velocity of propagation- velocidad nominal de propagación). La NVP expresa la velocidad con la cual las señales eléctricas viajan en el cable relativa a la velocidad de la luz en el vacío. El NVP se expresa en porcentaje de la velocidad "c", por ejemplo 80% o 0.8 c. Todos los tipos de cables UTP/STP tendrán un NVP comprendido entre 0.6c a 0.9c. Cuando se mide el tiempo requerido por la señal para viajar por la longitud del enlace y volver, y además se conoce el NVP del cable, se puede calcular la longitud eléctrica del enlace.

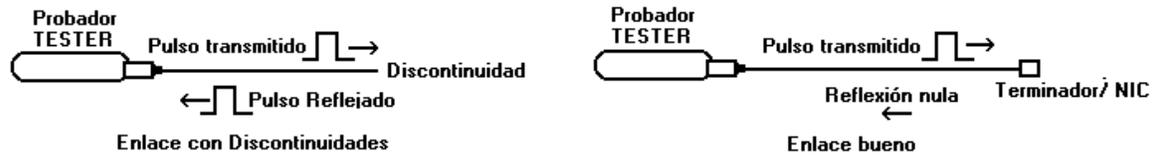
Por convención, la longitud es tomada del par de longitud eléctrica más corta. Debido al Delay Skew, la longitud de los cuatro pares a menudo pueden ser levemente diferentes. Esto es normal y no causa problemas, excepto si la diferencia es significativamente mayor a 10%.

El nivel de energía reflejada será proporcional a la magnitud del cambio de impedancia. Así, si el cambio es un circuito abierto o un corto producirá una gran reflexión, y si hay cambios menores tales como una pobre conexión, producirá una pequeña reflexión.

Es bastante difícil conseguir una precisión mayor al 2% con el TDR ya que entre pares diferentes de un mismo cable, el NVP puede variar entre un 4 al 6 %.

En el caso de medir la longitud total del enlace, se deja el extremo lejano abierto para poder medir la longitud total. La máxima longitud de un **Enlace Básico** debe ser de 90 metros, mas 4 metros de los cables de prueba de los instrumentos de prueba, para un total de 94 metros. La longitud total de un Canal no debe exceder 100 metros. Cuando se mide un **Canal**, los cables de extensión desde la pared al

dispositivo deben usarse para conectar los instrumentos de prueba. Los límites de Paso/Falla definido en la norma TSB-67 agrega un 10% extra a esa especificación de la longitud para la medición de la longitud eléctrica.



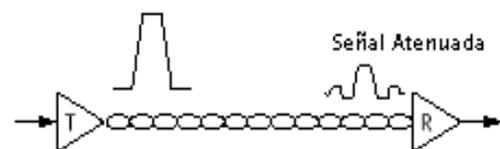
Al usar los instrumentos de medición de la longitud, seleccionar el valor de NVP correspondiente al cable usado. Internamente, los instrumentos tienen un listado de NVPs para diferentes cables, de modo que debe hacerse la selección adecuada para evitar errores de medición.

Las distancias máxima de los cableados Backbone recomendados son:

- Cable UTP (24 o 22 AWG) de 100 ohm, para transmisión de voz 800 metros
- 
- Cable UTP (24 o 22 AWG) de 100 ohm, para transmisión de datos 90 metros (UTP cat. 3 desde 5 a 16 MHz, cat. 4 de 10 a 20 MHz y cat. 5 de 20 a 100 MHz)
- 
- Cable STP de 150 ohm, para transmisión de datos y BW de 20 a 300 MHz 90 metros
- 
- Fibra Optica Multimodo de 62,5/125  $\mu\text{m}$  2.000 metros
- 
- Fibra Optica Monomodo de 8,3/125  $\mu\text{m}$  3.000 metros
- 

### • ATENUACION

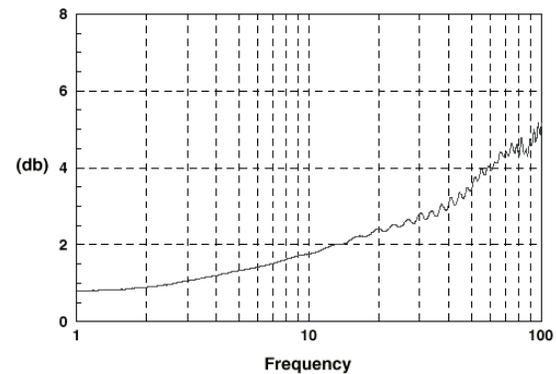
La atenuación es la medida de la reducción de la potencia de señal debido a la pérdidas a lo largo del cable de enlace expresada en decibeles cada 100 metros (**dB/m**). El valor de la atenuación es un valor negativo en dB, indicando este signo negativo, que ha habido una reducción de la amplitud de la señal generada por el transmisor. A menor valor (menos negativo), mejor será el cable. Para simplicidad, recuerde que cada 6 dB, indica un cambio del doble de la amplitud de la señal. Una atenuación de -6 dB indica una reducción a la mitad de la señal original. La atenuación depende de la frecuencia de la señal transmitida y debe ser medida sobre el rango de frecuencias aplicable, y además es proporcional a la longitud de cable; o sea a una frecuencia dada, la atenuación de 50 metros es la mitad que la



atenuación a 100 metros.

El efecto SKIN y la pérdida dieléctrica son los elementos que más influyen en la atenuación. El efecto Skin afecta debido a que a altas frecuencias, las señales eléctricas circulan por la superficie del conductor y no por el centro, o sea, no hay una densidad eléctrica uniforme de los electrones. Esto hace que aumente la resistencia del conductor ya que hay una reducción efectiva del área de conducción, aumentando la pérdida de señal que es proporcional a la raíz cuadrada de la frecuencia. Esto explica el aumento de la atenuación con la frecuencia.

La forma de la curva de la atenuación en función de la frecuencia es más suave que la que presenta el NEXT. También depende del diámetro del conductor de cada par y del tipo de conductor (cobre sólido o multihilos). Un conductor multihilo tendrá en general de 20 a 50% más atenuación que un conductor sólido.



La temperatura también puede afectar la atenuación en algunos cables. Los materiales dieléctricos usados para forrar los conductores y el cable absorben algo de la señal eléctrica, esto es especialmente cierto para cables con PVC como material aislante. El PVC contiene átomos de cloro los cuales son eléctricamente activos formando dipolos en los materiales aislantes. Estos dipolos oscilan en respuesta a los campos electromagnéticos circundantes, consumiendo parte de la energía transmitida por los pares, o sea, aumentando la atenuación del mismo. Los incrementos de temperatura hacen que los dipolos vibren con más facilidad, incrementando el consumo de energía y en consecuencia la atenuación.

En consecuencia, la atenuación debe ser especificada a 20°C.

Para enlaces de un *Canal* CAT 5, la atenuación necesita ser verificada en el rango de señales de 1MHz a 100 MHz en pasos máximos de 1 MHz.

Para enlaces de Cat. 3, el rango de frecuencias a chequear es de 1 a 16 MHz, y para la Cat 4 el rango es de 1 a 20 MHz.

TBS-67 define las fórmulas para calcular la atenuación permisible y da las tablas de valores permitidos para los **Enlaces Básico** y para el **Canal** en un enlace instalado. Estas tablas definen los valores de atenuación permisibles a 20 ° C ya que la atenuación se incrementa con la temperatura en un valor típico de 1.5% por grado Celsius para el cable Cat 3 y un 0,4% para la categoría 4 y 5. Además, la atenuación del enlace se incrementa en un 2 a 3 % si el cableado esta montado sobre un soporte metálico (cable canal o bandeja metálica ), pero la norma TSB-67 no aclara nada sobre este ultimo punto. El cableado bajo prueba debe cumplir los limites dados por la norma en su instalación normal y perramente, ya sea que este sobre el soporte o no.

El instrumento de medición debe identificar la atenuación en el peor de los casos para cada par trenzado, indicando si pasa o falla la prueba. El reporte de la certificación debe decir:

- Si pasa: la más alta atenuación obtenida en el rango de frecuencias de interés.
- Si falla: la atenuación obtenida, el limite de la prueba y la frecuencia a la cual las condiciones de falla

ocurren.

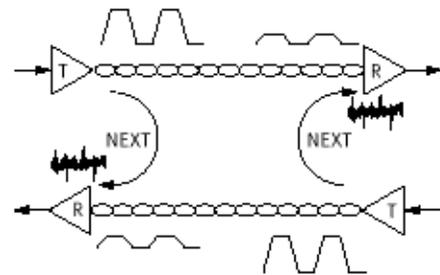
El instrumento puede opcionalmente reportar la atenuación por unidad de longitud (si la longitud es de 15 metros ó mayor) y chequear la atenuación promedio para la longitud del enlace.

El efecto de la atenuación es contabilizado en el receptor por la ecualización de la señal, la cual compensa la pérdida en el cable. Las señales de Ethernet, FastEthernet y el Gigabit Ethernet están sujetas a atenuación.

Una atenuación excesiva puede ser consecuencia de una excesiva longitud o pobres conexiones en los pines del conector. Para determinar el tipo de defecto, se compara la atenuación entre los pares. Si uno o dos de los pares presenta alta atenuación esto indica defecto de conexiones, y si todos dan alta atenuación, esto indica que la longitud del cable es excesiva o que el cable no cumple con la categoría correspondiente. Este límite de certificación esta basado en las propiedades físicas del cable y de los conectores.

- **Crosstalk** (medido en decibelios) es el ruido eléctrico en el cable inducido por cables, bobinas, motores o tubos fluorescentes cercanos.

- **NEXT (Near-end crosstalk)** es el ruido inducido por un par transmisor a un par receptor vecino en el extremo cercano debido al acoplamiento indeseado de señales de un par sobre otro par en el enlace UTP. Se puede ejemplificar si cuando hablamos por teléfono escuchamos otra conversación (está ligado). Es un factor crítico de eficiencia de los cables UTP, siendo el más difícil de medir en forma precisa, especialmente al aumentar la frecuencia. La norma TSB-67 especifica que el NEXT para la categoría 5 debe ser medida sobre un rango de frecuencias de 1 MHz a 100 MHz, para la categoría 3 en el rango de frecuencia de 1 MHz a 16 MHz, mientras para la categoría 4 debe medirse en el rango de 1 a 20 MHz. Para reducir la inducción de estos campos electromagnéticos se usan cables trenzados debido a que esto permite que los campos opuestos en el par se cancelen. A mayor trenzado, más efectiva será la cancelación y mayor velocidad de transmisión se podrá conseguir.



En muchos casos, el excesivo crosstalk es debido a pobres terminaciones en los puntos de conexión, los cuales deben identificarse si son todos los pares, o si es uno de ellos, o si es en ambos extremos del enlace. Si el defecto esta en un par y en un solo extremo, hay que rehacer la conexión en ese extremo. En los conectores, el trenzado debe ser de menos de 13mm.

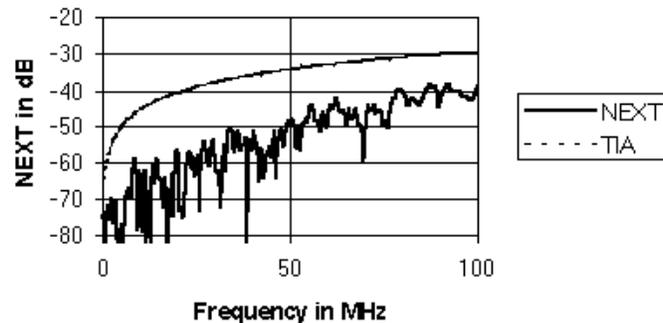
Si el Next es apreciable para todos los pares y extremos, es probable que el cable sea de una categoría menor a la especificada.

Otra causa de NEXT excesivo puede ser la presencia de cables entre-mezclados en las conexiones, lo cual puede ser identificado con la prueba de mapeo del cableado.

Otra posible fuente de problemas pueden ser los adaptadores hembras usados para extender la longitud del cable. Si este es el caso, reemplazar el cable con uno que tenga la longitud suficiente para evitar el uso de adaptadores.

Al hacer las mediciones hay que tener en cuenta la adecuada configuración del instrumento a medir, seleccionando de la lista interna, el cable correspondiente al del link analizado.

La figura muestra una curva típica *NEXT* como función de frecuencia. La forma irregular de esta curva hace intuitivamente obvia que la *NEXT* debe medirse en muchos puntos a lo largo del rango de frecuencias ya que los picos (que son el peor de los casos) no serían detectados de otro modo. Para eso, se fija un escalón ó salto máximo de frecuencias para hacer la medición del *NEXT*. La línea *TIA* indica el límite establecido por la norma.



La Pérdida *NEXT* debe medirse en cada extremo del par de cable trenzado respecto de los otros pares del enlace UTP. Esto equivale a 6 combinaciones para los cuatro pares de un enlace. Muchos instrumentos de certificación permiten seleccionar el mayor salto de frecuencias para acortar el tiempo requerido para hacer las pruebas de *NEXT*. Esto puede hacer que no se cumpla con lo establecido por las normas.

Algunos instrumentos usando técnicas de prueba digital, permiten mediciones precisas de *NEXT* con saltos de frecuencia de 100 kHz en el rango de frecuencia total con tiempos de medición de 20 segundos por enlace. Este reduce la necesidad de degradar la precisión de la medición para reducir los tiempos de medición.

La necesidad de medir el *NEXT* en ambos extremos del enlace se debe a lo siguiente:

Supongamos un **CANAL** con cable de 100 m el cual esta construido y conectado perfectamente (cable, conexión y conectores) con una sola excepción. Un extremo tiene un conector que presenta una mala conexión y por lo tanto intermodulación (crosstalk). Esta intermodulación es cuantificada como -24 dB (dBm??) a 62,5 MHz. Esto es inaceptable porque los conectores (hardware) deben tener un máximo de -44 dB a 62.5 MHz.

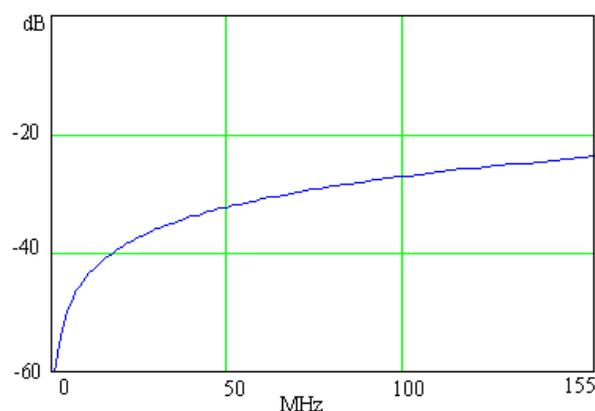
Cuando se mide el *NEXT* del par, en el extremo con el conector bueno, la prueba generalmente pasa.

Profundicemos un poco más. Supongamos que la atenuación del **Canal** para un estímulo de 62,5 MHz, sea de -10 dB, siendo aceptable porque la norma para esa frecuencia establece una atenuación del cable de -18,5 dB, pero en realidad la intermodulación se produce en el otro extremo (lejano). Esta señal inducida en el par en el extremo lejano, viajará de retorno al extremo cercano y será detectada por el instrumento durante la medición. Por lo tanto, el instrumento leerá una señal espuria de -44 dB, causada por -10 dB de atenuación a lo largo del canal en el extremo lejano -24 dB de la intermodulación en el conector defectuoso -10 dB más de atenuación debido al retorno de la señal por el canal, haciendo que el cable no pase las pruebas al no cumplir con las normas. En realidad, pare este caso particular, debido a las contribuciones y acoplamiento con los otros pares, la lectura en el extremo cercano será menor, y pasará la prueba.

Sólo al hacer la medición en el otro extremo se detectará la falla, al leerse los - 24 dB.

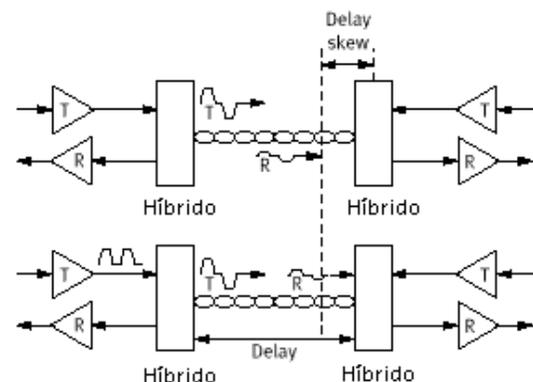
Los instrumentos de certificación deben identificar e indicar en el reporte de NEXT, el valor de NEXT, la frecuencia, los valores límites en los peores casos y el par que los produce. NEXT puede afectar tanto en 10/100 como 1000BaseT. El es evaluado por el uso de cancelación de NEXT. Gigabit hace uso de este efecto de cancelación de NEXT para minimizar el efecto, mientras que el FastEthernet no. El agregado del efecto de cancelación del NEXT en el Gigabit es una mejora al 10BaseT y al 100BaseT debido a que suministra inmunidad al ruido adicional.

TSB-67 define las fórmulas para el cálculo del NEXT y la tabla de valores permitidos para los peores casos para los Enlaces Básicos y Canal obtenidos de acuerdo a las propiedades físicas de los cables y conectores por debajo de los 100 MHz , pero como las características físicas son consistentes, se espera que la fórmula del Next del canal se extienda por arriba de los 100 MHz de acuerdo a la siguiente gráfica:



Límite de NEXT dado por el TSB87 extendido a 155 MHz por la ecuación A-9

- **DELAY** (Retardo) es el tiempo tomado por una señal para viajar a través de un medio comparado con la velocidad de la luz (NVP). Este parámetro es medido en nanosegundos y es afectado por la longitud del cable y afecta a todos modos de transmisión. El valor típico para un cable UTP categoría 5 es de 5,7 nseg por metro y se establece que no debe exceder de 1µseg para un enlace de 100 metros. En el modo efectuado en el Ethernet 1000BaseT, la transmisión se hace simultáneamente sobre cuatro pares de cables. Esas cuatro señales transmitidas, deberían llegar simultáneamente al otro extremo, pero por diversos motivos no llegan simultáneamente, en consecuencia, al ser sumadas en el receptor, estas señales presentan una distorsión. El **DELAY SKEW** (Retardo Diferencial) es la diferencia de retardo entre dos pares trenzados de cables. Los límites especificados del delay skew aseguran que las señales transmitidas divididas en 4 pares de cables puedan ser rearmadas tanto en Ethernet como en FastEthernet ó Gigabit Ethernet. Se especifica que el Delay Skew para el peor caso de un enlace de 100



metros debe ser inferior 50 nsegundos, prefiriéndose menor a 35 nseg.

• **SRL (Structural Return Lost/Return Lost - Pérdida de Retorno).** La Pérdida de Retorno Estructural SRL es una medida de la uniformidad de la impedancia del cable. Los cables no son contruidos perfectamente uniformes, y esas variaciones producen cambios en la impedancia del cable. Esos cambios de impedancia producen pérdidas por reflexión. El SRL es función del diseño y fabricación del cable. El SRL es expresado en dB, siendo mejor el cable cuanto mayor sea el valor de SRL.

La Pérdida de Retorno de un enlace es una medida de la discontinuidad de la impedancia relativa a un valor nominal (normalmente a 100 ohms en un UTP). Un enlace que tenga buen número SRL no necesariamente tiene un buen valor de Pérdida de Retorno ya que en esta última intervienen los conectores y uniones. La SRL/Pérdida de retorno no es demasiado importante en los cables de Categoría 5 pero si lo es en los 5e y 6.

Las pérdidas de retorno son causadas por la falta de uniformidad en la impedancia, la cual puede ser producida por cambios en el trenzado, distancias entre conductores, manipulación del cable, longitud del enlace, variación en los cordones patch, variación en el calibre del alambre de cobre, variación del espesor y composición del dialéctico, defectos de conexión de los conectores, etc. Además no todos los componentes de hardware tienen igual impedancia. En cualquier punto de conexión hay un potencial cambio de impedancia.

Cada cambio de la impedancia genera una reflexión de energía hacia el transmisor. Esta reflexión no es importante en 10BaseT y 100 BaseT, pero si lo es sistemas bidireccionales como el Gigabit 1000BaseT ya que ahora cada transmisor es a la vez receptor, esa señal reflejada puede ser interpretada por el receptor como una señal enviada por otro receptor, y producir confusión. Por eso ahora se esta calificando esta medición en cable de Categoría 5/Clase D, 5E y 6/Clase E. Las normas preliminares están fijando que para un Enlace Básico a 100 Mhz, la pérdida de retorno debe ser menor a 12 dB para la Cat. 5E y de 2 dB para la Cat. 6, pero estos valores son muy difíciles de conseguir en la práctica.

Debido a que para medir la pérdida de retorno se deben medir simultáneamente señales que van y vienen sobre el mismo par, se requiere equipo y técnicas especiales para realizar la medición. Para ello se debe usar un analizador de RED de RF, un acoplador direccional, y un balun (Transformador de RF adaptador de impedancias) conectados al par en cuestión. Este conjunto se lo denomina Medición S11. El acoplador direccional separa un muestra de las señales transmitidas y recibidas en el extremo del par que pasa por él, en dos puertos separados, los cuales son conectados al analizador. Este mide la energía de la señale transmitida (incidente) y de la reflejada y determina por diferencia la pérdida de retorno. El sistema tiene bastante error ya que los acopladores no son perfectos (la directividad no es completa) y los balunes tienen pérdidas internas, lo cual hace que los analizadores tengan que hacer correcciones matemáticas para compensar los efectos de los acopladores y balunes. Esta es la causa por la cual esta medición es difícil de hacerla con testeadores de campo.

Las organizaciones TIA, ISO e IEC todavía no fijaron los límites de referencia de este parámetro. Sólo recomendaciones previas se han dado para determinar si los enlaces pasan o no las condiciones. La siguiente tabla dá los valores recomendados.

|  |                                 |                                   |                                |
|--|---------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|
|  | <b>1 &lt; f &lt; 20<br/>MHz</b> | <b>20 &lt; f &lt; 100<br/>MHz</b> | <b>100&lt;f&lt;200<br/>MHz</b> |
|--|---------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|

|   |    |                      |                      |
|---|----|----------------------|----------------------|
| Categoría 5 - Enlace Básico<br>TSB-95 draft 10, 31/3/99   | 15 | $15 - 7\log(f/20)$   |                      |
| Categoría 5 - Canal<br>TSB-95 draft 10, 31/3/99   | 15 | $15 - 10\log(f/20)$  |                      |
| Categoría 5 Enlace Permanente<br>ISO/IEC JTC 1/SC 25/WG 3<br>Updated draft spec. Clases C, D,<br>E, F Feb '99 | 15 | $15 - 7 \log(f/20)$  |                      |
| Categoría 5E Enlace Básico<br>TIA 568A Addendum A5 (Cat.<br>5E) draft 10c, 31/3/99                            | 17 | $17 - 7 \log(f/20)$  |                      |
| Categoría 5E Canal<br>TIA 568A Addendum A5 (Cat.<br>5E) draft 10c, 31/3/99                                    | 17 | $17 - 10 \log(f/20)$ |                      |
| Categoría 6 Enlace Básico<br>TIA Cat. 6 Draft Revisión 3,<br>Ag/98  | 19 | $19 - 7 \log(f/20)$  | $19 - 7 \log(f/20)$  |
| Categoría 6 Canal<br>TIA Cat. 6 Draft Revisión 3,<br>Ag/98  | 19 | $19 - 10 \log(f/20)$ | $19 - 10 \log(f/20)$ |
| Categoría 6 Enlace Permanente<br>TIA 568A Addendum A5 (Cat.<br>5E) draft 10c, 31/3/99                         | 19 | $19 - 7 \log(f/20)$  | $19 - 7 \log(f/20)$  |

- Nuevos parámetros son agregados a la norma TSB-95 y TIA568A Addendum2 para extender el uso de cables UTP categoría 5 a la norma Ethernet 1000BaseT. Estos parámetros adicionales permiten evaluar el comportamiento de la categoría 5 de 1 a 1000 MHz requeridos por la GigaBit .

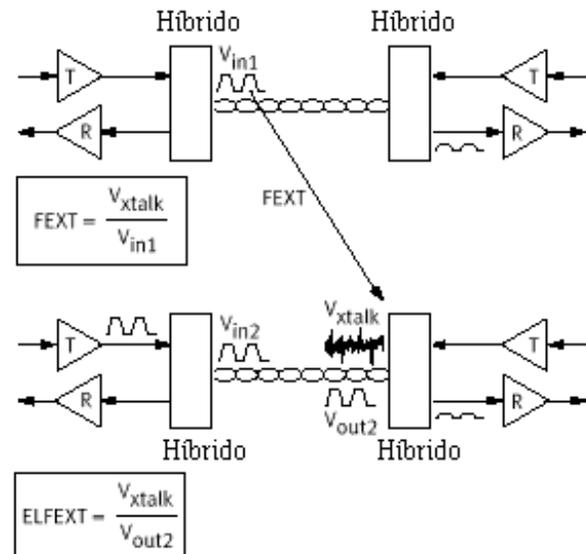
Para las Categorías 5e y 6 se requiere que estas categorías cumplan con los requisitos de los parámetros: Atenuación, Mapa de cableado, Longitud, Retardo (delay) de propagación, Delay Skew, NEXT, ELFEXT (par a par y suma de potencia) y Pérdida de retorno. Esas categorías deben trabajar a 100 MHz y 1000 MHz respectivamente. El agregado de los parámetros de **Pérdida de Retorno** y la Pérdida por intermodulación en el extremo lejano FEXT (Far-end crosstalk) esta relacionado a la diferente implementación de la señal que viaja por el segmento.

En la norma 10BaseT y 100BaseTX la señal es unidireccional, ó sea transmitida en una sola dirección y por un solo par. En contraste, en el modo 1000BaseT, las señales son transmitidas simultáneamente en ambas direcciones por el mismo par, o sea, la señal transmitida y la recibido por un nodo ocupan el mismo par.

La 1000BaseT usa señales bidireccionales en cuatro pares de cables (8 cables). La bidireccionalidad de la transmisión por un simple par es permitido por el uso de los llamados Híbridos. Los híbridos detienen la transmisión local en un par cuando se esta recibiendo otra señal, para evitar que se mezclen.

Las transmisiones bidireccionales en el mismo cable producen un eco. Este eco es un efecto combinado de la pérdida de retorno del cable y del funcionamiento del híbrido.

- **FEXT (Far-End Crosstalk - Intermodulación en el extremo contrario o lejano)** es el ruido inducido por un transmisor de un extremo (cercano) sobre el receptor del otro extremo (lejano) debido al acoplamiento no deseado de señales. En este caso, la señal se transmite desde un extremo y el crosstalk es medido en el otro extremo. Este Efecto debe ser medido en ambos extremos. FEXT puede ser un defecto importante en sistemas multipar con señales bidireccionales. Este es contabilizado por el uso de la cancelación. El FEXT no es una medición útil por sí misma, ya que depende de la longitud del cable, dado que el crosstalk es afectado por la atenuación debida a la longitud. Por eso dos links de cables iguales pero de distinta longitud tendrán distinto FEXT. EL link más corto tendrá un mayor FEXT (menor valor absoluto) que el del enlace largo. Por esa razón se usa el FEXT de igual nivel (ELFEXT).



- **ELFEXT (Equal Level Fan-End Crosstalk).** Igual nivel de intermodulación en el extremo lejano es definido como la medida del acoplamiento no deseado de señal de un transmisor en el extremo cercano sobre un par vecino medido en el extremo lejano relativo al nivel de señal recibida en ese extremo sobre el par correspondiente o transmisor. (nota 1). ELFEXT simplemente resta el efecto de la atenuación, de modo que el efecto es un resultado normalizado.

$$\mathbf{ELFEXT = FEXT (dB) - Atenuación (dB)}$$

Esto independiza este factor de la longitud del enlace y caracteriza al cable. El FEXT leído no tendrá en cuenta el efecto de la atenuación debido a la longitud y nos dará un factor que caracteriza al enlace pero no al tipo de cable. Por ejemplo, si se tiene un cable usado en dos enlaces de 50 metros y 100 metros.

Los valores de atenuación del primero (50 m) será de -45 dB y el FEXT de -11 dB. Para el enlace largo (100 m) se tendrá una atenuación de -54 dB y un FEXT de -20 dB. Como el ELFEXT obtenido debería ser igual porque caracteriza al cable y no al enlace, de modo que para comprobarlo, se calcula el ELFEXT

$$\mathbf{ELFEXT (50m) = -45 dB - (-11 dB) = -34 dB. \quad ELFEXT (100m) = -54 dB - (-20 dB) = -34 dB}$$

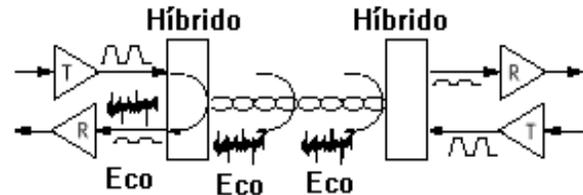
Lo cual demuestra el efecto de caracterización del tipo de cable.

En un cable de 4 pares, debido a que la atenuación es levemente diferente en cada par, se tendrá que por extremo se deberá tomar 12 FEXT (3 FEXT en cables vecinos por cada par (4 pares)), y en total para el enlace será de 24 FEXT para tomarse el peor caso como límite. La suma de todos los ELFEXT

determinan el PSELFEXT.

Si el ELFEXT es muy alto puede ser consecuencia de una atenuación o de un FEXT alto o de ambos. Los mismos problemas que generan el NEXT producen el FEXT, por lo cual las mismas precauciones para reducir el NEXT reducirán el FEXT y en consecuencia el ELFEXT.

- La **Pérdida de Retorno** (Return lost) es una medición de la energía reflejada causada por la desadaptación de impedancia en el cable. El eco es contabilizado por la cancelación del eco. Este efecto es usado en líneas telefónicas.



- **PSNEXT (Power Sum NEXT)** es actualmente un cálculo, no una medición. PSNEXT es derivado de una suma algebraica de los efectos NEXT individuales en cada par debido a los otros tres pares. El PSNEXT junto con el ELFEXT son importantes mediciones para calificar los cables que pretenden soportar 4 transmisiones simultáneas como lo exige el esquema Gigabit Ethernet. Se deben tomar 4 valores PSNEXT en cada extremo por link.

$$PSNEXT_i (\text{extremo}) = NEXT_{x-i} + NEXT_{y-i} + NEXT_{z-i}$$

El PSNEXT del par **i** es la suma de los NEXT que los pares **x, y, z** generan sobre el par **i**.

- **PSELFEXT (Power Sum ELFEXT)** es actualmente un cálculo, no una medición. PSELFEXT es derivado de una suma algebraica de los efectos ELFEXT individuales en cada par debido a los otros tres pares. El PSELFEXT junto con el ELFEXT son importantes mediciones para calificar los cables que pretenden soportar 4 transmisiones simultáneas como lo exige el esquema Gigabit Ethernet. Se deben tomar 4 valores PSELFEXT en cada extremo por link. En total, se tomarán 8 PSELFEXT por enlace.

$$PSELFEXT_i (\text{extremo}) = ELFEXT_{x-i} + ELFEXT_{y-i} + ELEEXT_{z-i}$$

El PSELFEXT del par **i** es la suma de los ELFEXT que los pares **x, y, z** generan sobre el par **i**.

- **ACR (Atenuation to Crosstalk Ratio)**. En un extremo del enlace, la señal transmitida por el otro extremo, será recibida en forma débil debido a la atenuación, pero en NEXT de este extremo será alto. El ACR es una figura de mérito del enlace y es la diferencia entre la atenuación del cable y el ruido de intermodulación del par en ese extremo. En esencia es la relación entre la amplitud de la señal recibida y la amplitud el ruido de intermodulación en ese extremo y par. O sea, a mayor ACR mejor característica presentará el enlace.

$$ACR = NEXT (\text{dB}) - \text{Atenuación} (\text{dB})$$

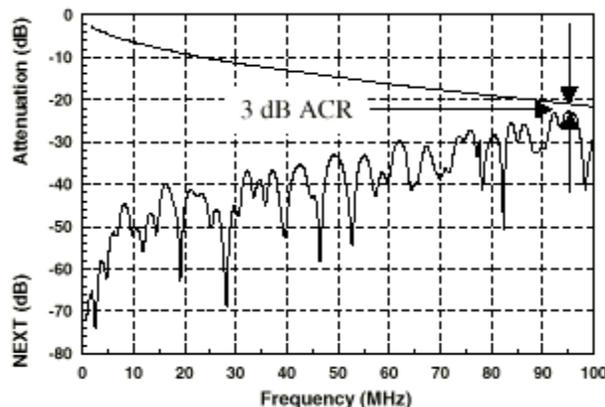
Para entender el concepto de ACR, supongamos un disertante que tiene que ser escuchado por una audiencia. El nivel de su voz, dependerá de la cantidad de ruido ambiente presente en la sala, a fin de que todos y cada uno de los oyentes oiga las palabras emitidas por él. Si la disertación se hiciese en una biblioteca, donde reina el máximo silencio, su voz sería baja para lograr su objetivo. Si la misma disertación si hiciese en una campo de football lleno de simpatizantes que entonan cánticos, él necesitaría levantar su voz muy alto para ser escuchado por los oyentes. La diferencia entre el nivel de

su voz y el nivel recibido por cada oyente es precisamente el ACR.

El ACR está especificado por el ISO y el IEEE pero no por la ATI 568A, aunque puede ser determinado de las mediciones de la atenuación y del NEXT. Como el NEXT en cada extremo y par puede ser muy diferente y en consecuencia el ACR diferente en cada extremo, se toma el ACR del peor caso.

Usando el PSNEXT y la atenuación puede calcularse el Power Sum ACR (PSACR).

- **BW Ancho de Banda.** El ancho de banda es una medida del rango de frecuencias usables por el enlace bajo prueba. En la mayoría de las redes, es la mayor frecuencia a la cual la señal de interés puede ser fácilmente distinguida del ruido de fondo. El BW puede determinarse encontrando la menor frecuencia a la cual el peor NEXT del enlace se diferencia de la atenuación en -3 dB. Observe la siguiente figura.



- En un cableado de pares trenzados se manifiestan señales enviadas por el transmisor, ruido externo generado y señales de intermodulación por despareamiento entre los pares.

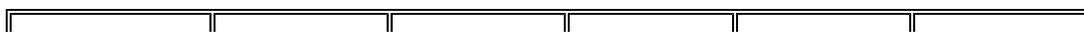


Para que el receptor detecte las señales correctamente, la intermodulación debe ser controlada. La relación de señal a ruido (SNR), la relación de intermodulación (típicamente llamado ruido) y la señal transmitida deben ser mantenidas dentro de ciertos valores para producir un aceptable tasa de error de bit (BER – Bit Error Rate).

## 7- CATEGORIAS DE CABLES

De acuerdo a las especificaciones que deben cumplir los cables y conectores para las distintas aplicaciones y tecnologías en las cuales participan, los entes normalizadores han clasificados los cables y conectores UTP en 7 categorías o clases según el Ente. El TIA clasifica el cableado del enlace en

CATEGORIAS, y el ISO/IEC y el CENELEC los clasifican en CLASES. En realidad hay una correspondencia entre las Categorías y las Clases. Así la categoría 1 corresponde con la Clase A, la 2 con la B, la 3 con la C, la 5 con la D, la 6 con la E, la 7 con la F. La categoría 4 y la 5E no tienen contrapartida en el ISO/.IEC-Cenelec.



|                  | <b>Categoría 3 / Clase C</b> | <b>Categoría 5 / Clase D</b> | <b>Categoría 5E</b> | <b>Categoría 6 / Clase E</b> | <b>Categoría 7 / Clase F</b> |
|------------------|------------------------------|------------------------------|---------------------|------------------------------|------------------------------|
| Ancho de Banda   | 16 MHz                       | 100 MHz                      | 100 MHz             | 200 MHz                      | 600 MHz                      |
| Tipo de Cable    | UTP                          | UTP/FTP                      | UTP/FTP             | UTP/FTP                      | SSTP                         |
| Tipo de conector | Modelo 8                     | Modelo 8                     | Modelo 8            | Modelo 8 Mejorado            | A determinar                 |
| Norma            | TIA-ISO-CENELEC              | TIA-ISO-CENELEC              | TIA                 | TIA-ISO-CENELEC              | TIA-ISO-CENELEC              |

- **Categoría 1 y 2:** Los cables de **categoría 1 y 2** se utilizan para voz y transmisión de datos de baja capacidad (hasta 4 Mbps). Este tipo de cable es el idóneo para las comunicaciones telefónicas, pero las velocidades requeridas hoy en día por las redes necesitan mejor calidad.

**Categoría 3:** Admiten frecuencias de hasta 16 MHz. Se suelen usar en redes Ethernet IEEE 802.3 10BASE-T a 10 Mbps, y IEEE 802.5 a 4 Mbps para redes Token-Ring 4 Mbps.

Esta categoría hace uso de tres pares trenzados para transmisión en half duplex y un cuarto par para detección de colisiones.

**Categoría 4:** Admiten frecuencias de hasta 20 MHz, y velocidades de 10Mbps para Ethernet 10BaseT y de 4 Mbps para Token-Ring. Al igual que la categoría 3, usa la misma configuración de cuatro pares trenzados.

**Categoría 5:** La norma que la especifica es ANSI/EIA/TIA-568-A (1995) y por ISO/IEC 11801:1995 Clase D ("Information Technology: Generic Cabling for Customer Premises").

Admiten frecuencias de hasta 100 MHz, siendo válido este cableado para las anteriores aplicaciones y para Ethernet 100BaseT con velocidades de 100 Mbps, y para aplicaciones como TPDDI (FDDI sobre par trenzado).

Hace uso de dos pares trenzados en transmisión de Full Dúplex, usando un par para la transmisión, y el otro para la recepción y detección de colisiones.

Físicamente consiste de 4 pares de alambres de calibre 24 AWG (0,50 mm) forrados con FEP (propileno-etileno fluorado) o con poliolefin termoplástico. La cubierta exterior consiste de PVC o fluoropolimeros.



Cada cable en niveles sucesivos maximiza el traspaso de datos y minimiza las cuatro limitaciones de las comunicaciones de datos: atenuación, crosstalk, capacidad y desajustes de impedancia.

La capacidad (medida en picofaradios por metro [pF/m]) es la distorsión de las señales eléctricas causada por cables de pares cercanos. A menor valor de pF/m, mejor será el cable.

Los desajustes de impedancia ocurren cuando la impedancia de una señal no se ajusta a la del

dispositivo de recepción. Es una medida de como las señales pueden pasar fácilmente a través de un circuito. Para comunicaciones más claras, la impedancia de la señal transmitida y recibida debe ser igual. La impedancia para los cables UTP debe ser de 100 ohms  $\pm$  15.

- **Categoría 5e** (Enhanced-Extendida): Es una extensión de la norma que especifica la categoría 5. Esta categoría especifica requerimientos de parámetros mas estrictos que la 100BaseT. La categoría 5e establece los límites mínimos de **Pérdida de Retorno** y el **ELFEXT**, que para la Cat.5 son sólo informativos. La **cat.5e** esta regida por la norma ANSI/TIA/EIA-TSB-95 (The additional Transmission Performance Guildelines for 100 Ohm – 4-pair Categoría Cabling), estableciendo los métodos de prueba de los componentes de conexión a nivel de componentes y los métodos de prueba.

Los parámetros que debe cumplir el UTP para encuadrarse dentro de la cat. 5e son: El Mapa de cableado, la Longitud de los segmentos, la Atenuación, el Retardo de Propagación, el Delay Skew, el NEXT y el ELFEXT (par a par y la Potencia suma) y la Pérdida de Retorno.

El rango de frecuencias de trabajo es extendido a 1 – 100 MHz.

Constructivamente es similar al cable de categoría 5 pero se toma especial cuidado en el diseño y construcción.

**Categoría 6:** La norma del cableado de Categoría 6 lo especifica para uso hasta 250 MHz. Esta categoría esta siendo analizada por el ANSI/TIA/EIA TR-42.7.1 por el ISO/IEC/SC25WG3.

La categoría 6 extiende el rango de frecuencias de trabajo a **250 MHz**, especificando un mínimo de ACR a 200 MHz que es aproximadamente igual al mínimo ACR del **Cat. 5** a 100 MHz.

Los parámetros requeridos son iguales a los especificados por la **Cat. 5e**.

En esta categoría, los conectores de 8 pines Jacks y Plug RJ45 deber estar diseñados como un par sintonizado o apareado para conseguir un alto nivel de desempeño en las pruebas de NEXT y FEXT. Si el usuario mezcla los conectores apareados, el enlace puede que no cumpla con los parámetros de la Cat 6.

Constructivamente consiste de 4 pares de conductores de cobre de 0,50 a 0,53 mm con cubierta FED. La cubierta exterior es igual a la usada en las categorías 5 y 5e. Se toma extremado cuidado en el diseño y armado del mismo, manteniendo la uniformidad del trenzado.

**Categoría 7:** La norma del cableado de Categoría 7 lo especifica para uso hasta **600 MHz** y construido con pares trenzados blindados individualmente (cada par) con un blindaje adicional sobre el conjunto de pares. También especifica el uso de terminadores conectados al blindaje del conector, lo cual implica un nuevo conector. Esta norma todavía esta en desarrollo y en estudio por parte del ISO/IEC/SC25 (International Standard Committee).

Esta categoría provee un efectivo ACR de 600 a 1200 Mhz. El blindaje individual da un fenomenal ACR. La norma que determina esta categoría establece condiciones mas estrictas para los conectores, lo cual hace que los actuales conectores 8 RJ45 no sean recomendados. Actualmente esta norma esta siendo desarrollada. A esta categoría también se los llama "SSTP" (Shielded-Screened Twisted Pair) Cables trenzados blindados individualmente, o PiMF



(Pairs in Metal Foil) pares en lámina metálica. Consisten de 4 pares de alambre de cobre de calibre AWG 22 o 23 con una cubierta de FEP. Los pares son rodeados individualmente por una lámina metálica delgada longitudinal o helicoidal seguido por un blindaje metálico trenzado. La cubierta exterior es de PVC o de fluoropolímeros.

#### **Cable FTP** : Foil Twisted Pair - Par Trenzado laminado.

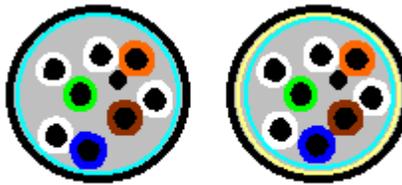
Este es un cable UTP que posee 4 pares trenzados de alambres de calibre 24 AWG (0,5 mm) cubiertos por un aislante FEP (propileno-etileno fluorado) y de un alambre desnudo extra y todo el conjunto cubierto por una lámina metálica en espiral y la cubierta aislante exterior de PVC, FRP o fluoropolímeros.

Este es un cable de Categoría 5 o 5E que suministra una mayor protección al EMI (Interferencia electromagnética) mejorando las características del ACR.

Existe una variante que da mayor protección al EMI al tener por sobre la lámina metálica de blindaje y debajo de la cubierta aislante exterior, una malla metálica de alambre trenzado. Esta variante se denomina

#### S-FTP (Shielded Foil Twisted Pair - Par Trenzado laminado con blindaje).

Evidentemente estos cables si bien cumplen con la categoría 5 y 5E, y tienen un desempeño mejor en ambientes hostiles o de alto ruido ambiental, su costo es mucho mayor al cable UTP estándar.



**FTP**

**SFTP**

### **8- NORMALIZACION DE PARAMETROS.**

Existen diversos entes que regulan y establecen de denominaciones de los parámetros y componentes de los enlaces de redes. Algunos de ellos actúan en el ámbito de USA solamente, otros en Europa y otros son internacionales. La siguiente tabla da un detalle de los más importantes.

| <b>Organización</b> | <b>Subcomité Específico</b> | <b>Area de Influencia</b> |
|---------------------|-----------------------------|---------------------------|
| EIA/TIA             | TR41.8.1                    | Norte América             |
| CENELEC             | TC 215 WG1                  | Europa                    |
| ISO/IEC             | ISO/IEC JTC1 SC25<br>WG3    | Todo el Mundo             |

|           |        |               |
|-----------|--------|---------------|
| IEEE      | 802.3x | Todo el Mundo |
| ATM Forum | PHY    | Todo el Mundo |

Las normas más comúnmente usadas para cableado son:

| NORMA            | Descripción   | Area de Influencia |
|------------------|---|--------------------|
| TIA TSB-67       | Especifica las pruebas finales requeridas para cables UTP instalados. | Norteamérica       |
| TIA TSB-95       | Amplía los requerimientos de la TSB-67 para la Cat 5                  | Norteamérica       |
| TIA 568A         | Cableado de telecomunicación de edificios comerciales                 | Norteamérica       |
| ISO/IEC IS11801  | Cableado Genérico   | Todo el mundo      |
| CENELEC EN 50173 | Cableado Genérico para tecnología Informática                         | Europa             |

EIA/TIA 568A requiere que todos los extremos UTP (en los conectores) estén apropiadamente trenzados hasta 0.5 pulgadas del conector.

Actualizaciones y extensiones de las normas para actualizarlas a las nuevas tecnologías han sido formuladas. La siguientes son algunas de esas actualizaciones:

- **TIA 568A Addendum #2:** Este estándar contempla parámetros requeridos para nuevas tecnologías como la Gigabit Ethernet, los cuales no estaban contemplados en las normas anteriores. Los 4 parámetros adicionales son: Pérdida de Retorno, ELFEXT, Retardo de Propagación y Retardo Skew.
- **TIA 568A Addendum #3:** Especificaciones adicionales de desempeño de transmisión para cables de categoría extendida 5e. Define mediciones adicionales tales como POWER Sum NEXT, Pérdidas de Retorno, ELFEXT, Power Sum ELFEXT, Retardo de propagación y Retardo Skew.
- **TIA PN#3727:** Este comité estudia las especificaciones para los cables categoría 6.
- **Ampliación de EN 50173:1998:** Esta norma fue realizada por el comité CENELEC TC215 y agrega definiciones de Canal y Enlace y da las mediciones aplicables a las Clases A-D (Categorías del 1 al 5) donde fuesen aplicables. Los parámetros son: Longitud, NEXT, Impedancia Nominal, Pérdida de Retorno, Atenuación, Retardo de propagación y Retardo Skew.

### Parámetros requeridos por cada categoría

|  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|

|                                       | <b>Cat, 5<br/>TBS 67-</b> | <b>Nueva<br/>Cat. 5 -<br/>TBS95</b> | <b>Cat 5E<br/>Add. #5</b> | <b>Cat. 6</b>        | <b>Cat. 7</b>        |
|---------------------------------------|---------------------------|-------------------------------------|---------------------------|----------------------|----------------------|
| <b>Rango de Frecuencias</b>           | <b>1-<br/>100MHz</b>      | <b>1-<br/>100MHz</b>                | <b>1-<br/>100MHz</b>      | <b>1-<br/>250MHz</b> | <b>1-<br/>600MHz</b> |
| <b>Mapeo</b>                          | Si                        | = Cat.5                             | = Cat.5                   | = Cat.5              | = Cat.5              |
| <b>Longitud</b>                       | Si                        | = Cat.5                             | = Cat.5                   | = Cat.5              | = Cat.5              |
| <b>Atenuación</b>                     | Si                        | = Cat.5                             | = Cat.5                   | 43%<br>mejor         | En est.              |
| <b>NEXT</b>                           | Si                        | = Cat.5                             | 41%<br>mejor              | 331%<br>mejor        | En est.              |
| <b>ACR</b>                            |                           | Si                                  | Si                        | Si                   | En est.              |
| <b>PSNEXT (PSUM NEXT)</b>             |                           |                                     | Si                        | 216%<br>mejor        | En est.              |
| <b>FEXT</b>                           |                           | Si                                  | Si                        | Si                   | En est.              |
| <b>ELFEXT</b>                         |                           | Si                                  | 5%<br>mejor               | 104%<br>mejor        | En est.              |
| <b>PSELFEX (PSUM<br/>ELFEX)</b>       |                           | Si                                  | =TBS 95                   | 95%<br>mejor         | En est.              |
| <b>Retardo (Delay)/Delay<br/>Skew</b> |                           | Si                                  | =TBS 95                   | =TBS95               | En est.              |
| <b>SRL / Pérdida de<br/>Retorno</b>   |                           | Si                                  | 26%<br>mejor              | 58%<br>mejor         | En est.              |

**Valores límites (CANAL) establecidos por las normas para la Cat 5, Cat 5E, y Cat 6 para UTP**

| Norma Propuesta | Parámetro de Transmisión   | Valor del Canal                                | Mejora sobre la norma precedente | Máxima frecuencia |
|-----------------|--|--|----------------------------------|-------------------|
| Nuevo<br>Cat 5  | NEXT @ 100 MHz<br>PSNEXT @ 100 MHz<br>Atenuación @ 100 MHz<br>ELFEXT @ 100 MHz<br>PSELFEXT @ 100 | 27.1 dB<br>NA<br>24.0 dB<br>17.0 dB<br>14.4 dB |                                  | 100 MHz           |

|                    |   |   |   |         |
|--------------------|---|---|---|---------|
|                    | MHz<br>Pérdida Retorno @<br>100MHz<br>Retardo<br>Propagación@10MHz<br>Retardo Diferencial   | 8.0 dB<br>555 ns<br>50 ns   |   |         |
| Cat 5<br>Extendida | NEXT @ 100 MHz<br>PSNEXT @ 100 MHz<br>Atenuación @ 100 MHz<br>ELFEXT @ 100 MHz<br>PSELFEXT @ 100<br>MHz<br>Pérdida Retorno @<br>100MHz<br>Retardo<br>Propagación@10MHz<br>Retardo Diferencial | 30.1 dB<br>27.1 dB<br>24.0 dB<br>17.4 dB<br>14.4 dB<br>10.0 dB<br>555 ns<br>50 ns | 3.0 dB<br>igual<br>0.4 dB<br>igual<br>2.0 dB<br>igual<br>igual                        | 100 MHz |
| Cat 6              | NEXT @ 100 MHz<br>PSNEXT @ 100 MHz<br>Atenuación @ 100 MHz<br>ELFEXT @ 100 MHz<br>PSELFEXT @ 100<br>MHz<br>Pérdida Retorno @<br>100MHz<br>Retardo<br>Propagación@10MHz<br>Retardo Diferencial | 39.9 dB<br>37.1 dB<br>21.2 dB<br>23.2 dB<br>20.2 dB<br>12.0 dB<br>555 ns<br>50 ns | + 9.8 dB<br>10.0 dB<br>- 2.8 dB<br>+ 5.8 dB<br>+ 5.8 dB<br>+ 2.0 dB<br>igual<br>igual | 250 MHz |

---

Siguiente

3er Módulo

Esta página fue diseñada y es mantenida por el [Ing. Pedro F. Perez - Ultima actualización Diciembre 2000](#)