

# **CCNA 1 v3.0 Módulo 6**

## **Fundamentos Ethernet**

**Docente: Mg. Robert Romero Flores**

# Objetivos

Los estudiantes que completen este módulo deberán poder:

- **Describir los principios básicos de la tecnología de Ethernet.**
- **Explicar las reglas de denominación de la tecnología de Ethernet.**
- **Definir cómo interactúan Ethernet y el modelo OSI.**
- **Describir el proceso de entramado de Ethernet y la estructura de la trama.**
- **Nombrar las denominaciones de los campos de Ethernet y su propósito.**
- **Identificar las características del CSMA/CD.**
- **Describir los aspectos claves de la temporización de Ethernet, espacio entre tramas y tiempo de**
- **Postergación después de una colisión.**
- **Definir los errores y las colisiones de Ethernet.**
- **Explicar el concepto de auto-negociación en relación con la velocidad y el duplex.**

# Objetivos

**Ethernet es ahora la tecnología LAN dominante en el mundo. Ethernet no es una tecnología sino una familia de tecnologías LAN que se pueden entender mejor utilizando el modelo de referencia OSI. Todas las LAN deben afrontar el tema básico de cómo denominar a las estaciones individuales (nodos) y Ethernet no es la excepción.**

# Introducción a Ethernet

La mayor parte del tráfico en Internet se origina y termina en conexiones de Ethernet. Desde su comienzo en la década de 1970, Ethernet ha evolucionado para satisfacer la creciente demanda de LAN de alta velocidad. En el momento en que aparece un nuevo medio, como la fibra óptica, Ethernet se adapta para sacar ventaja de un ancho de banda superior y de un menor índice de errores que la fibra ofrece. Ahora, el mismo protocolo que transportaba datos a 3 Mbps en 1973 transporta datos a 10 Gbps



**El éxito de Ethernet se debe a los siguientes factores:**

- **Sencillez y facilidad de mantenimiento.**
- **Capacidad para incorporar nuevas tecnologías.**
- **Confiabilidad**
- **Bajo costo de instalación y de actualización.**

**La idea original de Ethernet nació del problema de permitir que dos o más host utilizaran el mismo medio y evitar que las señales interfirieran entre sí. El problema de acceso por varios usuarios a un medio compartido se estudió a principios de los 70 en la Universidad de Hawai. Se desarrolló un sistema llamado Alohanet para permitir que varias estaciones de las Islas de Hawai tuvieran acceso estructurado a la banda de radiofrecuencia compartida en la atmósfera. Más tarde, este trabajo sentó las bases para el método de acceso a Ethernet conocido como CSMA/CD.**

**La primera LAN del mundo fue la versión original de Ethernet. Robert Metcalfe y sus compañeros de Xerox la diseñaron hace más de treinta años. El primer estándar de Ethernet fue publicado por un consorcio formado por Digital Equipment Company, Intel y Xerox (DIX).**

# Reglas del IEEE para la denominación de Ethernet

Velocidad	Método de señalización	Medio
10	BASE	2
100	BROAD	5
1000		-T
10G		-TX
		-SX
		-LX

La descripción abreviada consta de:

- Un número que indica el número de Mbps que se transmiten.
- La palabra "base", que indica que se utiliza la señalización banda base.
- Una o más letras del alfabeto que indican el tipo de medio utilizado (F = cable de fibra óptica, T = par trenzado de cobre no blindado).

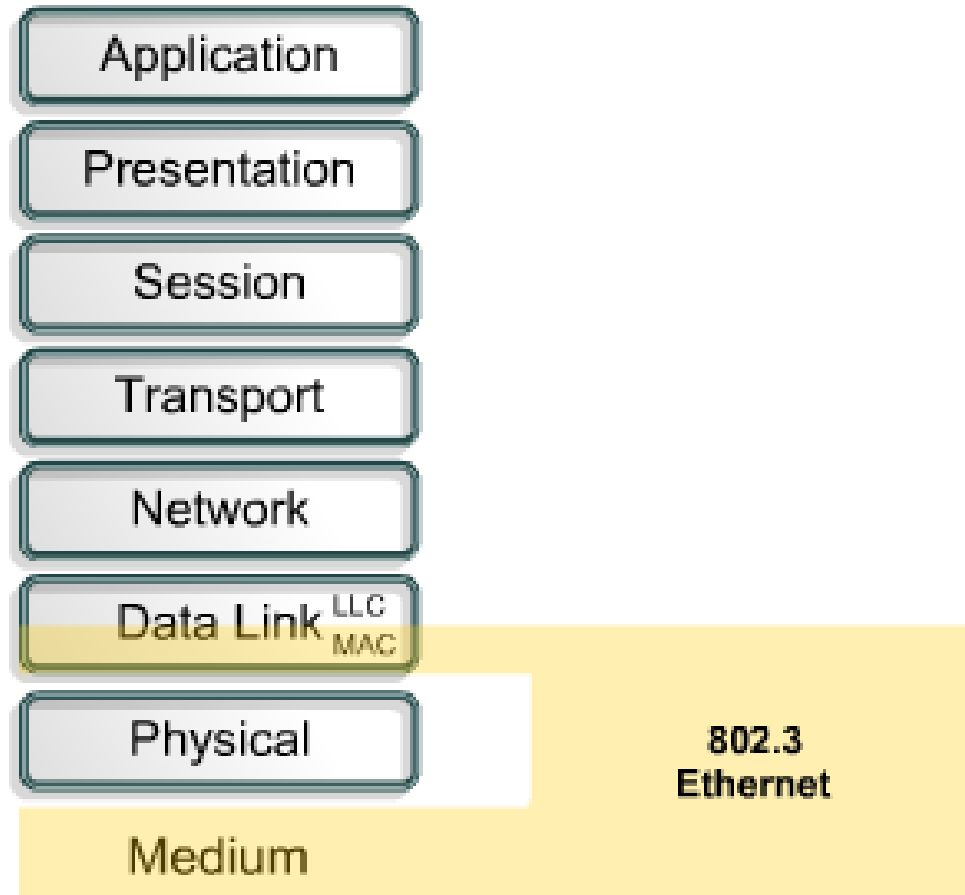
Las diferencias entre los dos estándares fueron tan insignificantes que cualquier tarjeta de interfaz de la red de Ethernet (NIC) puede transmitir y recibir tanto tramas de Ethernet como de 802.3. Básicamente, Ethernet y IEEE 802.3 son un mismo estándar.

**Una señal analógica, o señal portadora, es modulada por la data, y la señal portadora modulada es transmitida. En la radio difusión y en la TV por cable se usa la señalización de banda ancha. Una señal analógica (señal portadora) es modulada por la data y se transmite la señal portadora modulada. Las estaciones de radio y la TV por cable utilizan la señalización banda ancha.**

**El IEEE espera que se logre lo siguiente:**

- **Proporcionar la información de ingeniería necesaria para fabricar dispositivos que cumplan con los estándares de Ethernet.**
- **Promover que los fabricantes introduzcan innovaciones.**

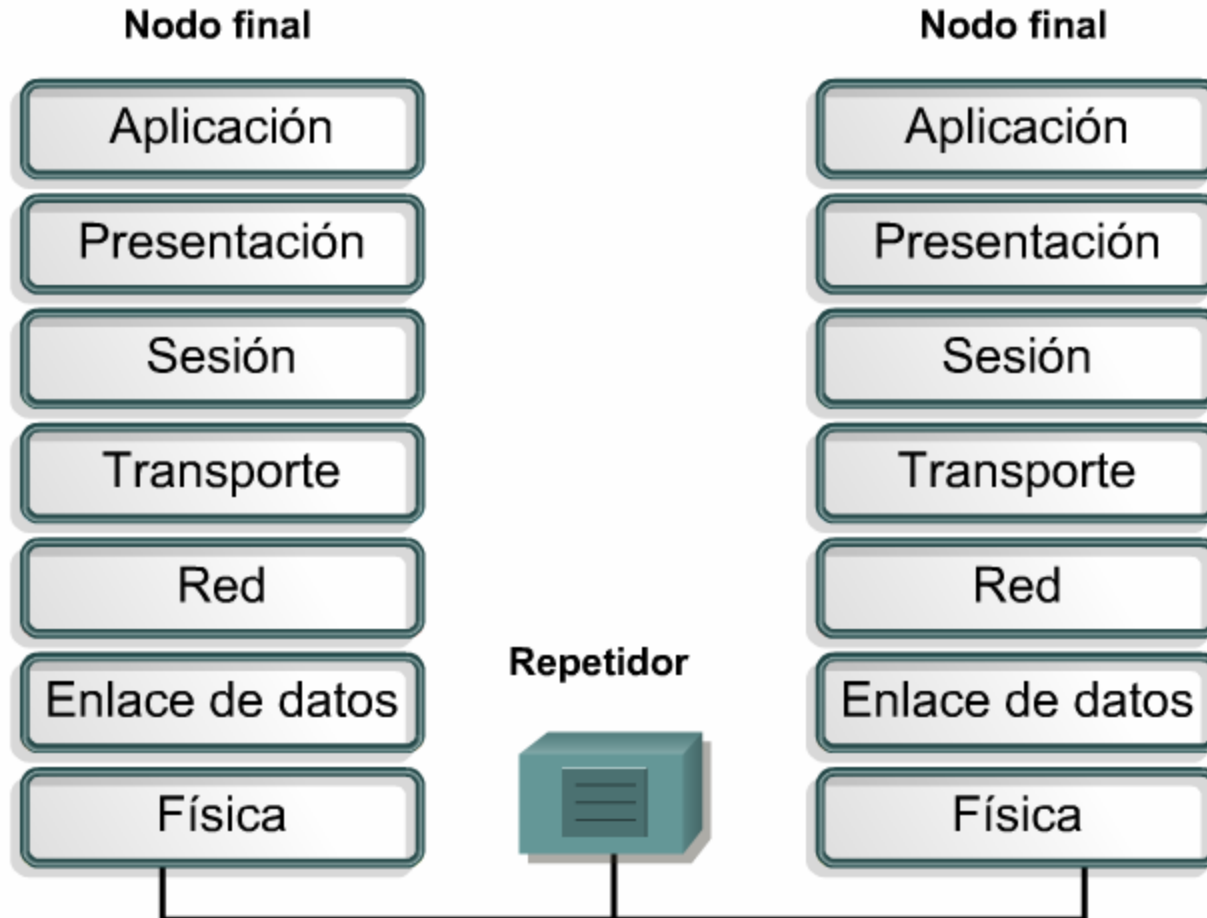
# Ethernet y el Modelo OSI



**Ethernet opera en dos áreas del modelo OSI, la mitad inferior de la capa de enlace de datos, conocida como subcapa MAC y la capa física**



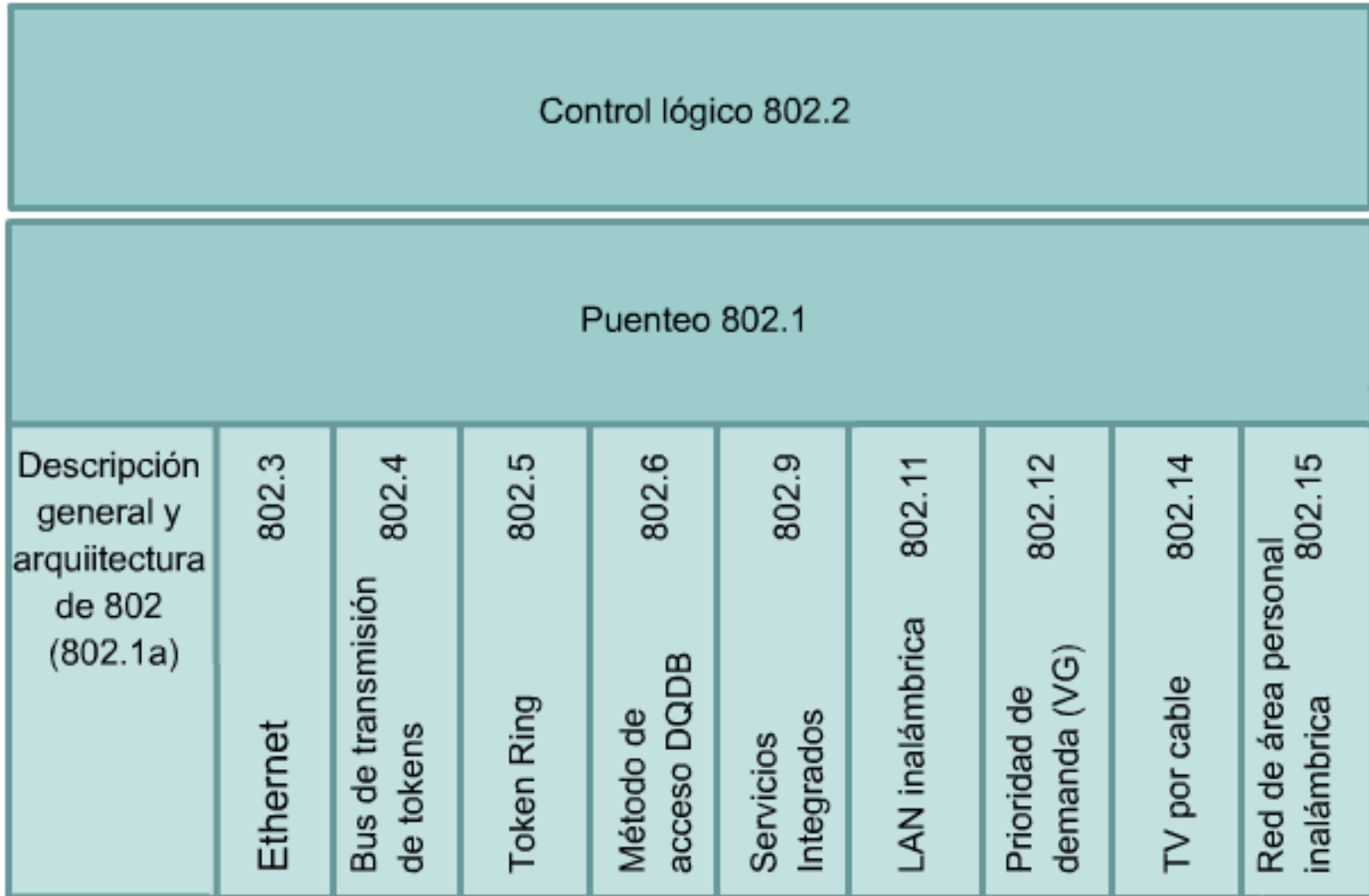
# Ethernet y el Modelo OSI



Los problemas que se originan en una parte del dominio de colisión generalmente tienen impacto en todo el dominio.

Las estaciones separadas por puentes o routers se encuentran en dominios de colisión diferentes

# Ethernet y el Modelo OSI



# Ethernet y el Modelo OSI

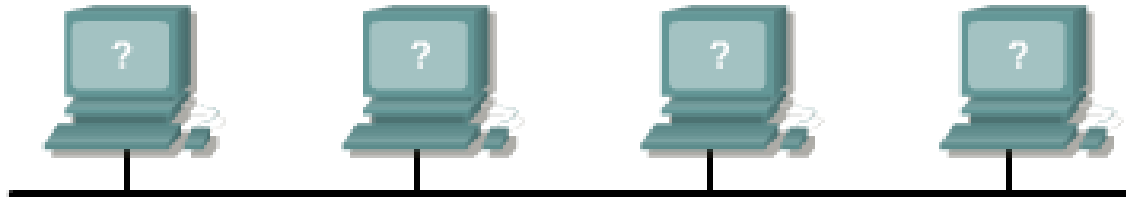
- La capa 1 no se puede comunicar con las capas de niveles superiores.
- La capa 2 hace esto con el Control de Enlace Lógico (LLC).
- La capa 1 no puede identificar computadoras.
- La capa 2 usa un proceso de direccionamiento.
- La capa 1 sólo puede describir corrientes de bits.
- La capa 2 usa el entramado para organizar o agrupar los bits.
- La capa 1 no puede descifrar cuál de los computadoras transmitirá los datos binarios desde un grupo en el que todos están tratando de realizar la transmisión al mismo tiempo.
- La capa 2 usa un sistema denominado Control de Acceso al Medio (MAC)

**Las subcapas de enlace de datos contribuyen significativamente a la compatibilidad de tecnología y comunicación con el computador. La subcapa MAC trata los componentes físicos que se utilizarán para comunicar la información. La subcapa de Control de Enlace Lógico (LLC) sigue siendo relativamente independiente del equipo físico que se utiliza en el proceso de comunicación**

# Ethernet y el Modelo OSI

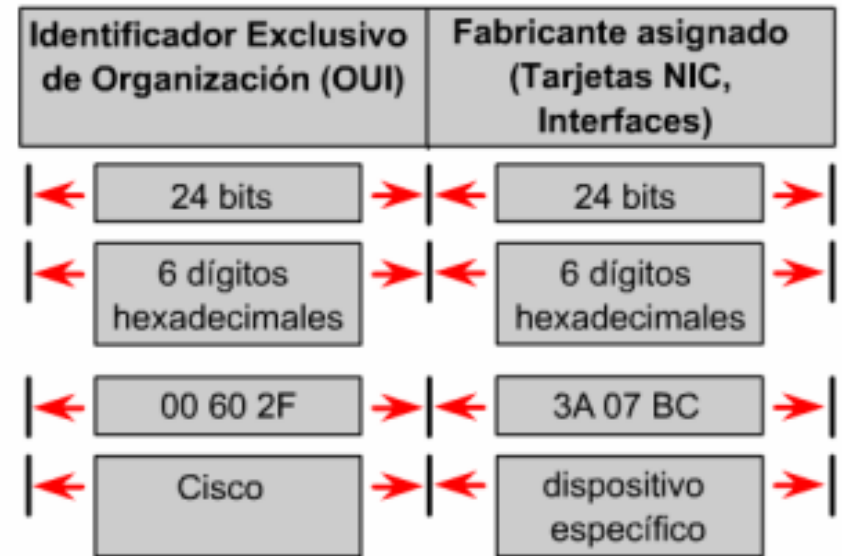
Subcapa de control de enlace lógico	
Control de acceso al medio 802.3	
<b>Subcapa de señalización física</b>	
<b>Medio físico</b>	
	10BASE5 (500m) 50 Ohm Coax N-Style
	10BASE2 (185m) 50 Ohm Coax BNC
	10BASE-T (100m) 100 Ohm UTP RJ-45
	100BASE-TX (100m) 100 Ohm UTP RJ-45
	1000BASE-CX (25m) 150 Ohm STP mini-DB-9
	1000BASE-T (100m) 100 Ohm UTP RJ-45
	1000BASE-SX (220-550m) MM Fiber SC
	1000BASE-LX (550-5000m) m) MM or SM Fiber SC

# Denominación



Para permitir el envío local de las tramas en Ethernet, se debe contar con un sistema de direccionamiento, una forma de identificar los computadores y las interfaces de manera exclusiva. Ethernet utiliza direcciones MAC que tienen 48 bits de largo y se expresan como doce dígitos hexadecimales. Los primeros seis dígitos hexadecimales, que IEEE administra identifican al fabricante o al vendedor. Esta porción de la dirección de MAC se conoce como Identificador Exclusivo Organizacional (OUI). Los seis dígitos hexadecimales restantes representan el número de serie de la interfaz u otro valor administrado por el proveedor mismo del equipo. Las direcciones MAC a veces se denominan direcciones grabadas (BIA) ya que estas direcciones se graban en la memoria de sólo lectura (ROM) y se copian en la memoria de acceso aleatorio (RAM) cuando se inicializa la NIC.

# Denominación



La NIC utiliza la dirección MAC para evaluar si el mensaje se debe pasar o no a las capas superiores del modelo OSI. La NIC realiza esta evaluación sin utilizar tiempo de procesamiento de la CPU permitiendo mejores tiempos de comunicación en una red Ethernet.

Todos los dispositivos conectados a la LAN de Ethernet tienen interfaces con dirección MAC incluidas las estaciones de trabajo, impresoras, routers y switches

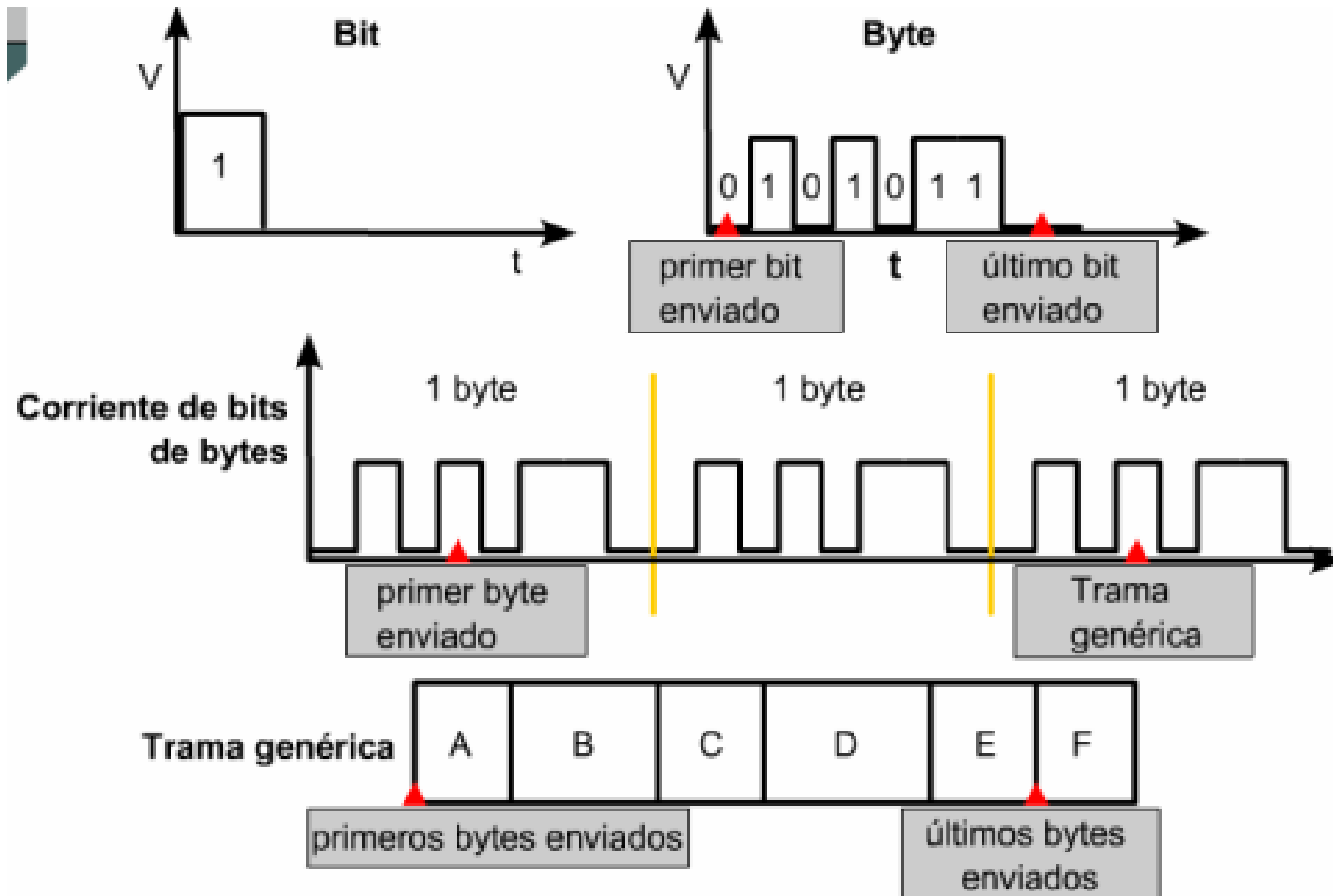
# Entramado de la Capa 2

El entramado ayuda a obtener información esencial que, de otro modo, no se podría obtener solamente con las corrientes de bits codificadas: Entre los ejemplos de dicha información se incluye:

- Cuáles son los computadores que se comunican entre sí
- Cuándo comienza y cuándo termina la comunicación entre computadores individuales
- Proporciona un método para detectar los errores que se produjeron durante la comunicación.
- Quién tiene el turno para "hablar" en una "conversación" entre computadores.

Se podría utilizar un gráfico de voltaje en función de tiempo para visualizar los bits. Sin embargo, cuando se trabaja con grandes unidades de datos e información de control y direccionamiento, los gráficos de voltaje en función de tiempo pueden volverse excesivamente grandes y confusos. Otro tipo de diagrama que se puede utilizar es el diagrama de formato de trama, que se basa en los gráficos de voltaje en función de tiempo. Estos diagramas se leen de izquierda a derecha, como un gráfico de osciloscopio. Los diagramas de formato de trama muestran distintas agrupaciones de bits (campos), que ejecutan otras funciones.

# Entramado de la Capa 2



A, B, C, D, E, F multiple, often many, bytes



# Entramado de la Capa 2

Nombres de campos				
A	B	C	D	E
Campo de inicio de trama	Campo de dirección	Campo de tipo/longitud	Campo de datos	Campo FCS

Quando los computadores se conectan a un medio físico, debe existir alguna forma de informar a los otros computadores cuando están próximos a enviar un trama. Las diversas tecnologías tienen distintas formas para hacerlo, pero todas las tramas, de cualquier tecnología, tienen una secuencia de señalización de inicio de bytes.

Todas las tramas contienen información de denominación como, por ejemplo, el nombre del computador origen (dirección MAC) y el nombre del computador destino (dirección MAC).

La mayoría de las tramas tienen algunos campos especializados. En algunas tecnologías, el campo "longitud" especifica la longitud exacta de una trama en bytes. Algunas tienen un campo "tipo", que especifica el protocolo de Capa 3 que realiza la petición de envío.

# Entramado de la Capa 2

Puede resultar necesario agregar bytes de relleno de modo que las tramas tengan una longitud mínima para los fines de temporización. Los bytes de control de enlace lógico (LLC) también se incluyen en el campo de datos de las tramas del estándar IEEE. La subcapa LLC toma los datos de protocolo de la red, un paquete IP, y agrega información de control para ayudar a entregar ese paquete IP al nodo de destino. La Capa 2 se comunica con las capas de nivel superior a través de LLC.

Todas las tramas y los bits, bytes y campos ubicados dentro de ellas, están susceptibles a errores de distintos orígenes. El campo de Secuencia de verificación de trama (FCS) contiene un número calculado por el nodo de origen en función de los datos de la trama. Entonces, esta FCS se agrega al final de la trama que se envía. Cuando el computador destino recibe la trama, se vuelve a calcular el número FCS y se compara con el número FCS que se incluye en la trama. Si los dos números son distintos, se da por sentado que se ha producido un error, se descarta la trama y se le puede pedir al origen que vuelva a realizar la transmisión. Debido a que la fuente no puede detectar que la trama ha sido descartada, se deben iniciar retransmisiones por un protocolo de capa superior orientado a conexión que provea control de flujo de datos. Usualmente se dan retransmisiones debido a que los protocolos, como TCP/IP, requieren que las estaciones envíen tramas de reconocimiento, ACK, dentro de un tiempo preestablecido.

- **Verificación por redundancia cíclica (CRC):** Realiza cálculos en los datos.
- **Paridad bidimensional:** Coloca a cada uno de los bytes en un arreglo bidimensional y realiza chequeos verticales y horizontales de redundancia sobre el mismo, creando así un byte extra, que resulta en un número par o impar de unos binarios.
- **Checksum (suma de verificación) de Internet:** Agrega los valores de todos los bits de datos para obtener una suma

# Estructura de la trama de Ethernet



Cálculo FCS							
Preámbulo	SFD	Destino	Origen	Longitud / Tipo	Datos	Relleno	FCS
7	1	6	6	2	46 a 1500		4

## Campos de tramas Ethernet IEEE 802.3

Octetos	Descripción
• 7	Preámbulo
• 1	Delimitador de inicio de trama (SFD)
• 6	Dirección MAC de destino
• 6	Dirección MAC de origen
• 2	Campo de longitud/Tipo (longitud si es menos que 0600 hexadecimal, de lo contrario tipo de protocolo)
• 46 a 1500	Datos* (si es menos de 46 octetos, se debe agregar un relleno al final)
• 4	Secuencia de verificación de trama (suma de comprobación CRC)

# Ethernet desarrollada por DIX antes de la adopción de la versión IEEE 802.3

Preámbulo	Destino	Origen	Tipo	Datos	Relleno	FCS
8	6	6	2	46 a 1500		4

Octetos	Descripción
• 8	Preámbulo (termina en el patrón 10101011, el 802.3 SFD)
• 6	Dirección MAC de destino
• 6	Dirección MAC de origen
• 46 a 1500	Datos* (si es menos de 46 octetos, se debe agregar un relleno al final)
• 2	Campo de tipo
• 4	Secuencia de verificación de trama (suma de comprobación CRC)

Si el valor de los dos octetos es igual o mayor que el de 0x600 (hexadecimal), 1536 (decimal), entonces el contenido del campo de Data es codificado de acuerdo al protocolo indicado

# Estructura de la trama de Ethernet

- Estándar presentado por DIX.
- Usado por las redes TCP/IP
- Usa el campo de Tipo para determinar el protocolo de la capa superior.
- Ejemplos de tipo:
  - 0x0806 = ARP
  - 0x0800 = IPv4

# Estructura de la trama de Ethernet

## IEEE 802.3

7	1	6	6	2	46 to 1500	4
Preamble	Start of Frame Delimiter	Destination Address	Source Address	Length/Type	802.2 Header and Data	Frame Check Sequence

## Ethernet

8	6	6	2	46 to 1500	4
Preamble	Destination Address	Source Address	Type	Data	Frame Check Sequence

# Ethernet Frame Fields

**El Preámbulo** es un patrón alternado de unos y ceros que se utiliza para la sincronización de los tiempos en implementaciones de 10 Mbps y menores de Ethernet. Las versiones más veloces de Ethernet son síncronas y esta información de temporización es redundante pero se retiene por cuestiones de compatibilidad

10101010 10101010 10101010 10101010 10101010 10101010 10101010



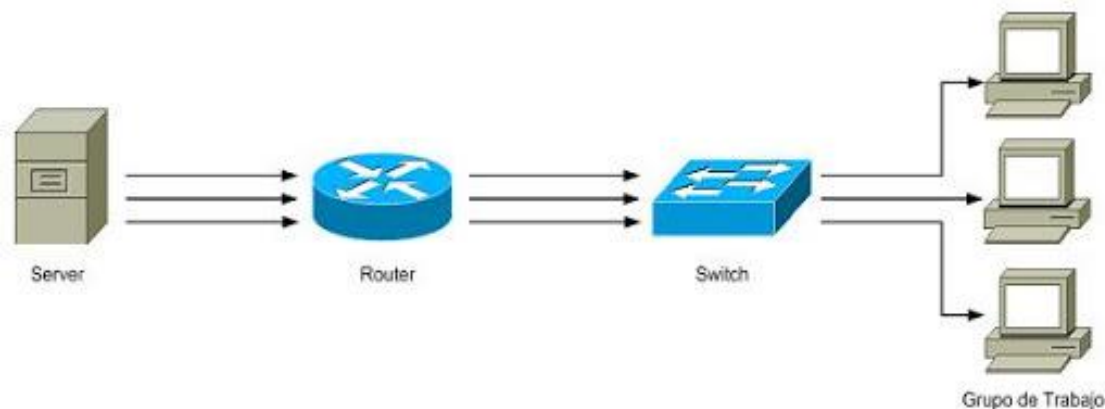
# Ethernet Frame Fields

- Un Delimitador de Inicio de Trama es un campo de un octeto que marca el final de la información de temporización y contiene la secuencia de bits 10101011.
- El campo de dirección destino contiene la dirección destino MAC. La dirección destino puede ser unicast, multicast o de broadcast.
- El campo de dirección de origen contiene la dirección MAC de origen. La dirección origen generalmente es la dirección unicast del nodo de transmisión de Ethernet. Sin embargo, existe un número creciente de protocolos virtuales en uso que utilizan y a veces comparten una dirección MAC origen específica para identificar la entidad virtual.

**unicast** es uno a uno (*one-to-one*), con este método el envío de datos se realiza desde un único emisor a un único receptor, como por ejemplo de un servidor a un grupo de trabajo de una LAN. En un entorno unicast aunque varios usuarios puedan solicitar la misma información al servidor al mismo tiempo, el servidor responderá a las peticiones de los usuarios enviando la información a cada usuario, como se muestra en la siguiente figura.

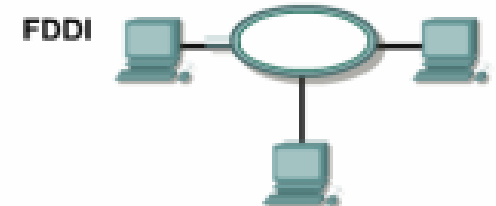
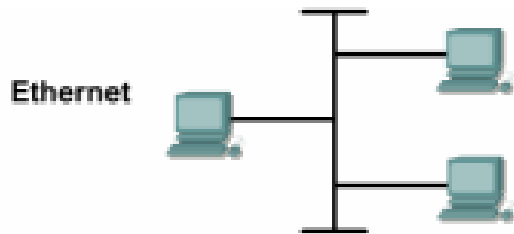
**Multicast** es un método de transmisión de uno-a-muchos, envío de los datos a múltiples destinos simultáneamente, este método de transmisión es similar al broadcast, excepto de que el multicast solo envía la información a un grupo específico y el broadcast envía la información a todos los nodos de la red. Cuando se envían grandes cantidades de datos el método multicast ahorra considerablemente el ancho de banda en la red, debido a que la mayor parte de los datos se envían solo una vez.

**Broadcast** es un método de transmisión de uno-a-todos, en donde se envían los datos a todos los dispositivos al mismo tiempo.



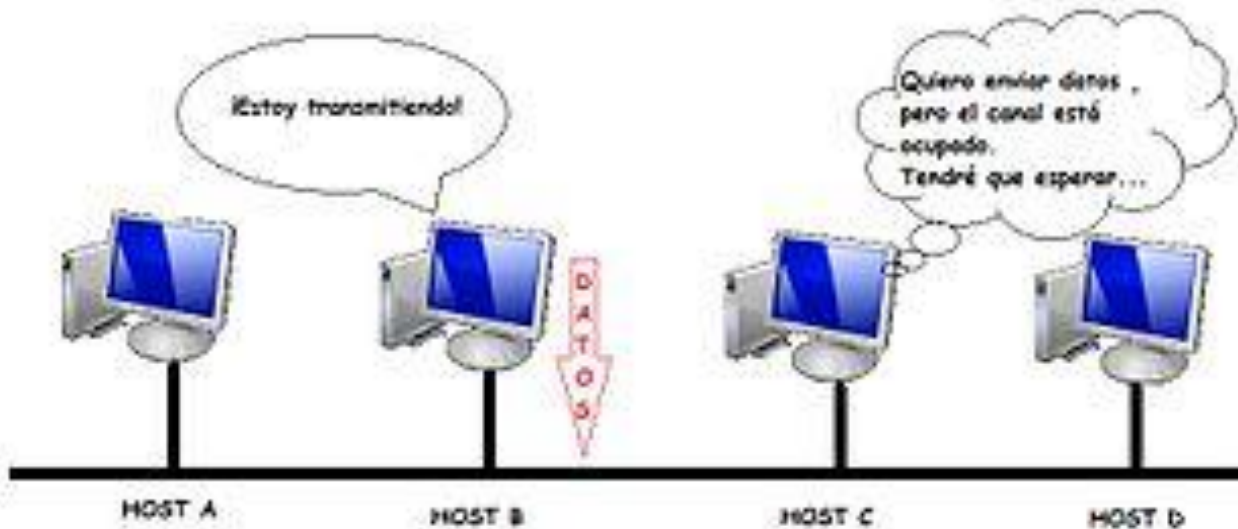
# Control de acceso al medio (MAC)

MAC se refiere a los protocolos que determinan cuál de los computadores de un entorno de medios compartidos (dominio de colisión) puede transmitir los datos. La subcapa MAC, junto con la subcapa LLC, constituyen la versión IEEE de la Capa 2 del modelo OSI. Tanto MAC como LLC son subcapas de la Capa 2. Hay dos categorías amplias de Control de acceso al medio: determinística (por turnos) y la no determinística (el que primero llega, primero se sirve).



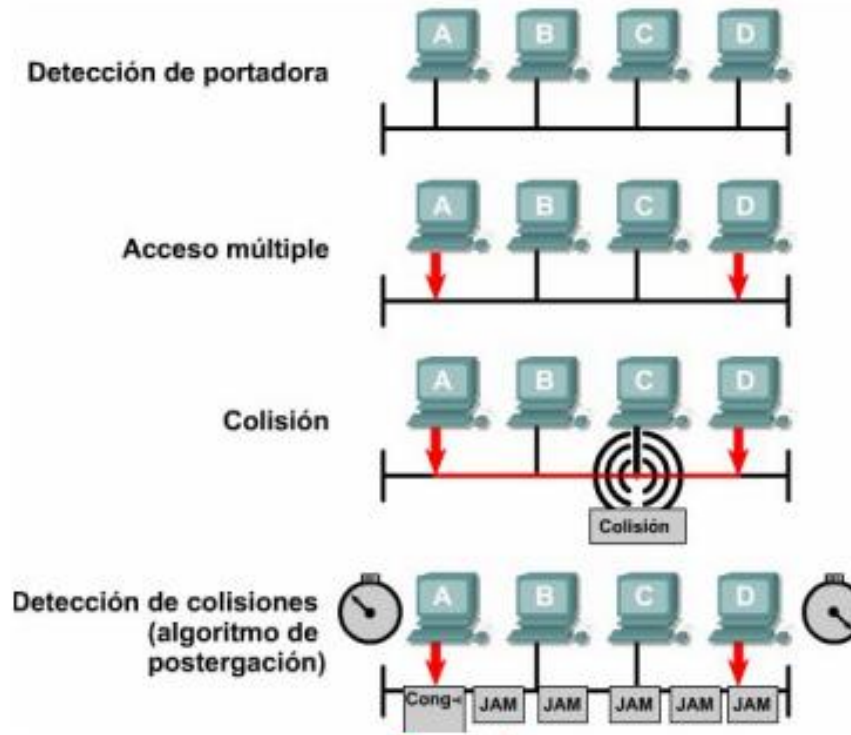
# CARRIER SENSE MULTIPLE ACCESS WITH COLLISION DETECTION

- En comunicaciones, CSMA/CD (del inglés Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection) o, en español, acceso múltiple con escucha de portadora y detección de colisiones, es un protocolo de acceso al medio compartido. Su uso está especialmente extendido en redes Ethernet donde es empleado para mejorar sus prestaciones. En CSMA/CD, los dispositivos de red escuchan el medio antes de transmitir, es decir, es necesario determinar si el canal y sus recursos se encuentran disponibles para realizar una transmisión. Además, mejora el rendimiento de CSMA finalizando el envío cuando se ha detectado una colisión.



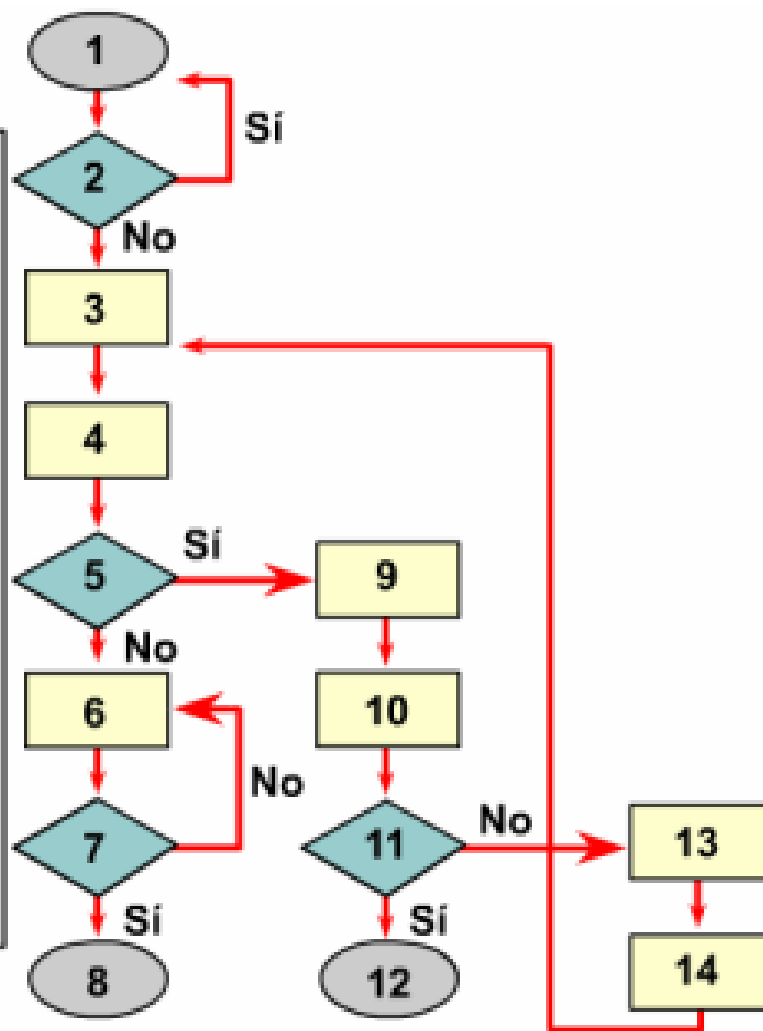
# Reglas de MAC y detección de la colisión/postergación de la retransmisión

- Ethernet es una tecnología de broadcast de medios compartidos. El método de acceso CSMA/CD que se usa en Ethernet ejecuta tres funciones:
- Transmitir y recibir paquetes de datos
- Decodificar paquetes de datos y verificar que las direcciones sean válidas antes de transferirlos a las capas superiores del modelo OSI
- Detectar errores dentro de los paquetes de datos o en la red



- **En el método de acceso CSMA/CD, los dispositivos de networking que tienen datos para transmitir funcionan en el modo "escuchar antes de transmitir". Esto significa que cuando un nodo desea enviar datos, primero debe determinar si los medios de networking están ocupados. Si el nodo determina que la red está ocupada, el nodo esperará un tiempo determinado al azar antes de reintentar. Si el nodo determina que el medio de networking no está ocupado, comenzará a transmitir y a escuchar. El nodo escucha para asegurarse que ninguna otra estación transmita al mismo tiempo. Una vez que ha terminado de transmitir los datos, el dispositivo vuelve al modo de escuchar.**

1. El host desea transmitir
2. ¿Se ha detectado la portadora?
3. Ensamblar trama
4. Inicio de la transmisión
5. ¿Se ha detectado una colisión?
6. Seguir transmitiendo
7. ¿Se realizó la transmisión?
8. Transmisión completa
9. Señal de atascamiento de broadcast
10. Intentos = Intentos + 1
11. Intentos > ¿Demasiados?
12. Demasiadas colisiones; interrumpir la transmisión
13. El algoritmo calcula la postergación
14. Esperar t microsegundos



- **Los dispositivos de networking detectan que se ha producido una colisión cuando aumenta la amplitud de la señal en los medios de networking.**
- **Cuando se produce una colisión, cada nodo que se encuentra en transmisión continúa transmitiendo por poco tiempo a fin de asegurar que todos los dispositivos detecten la colisión. Una vez que todos los dispositivos la han detectado, se invoca el algoritmo de postergación y la transmisión se interrumpe.**
- **Cuando se produce una colisión, cada nodo que se encuentra en transmisión continúa transmitiendo por poco tiempo a fin de asegurar que todos los dispositivos detecten la colisión.**
- **Una vez que todos los dispositivos la han detectado, se invoca el algoritmo de postergación y la transmisión se interrumpe. Los nodos interrumpen la transmisión por un período determinado al azar, que es diferente para cada dispositivo. Cuando caduca el período de retardo cada nodo puede intentar ganar acceso al medio de networking. Los dispositivos involucrados en la colisión no tienen prioridad para transmitir datos**



# Temporización de Ethernet

Cualquier estación de una red Ethernet que desee transmitir un mensaje, primero "escucha" para asegurar que ninguna otra estación se encuentre transmitiendo. Si el cable está en silencio, la estación comienza a transmitir de inmediato. La señal eléctrica tarda un tiempo en transportarse por el cable (retardo) y cada repetidor subsiguiente introduce una pequeña cantidad de latencia en el envío de la trama desde un puerto al siguiente. Debido al retardo y a la latencia, es posible que más de una estación comience a transmitir a la vez o casi al mismo tiempo. Esto produce una colisión.

Ethernet Speed	Bit time
10 Mbps	100 ns
100 Mbps	10 ns
1000 Mbps = 1 Gbps	1 ns
10,000 Mbps = 10 Gbps	.1 ns

- **Si la estación conectada opera en full duplex entonces la estación puede enviar y recibir de forma simultánea y no se deberían producir colisiones. Las operaciones en full-duplex también cambian las consideraciones de temporización y eliminan el concepto de la ranura temporal. La operación en full-duplex permite diseños de arquitectura de redes más grandes ya que se elimina la restricción en la temporización para la detección de colisiones.**
- **En el modo half duplex, si se asume que no se produce una colisión, la estación transmisora enviará 64 bits de información de sincronización de tiempos que se conoce como preámbulo. La estación transmisora entonces transmitirá la siguiente información:**
  - **Información de las direcciones MAC destino y origen.**
  - **Otra información relacionada con el encabezado.**
  - **Los datos.**
  - **La checksum (FCS) utilizada para asegurar que no se haya dañado el mensaje durante la transmisión.**

- **En Ethernet de 10 Mbps, un bit en la capa MAC requiere de 100 nanosegundos (ns) para ser transmitido. A 100 Mbps el mismo bit requiere de 10 ns para ser transmitido y a 1000 Mbps sólo requiere 1 ns.**
- **A menudo, se utiliza una estimación aproximada de 20,3 cm (8 in) por nanosegundo para calcular el retardo de propagación a lo largo de un cable UTP. En 100 metros de UTP, esto significa que tarda menos de 5 tiempos de bit para que una señal de 10BASE-T se transporte a lo largo del cable.**
- **Para que Ethernet CSMA/CD opere, la estación transmisora debe reconocer la colisión antes de completar la transmisión de una trama del tamaño mínimo. A 100 Mbps, la temporización del sistema apenas es capaz de funcionar con cables de 100 metros. A 1000 Mbps, ajustes especiales son necesarios ya que se suele transmitir una trama completa del tamaño mínimo antes de que el primer bit alcance el extremo de los primeros 100 metros de cable UTP. Por este motivo, no se permite half duplex en la Ethernet de 10 Gigabits**

# Espacio entre las tramas y postergación

El espacio mínimo entre dos tramas que no han sufrido una colisión recibe el nombre de espacio entre tramas. Se mide desde el último bit del campo de la FCS de la primera trama hasta el primer bit del preámbulo de la segunda trama.

Velocidad	Espacio entre las tramas	Tiempo requerido
10 Mbps	96 tiempos de bit	9.6 $\mu$ s
100 Mbps	96 tiempos de bit	0.96 $\mu$ s
1 Gbps	96 tiempos de bit	0.096 $\mu$ s
10 Gbps	96 tiempos de bit	0.0096 $\mu$ s

Una vez enviada la trama, todas las estaciones de Ethernet de 10 Mbps deben esperar un mínimo de 96 tiempos de bit (9,6 microsegundos) antes de que cualquier estación pueda transmitir, de manera legal, la siguiente trama. En versiones de Ethernet más veloces, el espacio sigue siendo el mismo, 96 tiempos de bit, pero el tiempo que se requiere para dicho intervalo se vuelve proporcionalmente más corto. Este intervalo se conoce como separación. El propósito del intervalo es permitir que las estaciones lentas tengan tiempo para procesar la trama anterior y prepararse para la siguiente trama.

- **Una vez producida la colisión y que todas las estaciones permitan que el cable quede inactivo (cada una espera que se cumpla el intervalo completo entre las tramas), entonces, las estaciones que sufrieron la colisión deben esperar un período adicional y cada vez potencialmente mayor antes de intentar la retransmisión de la trama que sufrió la colisión. El período de espera está intencionalmente diseñado para que sea aleatorio de modo que dos estaciones no demoren la misma cantidad de tiempo antes de efectuar la retransmisión, lo que causaría colisiones adicionales. Esto se logra en parte al aumentar el intervalo a partir del cual se selecciona el tiempo de retransmisión aleatorio cada vez que se efectúa un intento de retransmisión. El período de espera se mide en incrementos de la ranura temporal del parámetro.**
- **Si la capa MAC no puede enviar la trama después de dieciséis intentos, abandona el intento y genera un error en la capa de red. Tal episodio es verdaderamente raro y suele suceder sólo cuando se producen cargas en la red muy pesadas o cuando se produce un problema físico en la red.**

# Temporización de Ethernet

- Las reglas y especificaciones básicas para el adecuado funcionamiento de Ethernet no son particularmente complicadas aunque algunas de las implementaciones más veloces de la capa física así se están volviendo.
- A pesar de su sencillez básica, cuando se produce un problema en Ethernet, a menudo resulta difícil determinar el origen. Debido a la arquitectura común en bus de Ethernet, también descrita como punto único de falla distribuido, el alcance del problema a menudo abarca a todos los dispositivos del dominio de colisión. En los casos en que se utilizan repetidores, esto puede incluir dispositivos separados hasta por cuatro segmentos.
- Cualquier estación de una red Ethernet que desee transmitir un mensaje, primero "escucha" para asegurar que ninguna otra estación se encuentre transmitiendo. Si el cable está en silencio, la estación comienza a transmitir de inmediato. La señal eléctrica tarda un tiempo en transportarse por el cable (retardo) y cada repetidor subsiguiente introduce una pequeña cantidad de latencia en el envío de la trama desde un puerto al siguiente. Debido al retardo y a la latencia, es posible que más de una estación comience a transmitir a la vez o casi al mismo tiempo. Esto produce una colisión.
- Si la estación conectada opera en full duplex entonces la estación puede enviar y recibir de forma simultánea y no se deberían producir colisiones. Las operaciones en full-duplex también cambian las consideraciones de temporización y eliminan el concepto de la ranura temporal. La operación en full-duplex permite diseños de arquitectura de redes más grandes ya que se elimina la restricción en la temporización para la detección de colisiones.

# Temporización de Ethernet

- En el modo half duplex, si se asume que no se produce una colisión, la estación transmisora enviará 64 bits de información de sincronización de tiempos que se conoce como preámbulo. La estación transmisora entonces transmitirá la siguiente información:
- Información de las direcciones MAC destino y origen.
- Otra información relacionada con el encabezado.
- Los datos
- La checksum (FCS) utilizada para asegurar que no se haya dañado el mensaje durante la transmisión.

Las estaciones que reciben la trama recalculan la FCS para determinar si el mensaje entrante es válido y luego envían los mensajes válidos a la siguiente capa superior de la pila del protocolo.

Las versiones de 10 Mbps y más lentas de Ethernet son asíncronas. Asíncrona significa que cada estación receptora utiliza los ocho octetos de la información de temporización para sincronizar el circuito receptor con los datos entrantes y luego los descarta. Las implementaciones de 100 Mbps y de mayor velocidad de Ethernet son síncronas. Síncrona significa que la información de temporización no es necesaria, sin embargo, por razones de compatibilidad, el Preámbulo y la SFD (Delimitador de Inicio de Trama) están presentes.

**Para todas las velocidades de transmisión de Ethernet de 1000 Mbps o menos, el estándar describe la razón por la cual una transmisión no puede ser menor que la ranura temporal. La ranura temporal de la Ethernet de 10 y 100 Mbps es de 512 tiempos de bit o 64 octetos. La ranura temporal de la Ethernet de 1000 Mbps es de 4096 tiempos de bit o 512 octetos. La ranura temporal se calcula en base de las longitudes máximas de cable para la arquitectura de red legal de mayor tamaño. Todos los tiempos de retardo de propagación del hardware se encuentran al máximo permisible y se utiliza una señal de congestión de 32 bits cuando se detectan colisiones.**



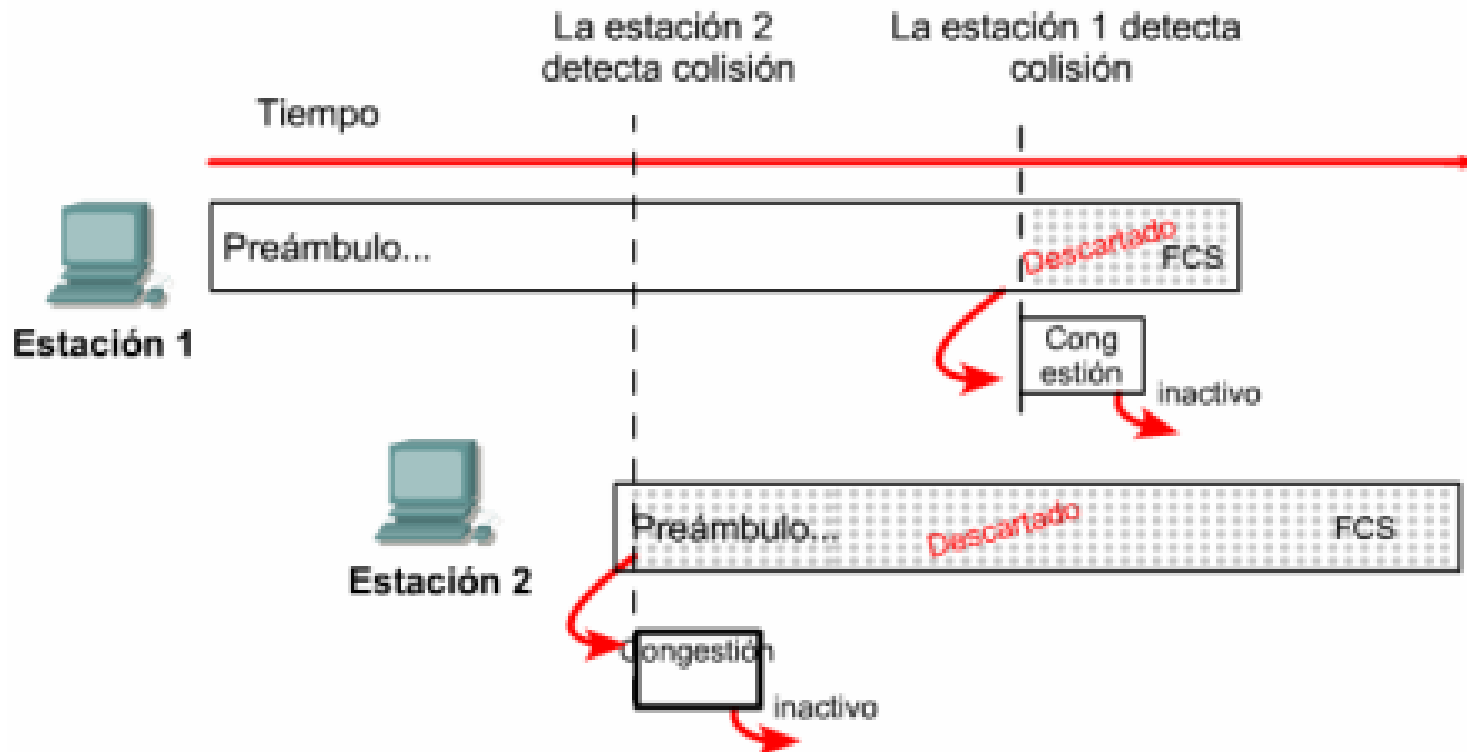
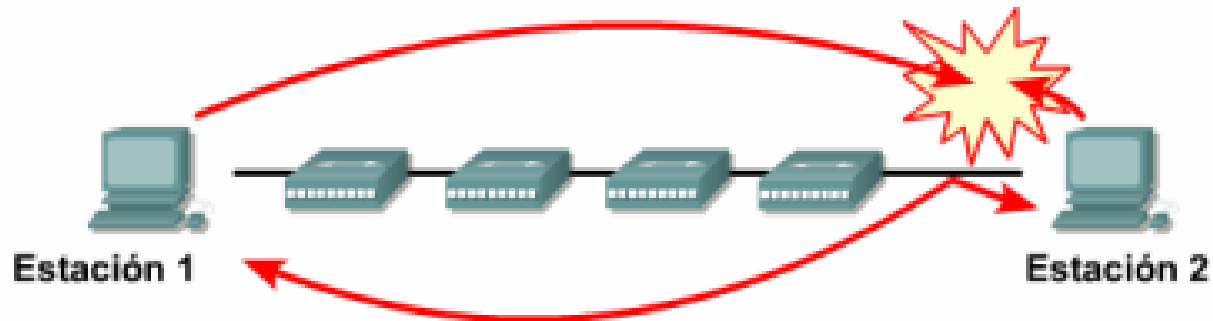
- **La ranura temporal real calculada es apenas mayor que la cantidad de tiempo teórica necesaria para realizar una transmisión entre los puntos de máxima separación de un dominio de colisión, colisionar con otra transmisión en el último instante posible y luego permitir que los fragmentos de la colisión regresen a la estación transmisora y sean detectados. Para que el sistema funcione, la primera estación debe enterarse de la colisión antes de terminar de enviar la trama legal de menor tamaño. Para que una Ethernet de 1000 Mbps pueda operar en half duplex, se agregó un campo de extensión al enviar tramas pequeñas con el sólo fin de mantener ocupado al transmisor el tiempo suficiente para que vuelva el fragmento de colisión. Este campo sólo se incluye en los enlaces en half-duplex de 1000 Mbps y permite que las tramas de menor tamaño duren el tiempo suficiente para satisfacer los requisitos de la ranura temporal. La estación receptora descarta los bits de extensión.**

- En Ethernet de 10 Mbps, un bit en la capa MAC requiere de 100 nanosegundos (ns) para ser transmitido. A 100 Mbps el mismo bit requiere de 10 ns para ser transmitido y a 1000 Mbps sólo requiere 1 ns. A menudo, se utiliza una estimación aproximada de 20,3 cm (8 in) por nanosegundo para calcular el retardo de propagación a lo largo de un cable UTP. En 100 metros de UTP, esto significa que tarda menos de 5 tiempos de bit para que una señal de 10BASE-T se transporte a lo largo del cable

Speed	Slot Time	Time Interval
10 Mbps	512 bit-times	51.2 $\mu$ s
100 Mbps	512 bit-times	5.12 $\mu$ s
1 Gbps	4096 bit-times	4.096 $\mu$ s
10 Gbps	not applicable	not applicable

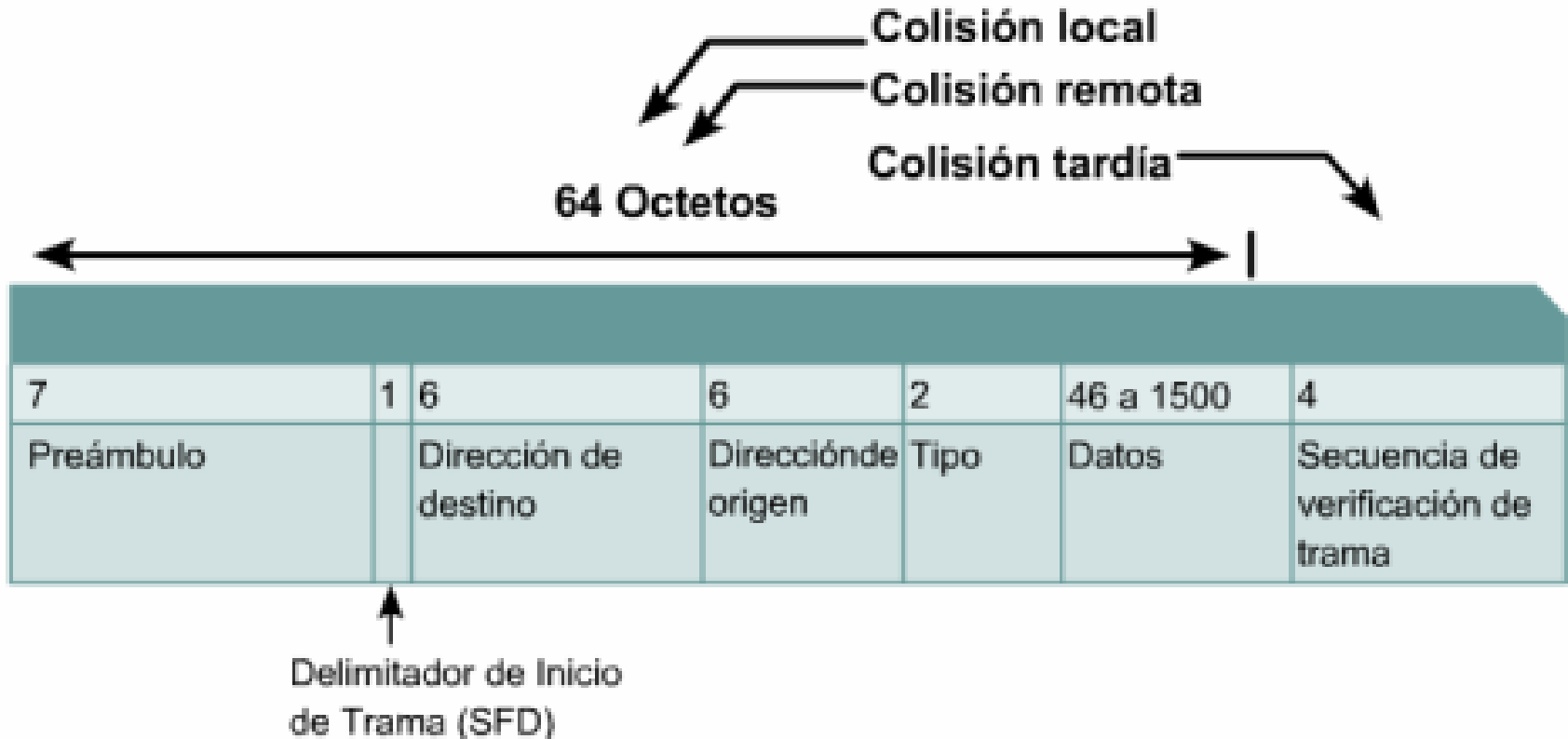
Para que Ethernet CSMA/CD opere, la estación transmisora debe reconocer la colisión antes de completar la transmisión de una trama del tamaño mínimo. A 100 Mbps, la temporización del sistema apenas es capaz de funcionar con cables de 100 metros. A 1000 Mbps, ajustes especiales son necesarios ya que se suele transmitir una trama completa del tamaño mínimo antes de que el primer bit alcance el extremo de los primeros 100 metros de cable UTP. Por este motivo, no se permite half duplex en la Ethernet de 10 Gigabits.

# Manejo de los errores



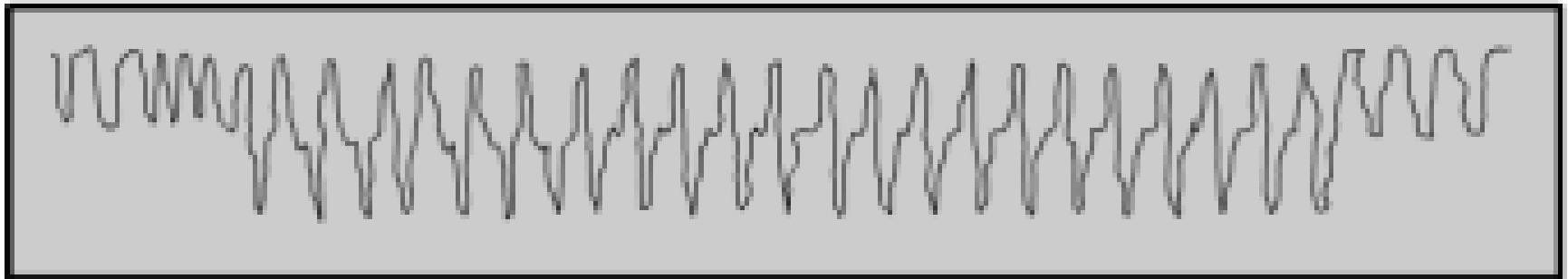
- Las colisiones producen una pérdida del ancho de banda de la red equivalente a la transmisión inicial y a la señal de congestión de la colisión. Esto es una demora en el consumo y afecta a todos los nodos de la red causando posiblemente una significativa reducción en su rendimiento.
- La mayoría de las colisiones se producen cerca del comienzo de la trama, a menudo, antes de la SFD. Las colisiones que se producen antes de la SFD generalmente no se informan a las capas superiores, como si no se produjeran. Tan pronto como se detecta una colisión, las estaciones transmisoras envían una señal de congestión de 32 bits que la impone. Esto se hace de manera que se corrompen por completo los datos transmitidos y todas las estaciones tienen la posibilidad de detectar la colisión.
- En la Figura dos estaciones escuchan para asegurarse de que el cable esté inactivo, luego transmiten. La Estación 1 pudo transmitir un porcentaje significativo de la trama antes de que la señal alcanzara el último segmento del cable. La Estación 2 no había recibido el primer bit de la transmisión antes de iniciar su propia transmisión y sólo pudo enviar algunos bits antes de que la NIC detectara la colisión. De inmediato, la Estación 2 interrumpió la transmisión actual, la sustituyó con la señal de congestión de 32 bits y cesó todas sus transmisiones. Durante la colisión y el evento de congestión que la Estación 2 experimentaba, los fragmentos de la colisión iban en ruta por el dominio de colisiones repetido hacia la Estación 1. La Estación 2 completó la transmisión de la señal de congestión de 32 bits y quedó en silencio antes de que la colisión

# Tipos de colisiones



- **Para crear una colisión local en un cable coaxial (10BASE2 y 10BASE5), la señal viaja por el cable hasta que encuentra una señal que proviene de la otra estación. Entonces, las formas de onda se superponen cancelando algunas partes de la señal y reforzando o duplicando otras. La duplicación de la señal empuja el nivel de voltaje de la señal más allá del máximo permitido. Esta condición de exceso de voltaje es, entonces, detectada por todas las estaciones en el segmento local del cable como una colisión.**
- **El inicio de la forma de onda en la Figura contiene datos normales codificados en Manchester. Unos pocos ciclos dentro de la muestra, la amplitud de onda se duplica. Este es el inicio de la colisión, donde las dos formas de onda se superponen. Justo antes de la finalización de la muestra, la amplitud se vuelve normal. Esto sucede cuando la primera estación que detecta la colisión deja de transmitir y cuando todavía se observa la señal de congestión proveniente de la segunda estación que ha sufrido la colisión.**

# Tipos de Colisión



Colisión en mitad de trama 10BASE2 /10BASE5 capturada por un osciloscopio de almacenamiento digital.

- **En el cable UTP, como por ejemplo 10BASE-T, 100BASE-TX y 1000BASE-T, la colisión se detecta en el segmento local sólo cuando una estación detecta una señal en el par de recepción (RX) al mismo tiempo que está enviando una señal en el par de transmisión (TX). Como las dos señales se encuentran en pares diferentes, no se produce un cambio en la característica de la señal. Las colisiones se reconocen en UTP sólo cuando la estación opera en half duplex. La única diferencia funcional entre la operación en half duplex y full duplex en este aspecto es si es posible o no que los pares de transmisión y de recepción se utilicen al mismo tiempo. Si la estación no participa en la transmisión, no puede detectar una colisión local. Por otra parte, una falla en el cable, como por ejemplo una diafonía excesiva, puede hacer que una estación perciba su propia transmisión como si fuera una colisión local.**
- **Las características de una colisión remota son una trama que mide menos que la longitud mínima, tiene una checksum de FCS inválida, pero no muestra el síntoma de colisión local del exceso de voltaje o actividad de transmisión/recepción simultánea. Este tipo de colisión generalmente es el resultado de colisiones que se producen en el extremo lejano de una conexión con repetidores. El repetidor no envía un estado de exceso de voltaje y no puede hacer que una estación tenga ambos pares de transmisión y de recepción activos al mismo tiempo. La estación tendría que estar transmitiendo para que ambos pares estén activos y esto constituiría una colisión local. En las redes de UTP este es el tipo más común de colisión que se observa.**

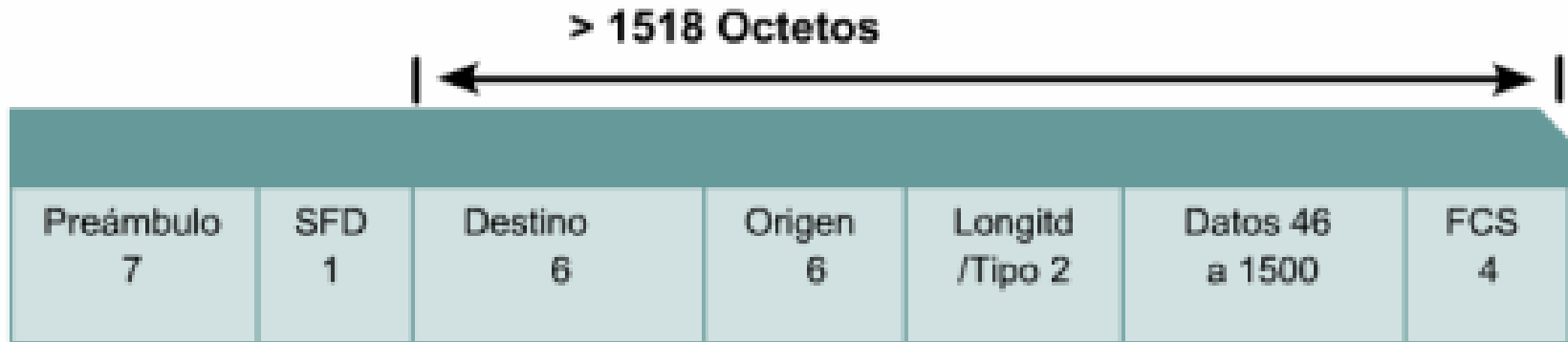


- **No hay posibilidad de que se produzca una colisión normal o legal después de que las estaciones transmitan los primeros 64 octetos de datos. Las colisiones que se producen después de los primeros 64 octetos reciben el nombre de "colisiones tardías". La diferencia más importante entre las colisiones tardías y las colisiones que se producen antes de los primeros 64 octetos radica en que la NIC de Ethernet retransmitirá de forma automática una trama que ha sufrido una colisión normal, pero no retransmitirá automáticamente una trama que ha sufrido una colisión tardía. En lo que respecta a la NIC, todo salió bien y las capas superiores de la pila del protocolo deben determinar si se perdió la trama. A diferencia de la retransmisión, una estación que detecta una colisión tardía la maneja de la misma forma que si fuera una colisión normal**

# Errores de Ethernet

- **Las siguientes son las fuentes de error de Ethernet.**
- **Colisión o runt: Transmisión simultánea que se produce antes de haber transcurrido la ranura temporal.**
- **Colisión tardía: Transmisión simultánea que se produce después de haber transcurrido la ranura temporal.**
- **Errores de intervalo, trama larga, jabber: Transmisión excesiva o ilegalmente larga.**
- **Trama corta, fragmento de colisión o runt: Transmisión ilegalmente corta.**
- **Error de FCS: Transmisión dañada**
- **Error de alineamiento: Número insuficiente o excesivo de bits transmitidos.**
- **Error de intervalo: El número real y el informado de octetos en una trama no concuerda.**
- **Fantasma o jabber: Preámbulo inusualmente largo o evento de congestión.**

# Errores de Ethernet



Las jabbers y las tramas largas superan ambas el tamaño máximo permitido de trama. La jabber es bastante más grande.

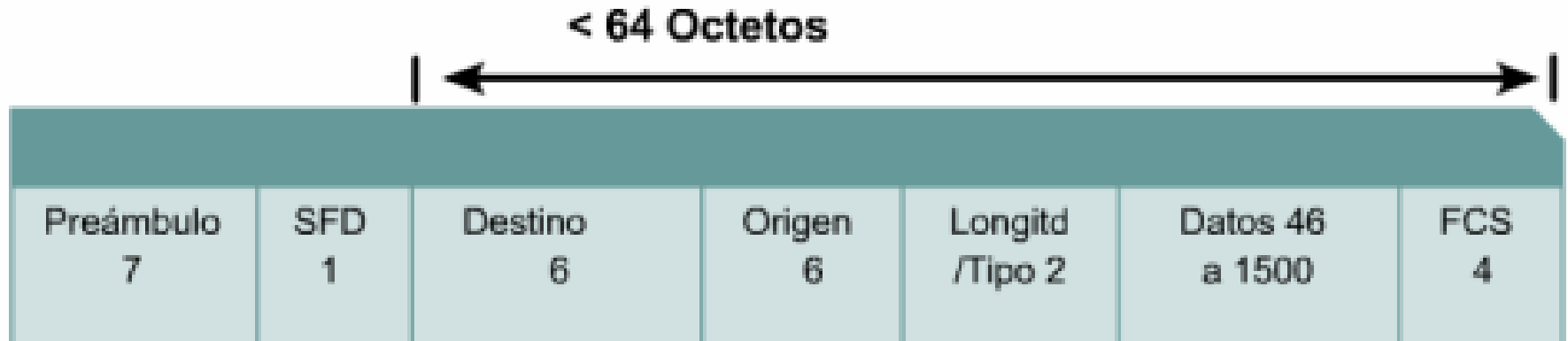
# Errores de Ethernet

- **Mientras las colisiones locales o remotas se consideran parte normal de la operación de Ethernet, las colisiones tardías son un error. La presencia de errores en una red siempre sugiere la necesidad de una mayor investigación. La gravedad del problema indica la urgencia de la detección de la falla relativa a los errores detectados. Algunos errores detectados en varios minutos u horas suele ser una prioridad baja.**
- **Miles detectados en pocos minutos sugieren que se requiere atención urgente.**
- **El estándar 802.3, en varios lugares, define al jabber como una transmisión de al menos 20.000 a 50.000 tiempos de bit de duración. Sin embargo, la mayoría de las herramientas de diagnóstico informan de la presencia de jabber siempre que se detecta una transmisión que excede el tamaño máximo legal de la trama, que es considerablemente menor a 20.000 a 50.000 tiempos de bit. La mayoría de las referencias al jabber, realmente se deben llamar tramas largas**

# Errores de Ethernet

- **Una trama larga es una trama de longitud mayor al tamaño máximo legal y que tiene en cuenta si la trama está rotulada o no. No toma en cuenta si la trama tiene una checksum de FCS válida o no. En general, este error significa que se detectó jabber en la red.**
- **Una trama corta es una trama de longitud menor al tamaño mínimo legal de 64 octetos, con una secuencia de verificación de trama correcta. Algunos analizadores de protocolos y monitores de red llaman a estas tramas "runts". Por lo general, la presencia de tramas cortas no significa que la red esté fallando**

# Errores de Ethernet



Las tramas cortas están formadas correctamente en todos los aspectos salvo uno y tienen sumas de comprobación FCS válidas, pero tienen un tamaño de trama menor que el mínimo (64 octetos).

# Errores FCS

Un mensaje que no termina en un límite de octeto se conoce como error de alineamiento. En lugar del número correcto de bits binarios que forman agrupaciones completas de octetos, hay bits adicionales que sobran (menos de ocho). Una trama así se trunca en el límite del octeto más cercano, y si la checksum de FCS falla, entonces, se informa un error de alineamiento. Esto es causado a menudo por controladores de software dañados, o una colisión, y con frecuencia viene acompañado por una falla de la checksum de FCS.

Una trama con un valor válido en el campo "longitud" pero que no concuerda con el número real de octetos contabilizados en el campo de datos de la trama recibida recibe el nombre de error de rango. Este error también aparece cuando el valor del campo de longitud es menor que el tamaño mínimo legal sin relleno para el campo de datos. Un error, similar, Fuera de rango, se informa cuando el valor del campo "longitud" indica que el tamaño de los datos es demasiado grande para ser legal.

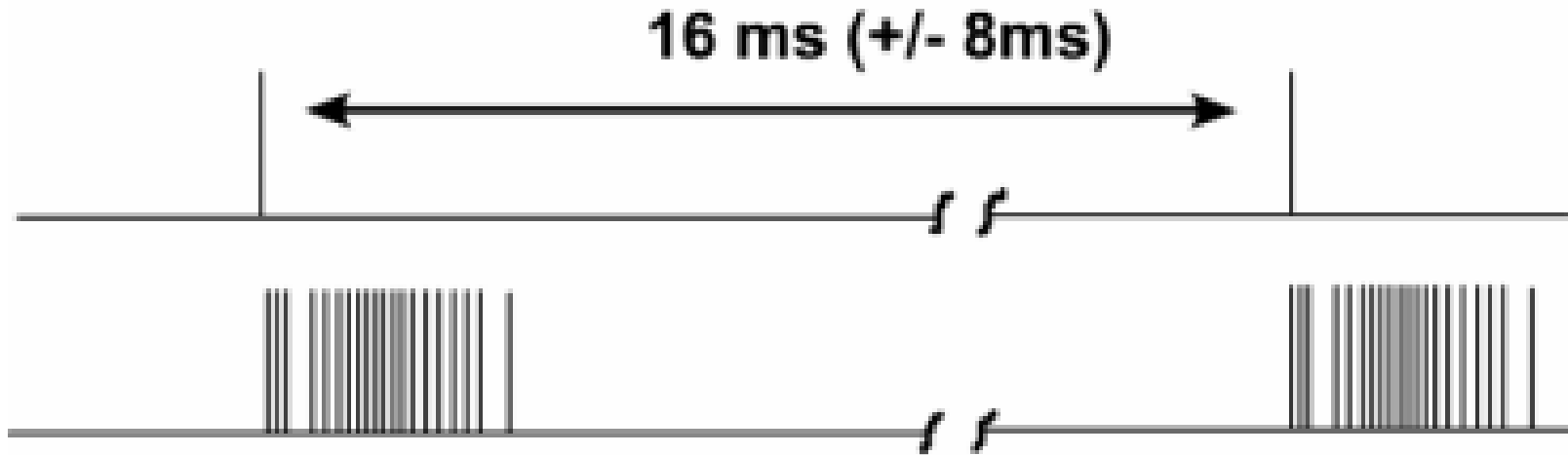


# Auto-negociación de Ethernet

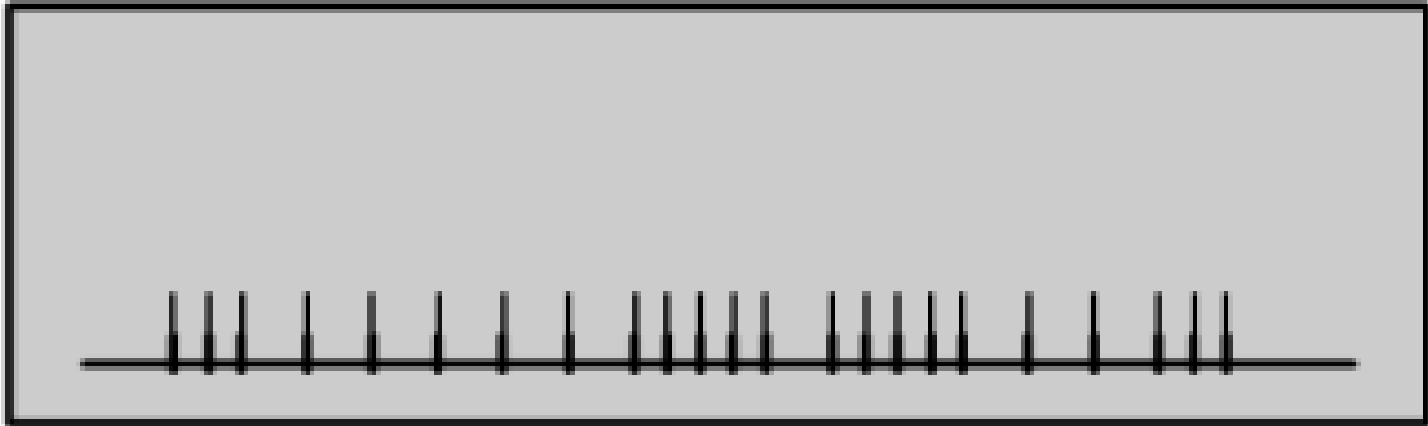
- Al crecer Ethernet de 10 a 100 y 1000 Mbps, fue necesario hacer que cada tecnología pudiera operar con las demás, al punto que las interfaces de 10, 100 y 1000 pudieran conectarse directamente. Se desarrolló un proceso que recibe el nombre de Auto-negociación de las velocidades en half duplex o en full duplex.
- Específicamente, en el momento en que se introdujo Fast Ethernet, el estándar incluía un método para configurar de forma automática una interfaz dada para que concordara con la velocidad y capacidades de la interfaz en el otro extremo del enlace. Este proceso define cómo las interfaces en los extremos del enlace pueden negociar de forma automática una configuración ofreciendo el mejor nivel de rendimiento común.
- Presenta la ventaja adicional de involucrar sólo la parte inferior de la capa física.
- La 10BASE-T requirió que cada estación transmitiera un pulso de enlace aproximadamente cada 16 milisegundos, siempre que la estación no estuviera transmitiendo un mensaje. La Auto-Negociación adoptó
- esta señal y la red denominó Pulso de enlace normal (NLP). Cuando se envía una serie de NLP en un grupo con el propósito de Auto-Negociación, el grupo recibe el nombre de ráfaga de Pulso de enlace rápido (FLP).
- Cada ráfaga de FLP se envía a los mismos intervalos que un NLP y tiene como objetivo permitir que los antiguos dispositivos de 10BASE-T operen normalmente en caso de que reciban una ráfaga de FLP



# Auto-negociación de Ethernet



# Auto-negociación de Ethernet



La ráfaga FLP se compone de múltiples pulsos de enlace NLP.

# Establecimiento del enlace y full duplex y half duplex

Cisco.com

- 1000BASE-T full duplex
- 1000BASE-T half duplex
- 100BASE-TX full duplex
- 100BASE-TX half duplex
- 10BASE-T full duplex
- 10BASE-T half duplex

Los extremos del enlace pueden saltar el ofrecimiento de las configuraciones a las que pueden operar. Esto permite que el administrador de la red fuerce que los puertos operen a una velocidad seleccionada y a una configuración duplex, sin deshabilitar la Auto-Negociación.

La Auto-Negociación es optativa para la mayoría de las implementaciones de Ethernet. Gigabit Ethernet requiere de su implementación aunque el usuario puede deshabilitarla. Originalmente, la Auto-Negociación se definió para las implementaciones de UTP de Ethernet y se extendió para trabajar con otras implementaciones de fibra óptica.

Cuando una estación Auto-Negociadora realiza un primer intento de enlace, debe habilitarse a 100BASE-TX

para que intente establecer un enlace de inmediato. Si la señalización de la 100BASE-TX está presente y la estación admite 100BASE-TX, intentará establecer un enlace sin negociación. Si la señalización produce el enlace o se transmiten las ráfagas de FLP, la estación procederá con dicha tecnología. Si el otro extremo del enlace no ofrece una ráfaga de FLP, pero a cambio, ofrece NLP, entonces el dispositivo supone automáticamente que es una estación 10BASE-T.

# Resumen

802.2 Logical Link Control									
802.1 Bridging									
802 Overview & Architecture (802.1a)	802.3	802.4	802.5	802.6	802.9	802.11	802.12	802.14	802.15
802 Overview & Architecture (802.1a)	Ethernet	Token Passing Bus	Token Ring	DCDB Access Method	Integrated Services	Wireless LAN	Demand Priority (VG)	Cable TV	Wireless Personal Area Network

- **Si se establece un enlace a través de la detección paralela, se requiere una conexión en half duplex. Son dos los métodos para lograr un enlace en full-duplex. Uno es a través de un ciclo de Auto-Negociación completo y el otro es forzar administrativamente a que ambos extremos del enlace realicen una conexión en full duplex. Si se fuerza a un extremo del enlace a conectarse en full duplex, pero el otro extremo intenta Auto-Negociar, entonces seguramente se producirá una falta de concordancia en el duplex. Se producirán colisiones y errores en ese enlace.**
- **Muchos proveedores implementan hardware de forma tal que va intentando los distintos estados posibles de forma cíclica. Transmite ráfagas de FLP para Auto-Negociar por unos momentos, luego se configura para la Fast Ethernet, intenta enlazarse por unos instantes y luego sólo escucha. Algunos proveedores no ofrecen ningún intento para enlazarse hasta que la interfaz primero escucha una ráfaga de FLP o algún otro esquema de señalización.**
- **En half duplex, sólo una estación puede transmitir a la vez. En las implementaciones en coaxial, una transmisión desde una segunda estación hará que las señales se superpongan y se corrompan. Como el UTP y la fibra**