



**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SAN LUIS POTOSI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**

**Redes SAN sobre Canal de Fibra.**

**TESIS PROFESIONAL**  
**para obtener el título de**  
**Ingeniero Electrónico.**

**PRESENTA:**

**José Humberto Ramírez Vigil.**

**ASESOR DE TESIS:**

**L.E.C. Rocío Puente Esparza.**

**SAN LUIS POTOSI, S. L. P. Marzo 2004**

**Doy gracias a Dios por todas las bendiciones que me ha dado a lo largo de toda mi vida.**

**A mis profesores, porque sin ellos no hubiera concretado mis estudios.**

**Agradezco profundamente a mi familia, especialmente a mi Padre, por todo el amor y apoyo incondicional que he recibido... Papá ,ésta tesis es para ti, mil gracias por todo.**

## **OBJETIVO DE LA TESIS.**

El objetivo de esta tesis es aportar al lector información de la nueva tecnología en redes de área de almacenamiento de datos o redes SAN (Storage Area Network).

En este trabajo, se describirá en que consiste la tecnología de una red SAN, así como el vínculo que tiene sobre redes LAN (Local Area Network o Red de Área Local).

También se abordarán temas relacionados con la tecnología Fibre Channel y la relación que tienen con las redes SAN, describiendo algunas de sus características más importantes, así como sus niveles o capas de operación.

# CONTENIDO TEMÁTICO.

**\*Contenido Temático.**

**\*Figuras.**

**\*Introducción.**

**\*Capítulo 1: Redes SAN.**

1.1 Limitaciones de la arquitectura en Red Clásica.

1.2 Redes de Área de Almacenamiento.

1.2.1 Definición de SAN

1.2.2 Componentes SAN.

1.2.3 Funcionamiento de una SAN.

1.2.4 Topología SAN.

1.3 Redes SAN, redes LAN y dispositivos NAS.

1.3.1 Dispositivos NAS y redes SAN

1.3.1.1 Como es NAS.

1.3.1.2 Protocolos NAS.

1.3.1.3 Como es SAN.

1.3.1.4 A favor de NAS y de SAN.

1.3.1.5 Diferencias entre NAS y SAN

1.3.2 Redes LAN y SAN: diferencia en el diseño de red.

1.3.3 Redes LAN y SAN: diferencia en el diseño de protocolo.

1.4 Ventajas de una SAN.

1.4.1 Implementación de SAN

1.5 Construcción de una SAN.

1.5.1 Consideración de diseño de una SAN.

1.6 Seguridad en redes SAN.

1.6.1 Seguridad en dominio.

1.6.2 Componentes llave en una estructura de seguridad SAN.

1.7 El sueño de SAN.

**\*Capítulo 2: Fibre Channel.**

2.1 Definición de Fibre Channel.

2.2 Aplicación de Fibre Channel.

2.3 Topología Fibre Channel

2.4 Estructura de Fibre Channel.

2.5 Protocolos soportados por FC.

2.6 Características de FC.

2.7 SCSI y Fibre Channel.

2.8 FC de Lazo Arbitrado.

## **\*Capítulo 3: Panorámica General: Descripción de Niveles de FC.**

**3.1** Descripción General del nivel FC-0.

**3.2** Descripción General del nivel FC-1.

**3.3** Descripción General del nivel FC-2.

**3.3.1** Modelo Físico: nodos, puertos y topologías.

**3.3.2** Ancho de Banda y sobre carga de comunicación.

**3.3.3** Bloques constituyentes y su jerarquía.

**3.3.4** Tramas de control de enlace.

**3.3.5** Modelo General de estructura.

**3.3.6** Clases de servicio.

**3.3.7** Comandos de servicio de enlace básico y avanzados.

**3.3.8** Función de bucle arbitrado.

**3.3.9** Protocolos.

**3.3.10** Segmentación y Recomposición.

**3.3.11** Compresión de Datos.

**3.3.12** Detección y recuperación de errores.

**3.4** Descripción General del nivel FC-3.

**3.5** Descripción General del nivel FC-4.

**3.5.1** IP sobre Fibre Channel.

**3.5.2** SCSI sobre Fibre Channel.

**3.5.3** FICON o ESCON sobre FC.

## **\*Capítulo 4: la Futura Evolución de Fibre Channel.**

**4.1** El futuro de FC.

**4.2** Escenario posible: ETHERNET UBICUA.

**4.3** Expansión de INFINIBAND.

**4.4** El futuro previsible.

**\*Bibliografía.**

**\*Elementos WEB.**

# FIGURAS.

**Figura 1.** Vieja topología de almacenamiento empresarial.

**Figura 2.** La nueva topología de almacenamiento empresarial

**Figura 3.** Componentes SAN

**Figura 4.** Redes SAN y dispositivos de almacenamiento.

**Figura 5.** Redes SAN y servidores.

**Figura 6.** Topología típica de una SAN basada en Fibre Channel.

**Figura 7.** Diferencia en almacenamiento entre DAS y SAN

**Figura 8.** Dispositivo NAS es un servidor destinado exclusivamente al almacenamiento.

**Figura 9.** Topología típica de NAS.

**Figura 10.** Topología típica de SAN.

**Figura 11.** Topologías de Fibre Channel

**Figura 12.** Estructura de Fibre Channel

**Figura 13.** Jerarquía estructural de Fibre Channel.

**Figura 14.** La configuración más simple es una pareja de enlaces bidireccionales.

**Figura 15.** Tipos de topologías.

**Figura 16.** Trama de datos de ejemplo + transmisión de trama de confirmación (ACK), para el cálculo del ancho de banda.

**Figura 17.** Topología de una Red de área de sistema InfiniBand.

# INTRODUCCIÓN.

Hay un viejo dicho que sostiene que los datos no dejan de aumentar hasta que se agota el espacio de almacenamiento disponible, y son muchas las aplicaciones que se empeñan en confirmarlo. Las aplicaciones de comercio electrónico, imágenes, almacenamiento de datos, ERP (Enterprise Resource Planning o Planificación de recursos empresariales) y CRM (Customer Relationship Management o Gestión de las relaciones con los clientes) llenan con rapidez y, aparentemente, sin cesar, los medios de almacenamiento.

El avance en la tecnología de transmisión de datos a alta velocidad sobre canales de gran ancho de banda ha dado paso a nuevos conceptos de trabajo en el ámbito de las redes informáticas, permitiendo a los usuarios acceder a grandes capacidades de almacenaje de datos como si las tuviesen en sus estaciones de trabajo, cuando en realidad estas podrían estar a varios kilómetros de distancia.

Las Storage Area Network (SAN), han sido concebidas bajo la idea de satisfacer los requerimientos de quienes manejan altos volúmenes de información.

La tecnología de Canal de Fibra (Fibre Channel) es el fundamento de estas redes, que nació bajo la perspectiva de E.S (Entrada/Salida) y LAN (Local Area Network o Red de Área Local), combinando en un solo enlace las capacidades de estas tecnologías.

Las tecnologías de redes SAN y Fibre Channel están enfocadas básicamente hacia la optimización del movimiento de datos entre el servidor y los sistemas de almacenamiento.

# Capítulo 1.

## REDES SAN

### 1.1 LIMITACIONES DE LA ARQUITECTURA EN RED CLÁSICA

Al día de hoy, el 70 por ciento del presupuesto destinado a Tecnología de Información en las empresas se aplica a las tecnologías de almacenamiento. Lo anterior es lógico debido a que presenciamos la tercera gran explosión de la industria del cómputo: el almacenamiento. El primer boom surgió con las computadoras personales como parte de la vida laboral y personal de gran parte de la sociedad. El segundo consistió en empezar a conectar a esas PCs, es decir, el desarrollo de redes.

Actualmente existen millones de dispositivos generando una gran demanda de información. Simplemente imagine que el 80 por ciento de la información que ha generado la humanidad está capturado en forma digital (el resto está en formas impresas o filmográficas). Pero ¿dónde guardar esos datos si no es en discos y cintas?

Afortunadamente cada vez tienen más presencia las redes SAN (Storage Area Network; Red de Área de Almacenamiento).

En los últimos años, el aumento de la necesidad de capacidad de almacenamiento ha sido exponencial. Aplicaciones como Data Warehousing, Data Mining, Internet y las aplicaciones multimedia requieren capacidades gigantescas. Estos requerimientos no tan sólo están poniendo al límite las posibilidades de una LAN, sino que las están superando. La necesidad de añadir más almacenamiento, servir a más usuarios y efectuar copias de seguridad a más datos en menos tiempo se ha convertido en una tarea fundamental. Si añadimos a ello que en muchas ocasiones las aplicaciones son críticas, es decir, no pueden ni detenerse ni fallar, el panorama resulta preocupante.

Las limitaciones más importantes de una LAN son las siguientes:

- Limitación en el ancho de banda para poder soportar a los usuarios asegurando la disponibilidad de los datos
- Escalabilidad para un crecimiento a largo plazo
- Flexibilidad para proporcionar un balance óptimo entre servidores y capacidad de almacenamiento
- Facilidad para administrar la red de una manera simple y eficaz

A diferencia de LAN que se utiliza para ligar a los usuarios con los servidores, lo que hace una red SAN es ligar a los servidores (que proporcionan el procesamiento de las aplicaciones) hacia un ambiente de almacenamiento, además de facilitar la administración e integración de toda la información existente en la empresa.

## **1.2 REDES DE AREA DE ALMACENAMIENTO.**

### **1.2.1 Definición de SAN.**

He aquí una definición del concepto de red de área de almacenamiento, hecha por uno de los líderes de la industria:

“Una red de área de almacenamiento (SAN, Storage Area Network) es una infraestructura de información dedicada, segura y con administración centralizada, que permite la interconexión arbitraria de servidores y sistemas de almacenamiento.”

Desgraciadamente esta definición no es lo suficientemente instructiva para, por ejemplo, diferenciar entre las redes LAN, MAN o incluso WAN, todas las cuales, en algunas aplicaciones, podrían encajar con esta definición.

Una SAN (Storage Area Network) es una forma de conectar servidores con elementos de almacenaje de gran capacidad de modo de compartir estos recursos. Las SAN proporcionan excelentes características de escalabilidad, facilidad de administración de un gran número de discos y servidores a grandes distancias.

Una red de área de almacenamiento (SAN) es una infraestructura de red que permite conectar cualquier tipo de servidor con cualquier tipo de dispositivo de almacenamiento a través de una red de alta velocidad de conmutadores de canal de fibra (Fibre Channel). Estos conmutadores interconectados forman el núcleo de la red SAN, el tejido de la misma. Interconectando múltiples conmutadores escalables, es posible crear redes SAN con varios cientos de puertos.

SAN esta basado en un acercamiento sistemático de manejo de almacenamiento de datos desarrollado por IBM en el ambiente S/390 hace casi 30 años.

Con una red SAN, una organización puede agregar o reasignar recursos de almacenamiento sin que esto afecte a otras operaciones de negocio. El resultado es una alta disponibilidad de los datos.

En el modelo de almacenamiento tradicional, cada servidor adjunto a la red requiere su propio almacén dedicado. Si un nuevo servidor es necesitado para conocer los requerimientos de la red, también es necesario adjuntar un almacén dedicado a dicho servidor. Si almacenamientos adicionales son necesarios para soportar las demandas en un servidor, éste debe de ser adjuntado a dicho servidor, como se muestra en la figura 1

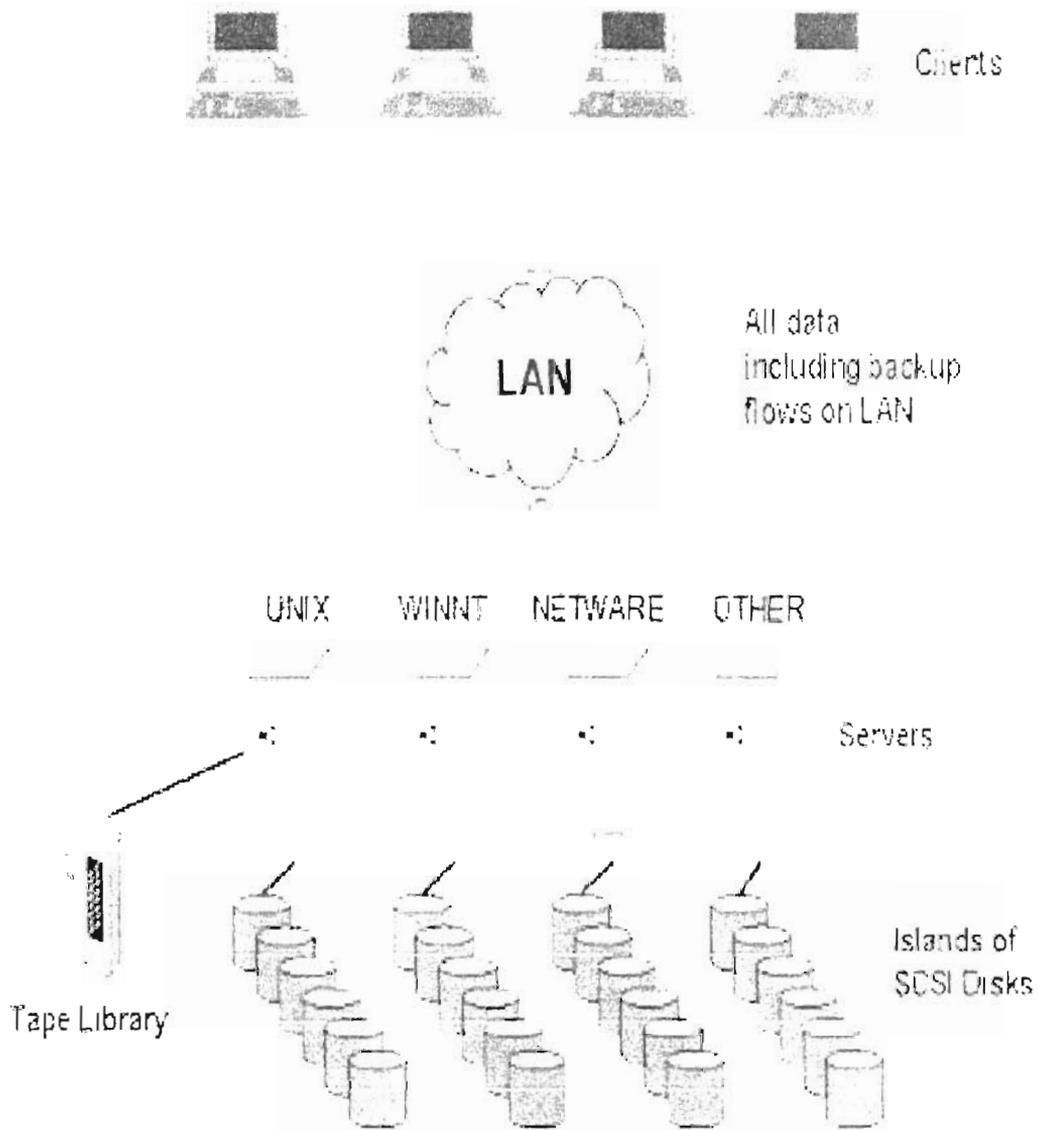


Figura 1. Vieja topología de almacenamiento empresarial

La Red de Área de Almacenamiento SAN opera tras los servidores dando un link o enlace común entre servidores y almacén. Esto permite a múltiples servidores a acceder a los mismos datos así la duplicación de información es reducida. Lo anterior se ejemplifica en la figura 2.

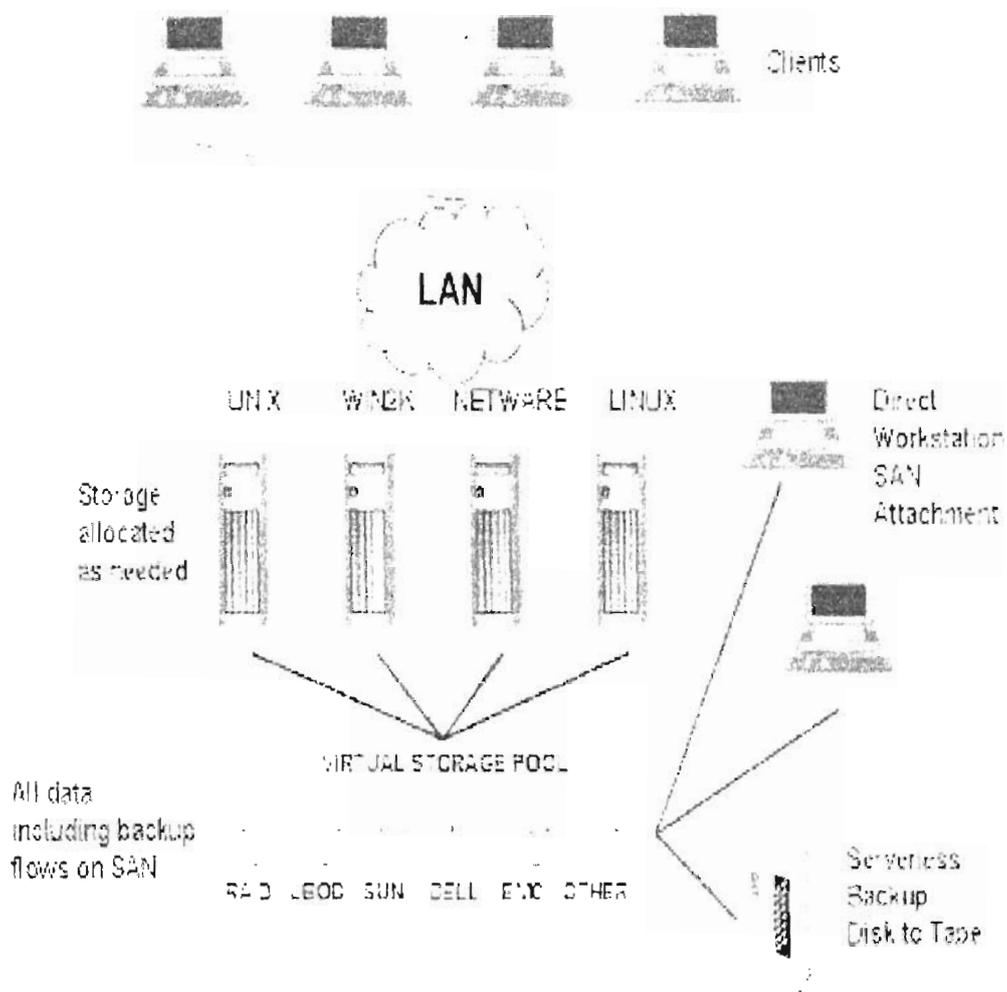


Figura 2. La nueva topología de almacenamiento empresarial.

## 1.2.2 Componentes SAN.

Como ya se ha mencionado, Fibre Channel es la arquitectura en la que la mayoría de las redes SAN están construidas. Los componentes SAN descritos en la siguiente figura están basados en Fibre Channel.

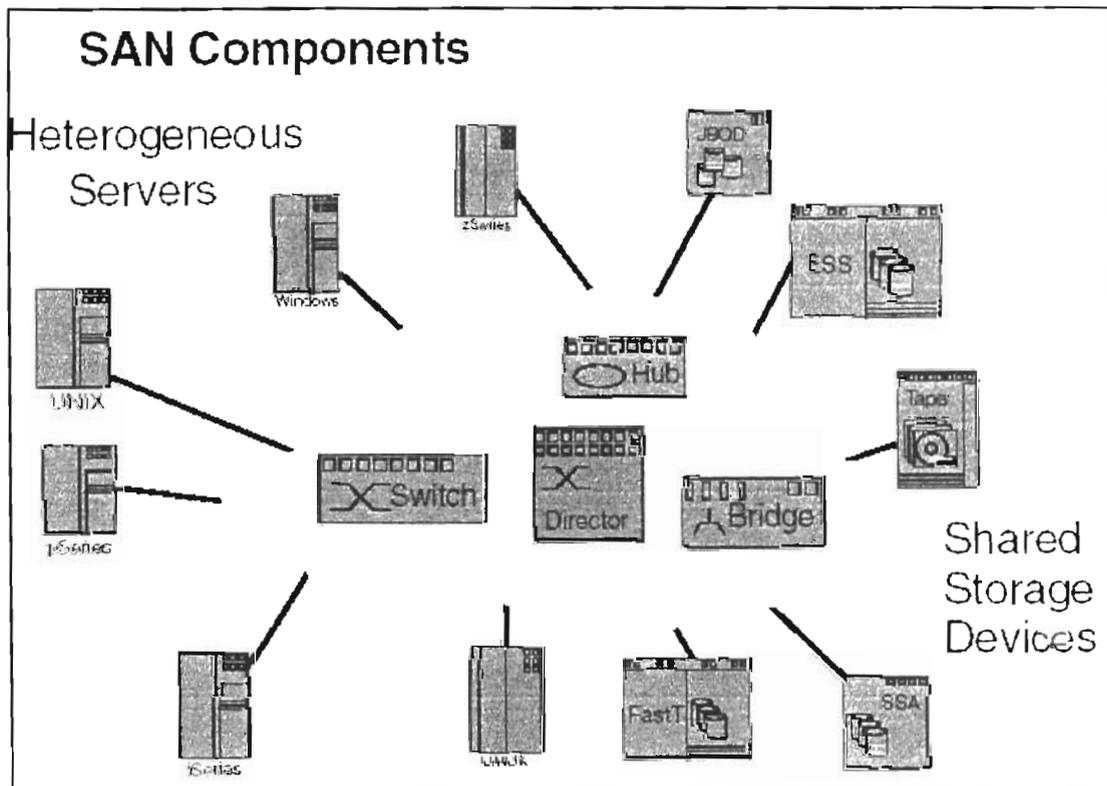


Figura 3. Componentes SAN.

### Servidores SAN.

La infraestructura en servidores es la razón para todas las soluciones SAN. Esta infraestructura incluye una mezcla de plataformas de servidores como lo son Windows, UNIX y z/OS.

### Almacenamiento SAN.

La infraestructura de almacenamiento es la base en cualquier configuración de información. En este ambiente el desarrollo simple y rápido de dispositivos de almacenamiento no es lo suficiente. Una infraestructura SAN provee accesos de datos, un manejo fácil del sistema, y un aumento en la calidad de la red.

### Interconectores SAN

El primer elemento a considerar en cualquier implementación SAN es la conectorización del almacén y componentes del servidor usando típicamente Fibre Channel.

Los componentes listados a continuación son usados de manera típica por redes LAN o WAN. Las redes SAN, la igual que las LAN, interconectan las interfaces de almacén con muchas configuraciones de red a través de largas distancias.

Mucha de la terminología usada por SAN tiene sus orígenes en la terminología IP en redes.

Cables y conectores.

Existen muchos tipos de cables con varias longitudes para ser utilizados por la configuración Fibre Channel. Los cables de fibra óptica vienen en dos categorías distintas: fibra multimodo (Multi Mode Fiber, MMF) para distancias cortas (menores a 2 km), y fibra monomodo (Single Mode Fiber, SMF) para largas distancias (mayores a 100 km).

Gigabit Interface Converters.

Gigabit Interface Converters (GBICs) son transceivers de comunicación de datos. Son idóneos para un gran rango de aplicaciones de red que requieren una alta proporción de datos.

Adaptadores Host Bus.

Host Bus Adapters (HBAs) son dispositivos que se conectan a un servidor o a un dispositivo de almacenamiento y controlan los protocolos para comunicaciones. Pueden ser del tipo de puerto dual o single.

Extenders.

Se utilizan para facilitar la larga distancia entre nodos que exceden el máximo teórico.

Otros de los componentes que maneja SAN son: Hubs, Gateways (también llamados Bridges o Routers), Switches y Directors.

### **1.2.3 Funcionamiento de una SAN.**

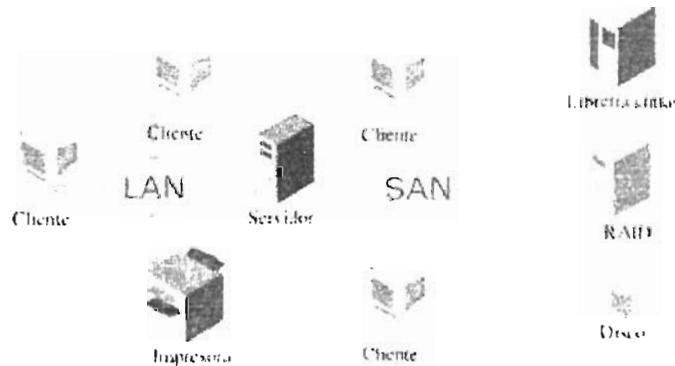
En términos generales, en funcionamiento de SAN es como sigue:

Normalmente los clientes tienen que mandar la información al servidor por medio de la LAN, por lo que se dedica una buena parte de su ancho de banda sólo para enviar información de la que se requiere hacer un respaldo o back up.

En cambio, lo que hace SAN es que sólo envía un mensaje desde el servidor hacia el disco con la indicación de que mueva el archivo "A" hacia cinta y, en lugar de hacerlo vía LAN, lo llevará a cabo por una nube SAN. Lo único que hizo fue enviar el mensaje. Ni el CPU está dedicado a controlar cada movimiento de bite y byte, no manda todo el tráfico por la LAN. La SAN tiene la inteligencia suficiente para hacer un movimiento del archivo "A" hacia la cinta o la recuperación de la cinta hacia el disco del archivo.

Lo anterior ahorrará ciclos del procesador, ancho de banda en la LAN y economía de escala al poder comprar dispositivos más fuertes en menor número, pues se pueden compartir en todos los servidores que se tengan conectados a SAN.

El enrutamiento de datos inteligente y el almacenamiento de datos que las redes SAN aportan a sus sistemas pueden reducir en gran medida sus necesidades de gestión de los mismos.



*Figura 4.*

Las redes SAN permiten acceder a agrupaciones de dispositivos de almacenamiento de alta velocidad a través de un grupo de servidores y estaciones de trabajo también de alta velocidad, como se muestra en la figura 4.

A diferencia de lo que ocurre en el mundo de los mainframes o macros, los servidores tienen que albergar una copia de todas y cada una de las aplicaciones importantes, por lo que, si existen 10 servidores, habrá 10 copias de cada una de las aplicaciones, una por cada servidor. Esta tendencia es fruto de la modularidad de los sistemas (especialmente en el caso de las aplicaciones cliente/servidor) y de la costumbre de instalar aplicaciones tras haber realizado otras instalaciones con éxito. Pero la modularidad de los sistemas da lugar a la creación de agrupaciones de servidores o server farms (mal llamadas también «granjas de servidores») y puede acarrear la aparición de múltiples copias de datos. Si, además, estas copias de datos tienen que estar interrelacionadas las unas con las otras, habrá que recurrir a los métodos de replicación o sincronización para resolverlas. Por consiguiente, los datos monolíticos de los servidores resultan más difíciles de organizar y de administrar. Las redes SAN permiten reducir la carga que suponen estas tareas administrativas.

Las redes SAN son redes que pertenecen a otras redes. Su diseño, además de dissociar las aplicaciones de los servidores del almacenamiento de datos sin sacrificar, por ello, los tiempos de acceso a dicho almacenamiento, permite que numerosos servidores y aplicaciones puedan acceder a los datos almacenados.

Las redes SAN reducen al mínimo la necesidad de disponer de servidores equipados con enormes almacenes de datos independientes y permiten encontrar un punto de equilibrio entre las necesidades de fiabilidad y disponibilidad. Estas redes también permiten

repartir el coste de amortización del almacenamiento entre varios servidores y aplicaciones.

Podría entenderse mejor la diferencia entre las redes SAN y otros tipos de redes considerando la diferencia entre los puertos de almacenamiento y de conexión a red de una computadora de sobremesa. Todos los equipos informáticos tienen acceso a algún tipo de almacenamiento a largo plazo, y casi todos disponen de algún mecanismo de comunicación con otros equipos informáticos.

Las redes de área de almacenamiento se han diseñado para incorporar lo mejor de las interfaces de red y de almacenamiento: comunicaciones eficientes y rápidas, optimizadas para el movimiento eficiente de grandes cantidades de datos, pero con acceso a una amplia gama de otros servidores y dispositivos de almacenamiento situados en la red

Entonces, la diferencia principal entre una red de área de almacenamiento y los otros equipos de red mencionados es que, en una SAN, la comunicación dentro de la red está bien gestionada y controlada, y es muy predecible. Por tanto, cada entidad de la red casi puede funcionar como si tuviera acceso exclusivo a cualquier dispositivo de la red con el que se esté comunicando.

La razón principal para esto ha sido la idea de desacoplar los servidores de su almacenamiento, y permitir que múltiples servidores accedan a los mismos datos al mismo tiempo. La clave aquí es que los sistemas cliente suelen acceder a sus dispositivos de almacenamiento a través de servidores, lo que asegura la coherencia, seguridad y autorización para el acceso de datos. Sin embargo, a los clientes no les preocupa excesivamente qué servidor se utiliza para acceder a los datos, y los datos son los mismos sin importar qué servidor accede a ellos. Este sistema de tres niveles (clientes que visualizan los datos, servidores que procesan y gestionan los datos, y subsistemas de almacenamiento que guardan los datos) se interconectan a través de redes LAN y SAN situadas entre cada nivel.

Las «granjas» de almacenamiento de las redes SAN admiten distintos sistemas operativos de host (equipo central) y distintos sistemas de archivos. El sistema operativo de host define la forma en que los miembros de la red SAN acceden a un sistema de archivos.

Se puede considerar una SAN a partir de un servidor que incorpora un adaptador interno Fibre Channel conectado a un RAID de discos en Fibre Channel, constituyendo así el caso más sencillo con una topología punto a punto.

Se puede hacer crecer la SAN según otras topologías: *Arbitrated Loop* y *Fabric*.

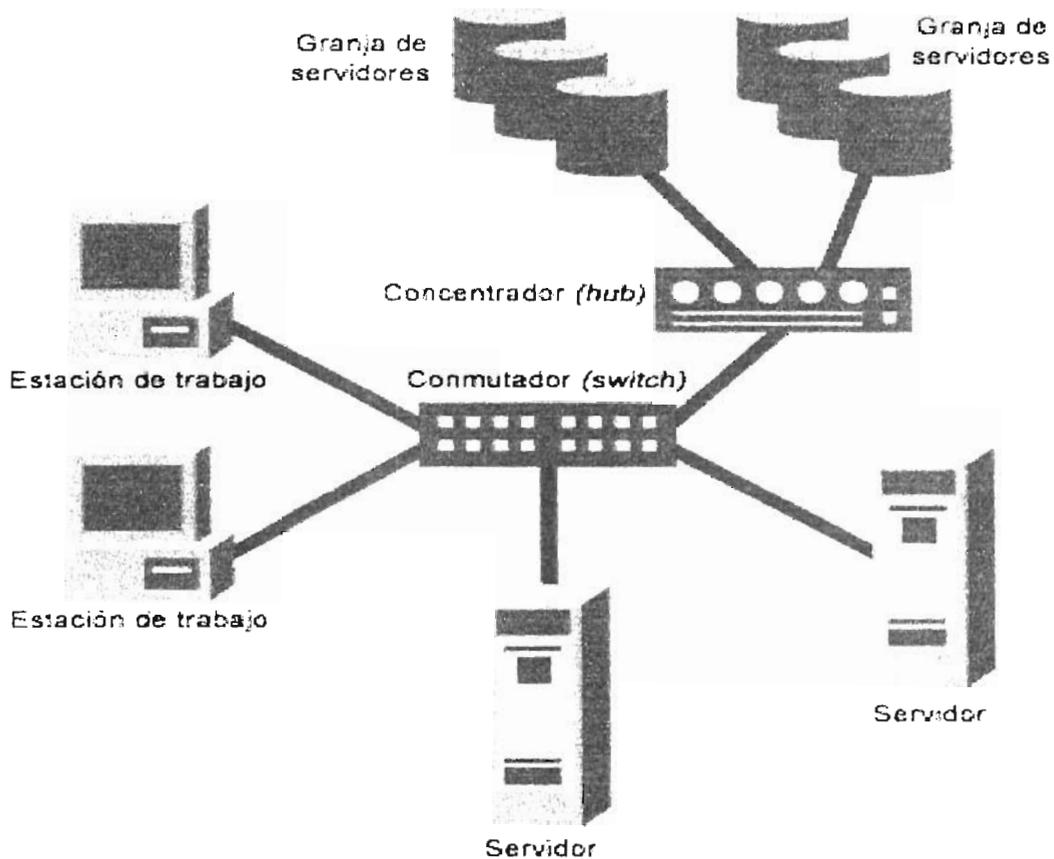
La topología *Arbitrated Loop* requiere incorporar un hub o un switch loop en Fibre Channel, para conectar hasta un máximo de 126 dispositivos, los cuales pueden ser servidores, estaciones críticas de trabajo, sistemas de almacenamiento (RAID, JBOD, ...) y sistemas de backup como librerías de cintas (DAT, DLT, 8mm, LTO, DVD ...).

La solución más compleja, orientada a grandes instalaciones, debe basarse en una topología *Fabric*, con capacidad de conectar más de 16 millones de dispositivos como los señalados, y con la posibilidad de incluir arbitrated loops.

Si se desea compartir un volumen de archivos de datos entre diferentes servidores heterogéneos y/o estaciones críticas de trabajo, se necesita un software que comparta archivos para entornos SAN, como SANergy.

Para conectar una red SAN a una red LAN ya existente, se debe incluir una tarjeta de red Ethernet en los servidores, para conectarlos a los hubs/ switches de la red Ethernet.

Las redes SAN incluyen servidores (o estaciones de trabajo de E/S de alta velocidad) conectados a un canal de E/S de alta velocidad. Por ejemplo, en la red SAN que muestra la *Figura 5*, los servidores y las estaciones de trabajo se conectan con el concentrador (hub) a través de un conmutador. Las conexiones entre dichos servidores y estaciones de trabajo y los dispositivos de almacenamiento son conexiones SCSI o de canal de fibra. El diseño de la red SAN dependerá del método de conexión que se utilice, que también afectará a la ampliación y accesibilidad de los datos que se almacenen en dicha red. Examinemos ahora los métodos disponibles y sus características.



*Figura 5.*

Uno de los componentes básicos de una red informática son sus dispositivos de almacenamiento, al crear una red dedicada de manera exclusiva a ellos, independiente de la LAN, pero coexistiendo con ella conseguiremos combinar los beneficios de la conectividad con la potencia de los servidores, eliminando los cuellos de botella, los problemas de ancho de banda y las limitaciones de distancia entre equipos impuestas por las arquitecturas clásicas como las basadas en el bus SCSI.

Una SAN es la aplicación de la tecnología Fibre Channel que permite transmisiones en serie a velocidades de 1 Gbps o más, tanto sobre cable de cobre como sobre fibra óptica para crear una red local dedicada exclusivamente a dispositivos de almacenamiento.

La implementación de una red SAN nos proporciona la manera más racional de administrar los dispositivos de almacenamiento de forma dedicada y especializada, tanto en plataformas homogéneas como heterogéneas, de forma escalable y segura, permitiendo además mantener la inversión efectuada hasta la fecha en dispositivos SCSI

### 1.2.4 Topologías SAN.

Una topología típica para un sistema a gran escala que utilice una red de área de almacenamiento basada en Fibre Channel y una red de área local es la mostrada en la Figura 6.

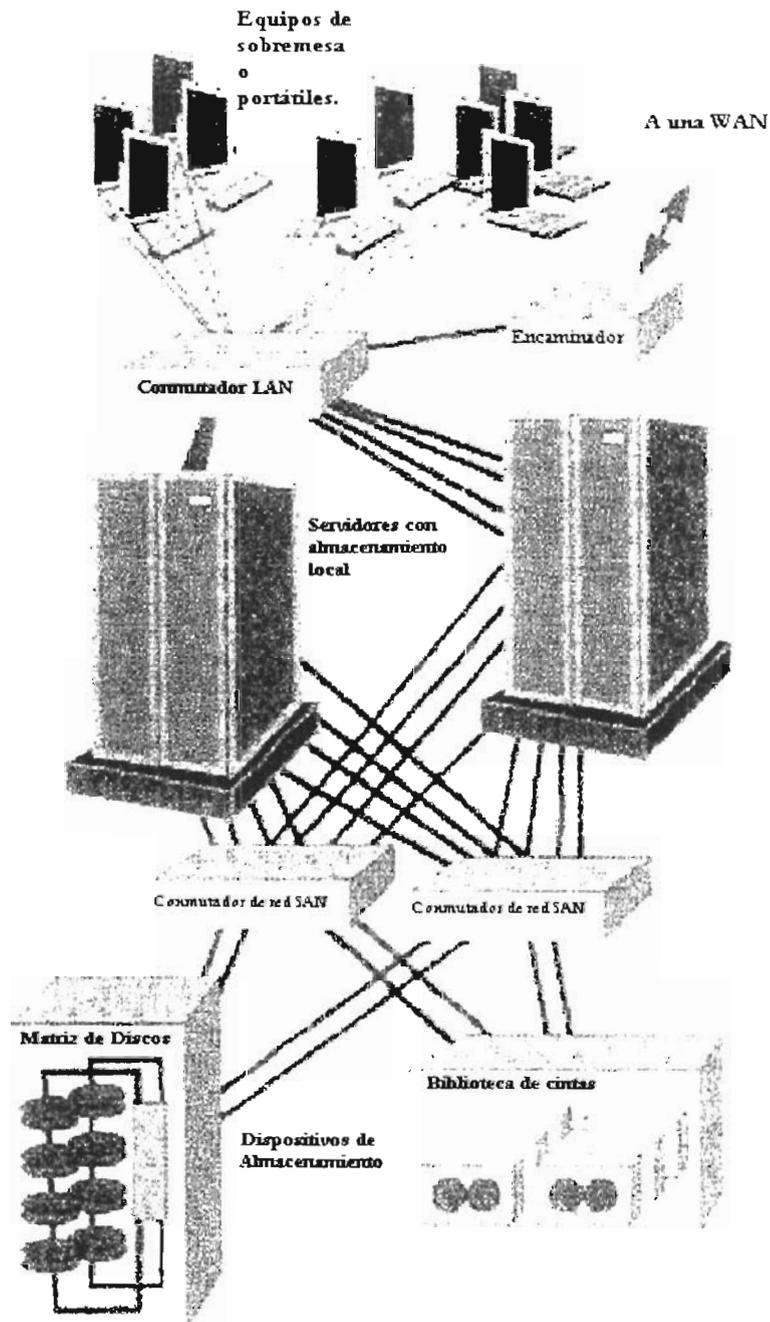


Figura 6.

Esta configuración tiene ciertas ventajas con respecto a un sistema que utilice dispositivos de almacenamiento estrechamente integrados con cada servidor independiente. Estas ventajas son:

- *Acceso por red:* Todos los servidores tienen acceso directo a todas las matrices de discos y cintas a través de la SAN, una vez se ha establecido una autorización en el nivel de red y de datos.
- *Consolidación del almacenamiento:* Como los clientes, servidores y unidades de almacenamiento se pueden ampliar por separado, y como se pueden compartir las unidades de almacenamiento, son necesarias menos unidades. Esto resulta especialmente importante para las grandes y caras bibliotecas de cintas.
- *Duplicación y archivado remoto:* Como los enlaces de red SAN pueden ser de hasta 10 km., las unidades de disco y de cintas pueden estar ubicadas remotamente, para prevención de desastres.
- *Copias de seguridad independientes de la LAN:* Los servidores pueden desplazar los datos entre matrices de discos y cintas por medio de la SAN, por lo que la LAN situada entre los servidores y clientes no se ve afectada por las copias de seguridad, y siempre está disponible.
- *Copias de seguridad independientes del servidor:* En el caso ideal, la matriz de discos y la de cintas tienen suficiente inteligencia como para permitir a los servidores ordenar transferencias a terceros, de forma que, por ejemplo, los datos puedan fluir directamente de una matriz de discos y una biblioteca de cintas a través de la SAN, sin sobrecargar ningún servidor.

### **1.3 REDES SAN, REDES LAN Y DISPOSITIVOS NAS.**

Un punto importante en el diseño de instalaciones complejas como ésta implica entender las diferencias entre las redes LAN y SAN, sobretodo porque hay gran numero de dispositivos de almacenamiento, denominados NAS (Network Attached Storage, almacén conectado a la red), que se conectan a redes LAN Ethernet.

En general, el hecho es que el tráfico a través de una red SAN es más rápido y más eficiente que el tráfico LAN. Obtener una tasa de transferencia del 80% en los enlaces de redes SAN resulta común, mientras que conseguir más del 30% de forma sostenida en los enlaces LAN es hacerlo realmente bien. Más importante aún: la sobrecarga de comunicaciones del procesador es generalmente más elevada en las redes LAN que en las SAN.

#### **1.3.1 Dispositivos NAS y Redes SAN.**

El modelo tradicional de almacenamiento de datos consiste en la conexión directa con un cable de un medio de almacenamiento a un servidor. Este modelo se conoce como **DAS** (*Direct Attached Storage*).

## Problemas del modelo DAS

- *Uso ineficaz de los recursos.* Puede darse el caso de que un servidor se quede sin espacio de almacenamiento mientras que otro servidor tenga mucho espacio libre.
- *Redundancia.* Pueden existir copias innecesarias de un mismo archivo en varios servidores.
- *Imposibilidad de compartir datos entre distintas plataformas.*
- *Cuellos de botella.* Generados al hacer copias de seguridad de los servidores vía LAN.

Para evitar estos problemas surgen dos nuevas tecnologías: **SAN** (*Storage Area Network*) y **NAS** (*Network Attached Storage*).

Los dispositivos *NAS* son unidades de almacenamiento, grandes servidores dedicados exclusivamente a tal fin que se conectan a la red. Sólo cumplen una tarea: suministrar archivos a gran velocidad. Su capacidad máxima de almacenamiento es del orden de 1 TB.

Las redes *SAN* son redes multiservidor y multialmacenamiento, que actúan como redes secundarias de las redes LAN. Todos los servidores que necesitan acceder a una red SAN se conectan a la misma mediante fibra óptica. Su capacidad máxima de almacenamiento es del orden de 400 TB. Las redes SAN actúan como redes secundarias de las redes LAN (Local Area Network o Red de área local). Estas redes secundarias liberan a la red principal de las transferencias masivas de datos correspondientes a las operaciones de copia de seguridad, ya que dichas transferencias se realizan entre dispositivos de almacenamiento de la red SAN.

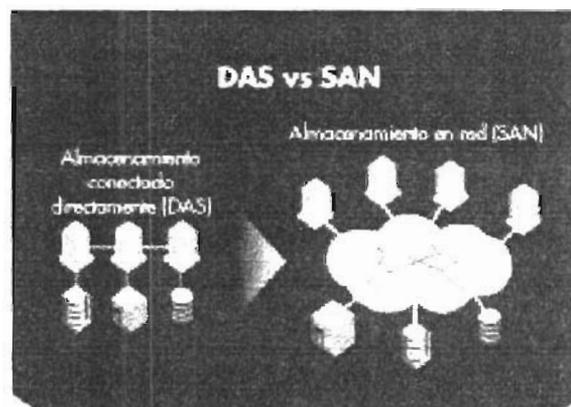


Figura 7. Diferencia en almacenamiento entre DAS y SAN.

Los dispositivos NAS utilizan un protocolo IP para suministrar los archivos a los clientes, mientras que las redes SAN utilizan un protocolo SCSI para suministrar los bloques de datos a los servidores. La conexión entre los dispositivos NAS y la red se realiza a través de Ethernet, mientras que la conexión entre los servidores y la red SAN se establece a través de SCSI o canal de fibra (fibre channel).

Las redes SAN reúnen varios dispositivos de almacenamiento en un solo bloque de almacenamiento dividido en particiones, de modo que a cada servidor de la red principal se le asigna una partición.

Las prestaciones de los dispositivos NAS y de las redes SAN son sustancialmente diferentes. Los dispositivos NAS pueden realizar ciertas funciones que las redes SAN no pueden cumplir; además, las redes SAN son escalables, mientras que la tecnología NAS no lo es tanto.

### 1.3.1.1 Como es NAS.

Un dispositivo NAS es un servidor destinado exclusivamente al almacenamiento de datos (es decir, un array de almacenamiento) que se conecta a la red, como muestra la figura 8. Los clientes envían las peticiones de archivos directamente al dispositivo NAS, evitando a los servidores destinados a fines generales de la red. La mayoría de los dispositivos NAS contienen un sistema operativo incrustado (normalmente, en memoria ROM), simplificado y optimizado como, por ejemplo, un núcleo (kernel) de Unix, que sólo suministra archivos. Estos dispositivos también incluyen un procesador de E/S y un procesador de archivos.

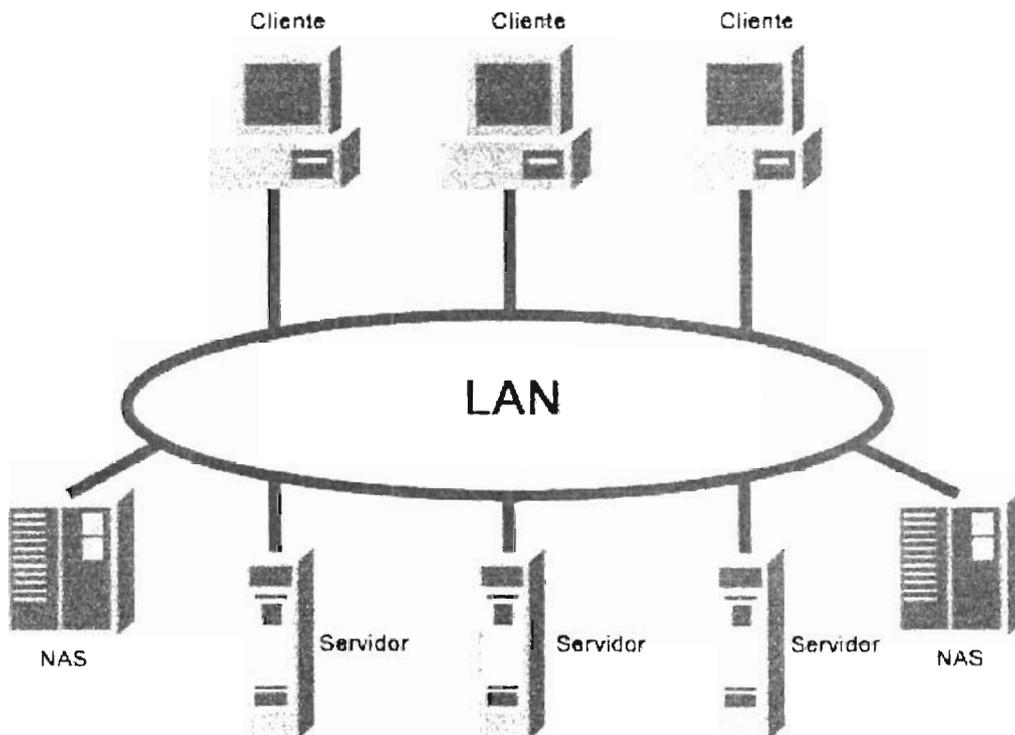


Figura 8.

Los dispositivos NAS poseen un sistema de archivos capaz de suministrar archivos de distintas plataformas, ya que son capaces de leer los datos de los principales sistemas de archivos. El micronúcleo (microkernel) reduce drásticamente la complejidad a la par que aumenta la fiabilidad del sistema. Los dispositivos NAS también poseen la capacidad de compartir una copia de los datos entre varios servidores de aplicaciones, lo que los convierte en una magnífica herramienta de colaboración entre plataformas. Además, son más económicos que los servidores estándar, por lo que se puede adquirir un dispositivo NAS para Windows NT a muy bajo precio. De hecho, la relación costo/rendimiento de este tipo de dispositivos los convierte en un producto muy atractivo.

Los dispositivos NAS también permiten tomar instantáneas, es decir, imágenes de los directorios del cliente o del servidor en los que se almacenan los datos. La toma de instantáneas es más frecuente en el mundo de los mainframes que en el de NT, y es distinta a la operación de almacenamiento de datos. Las instantáneas son registros de los lugares en que residen los datos, no copias de los datos. Para guardar una copia de un archivo pueden hacer falta varios megabytes, mientras que para obtener una instantánea sólo hacen falta unos cuantos bytes. Las instantáneas permiten restaurar la versión anterior de un archivo de forma automática. Por ejemplo, si se configura un dispositivo NAS para que tome una instantánea de los archivos cada 50 minutos, se podrá utilizar dicha instantánea para recuperar la versión anterior de un archivo que fue modificado.

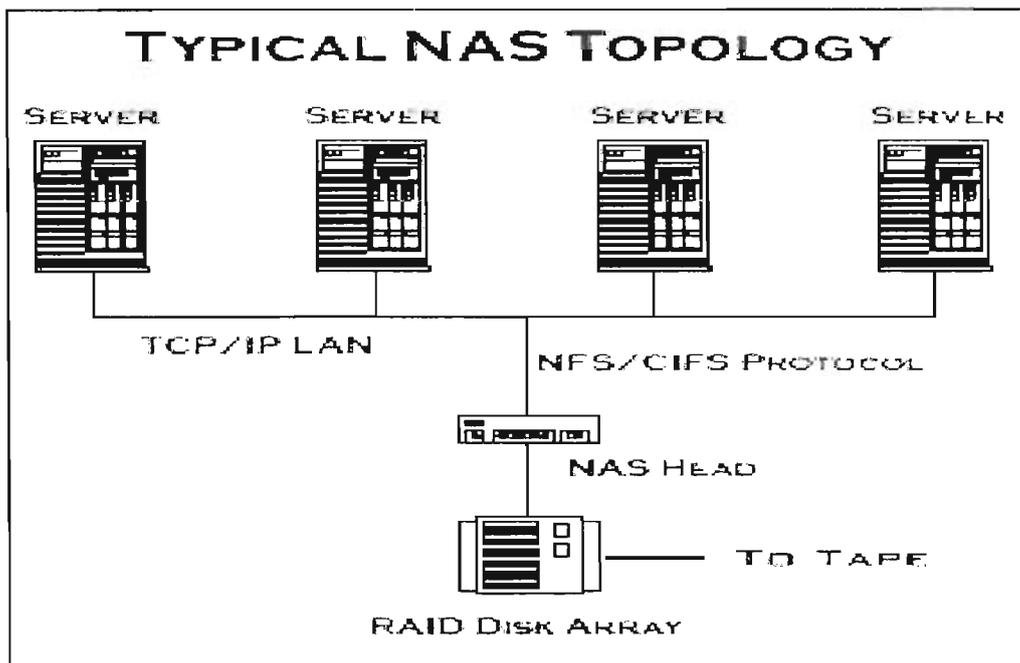


Figura 9 Topología típica de NAS.

### **1.3.1.2 Protocolos NAS.**

Los dispositivos NAS, como ya lo habíamos mencionado, se comunican por medio de protocolo TCP/IP. Además de éste protocolo NAS también soporta protocolos como Sun Network File System (NFS) así como Common Internet File System (CIFS). Tanto NFS como CIFS operan de la forma cliente / servidor

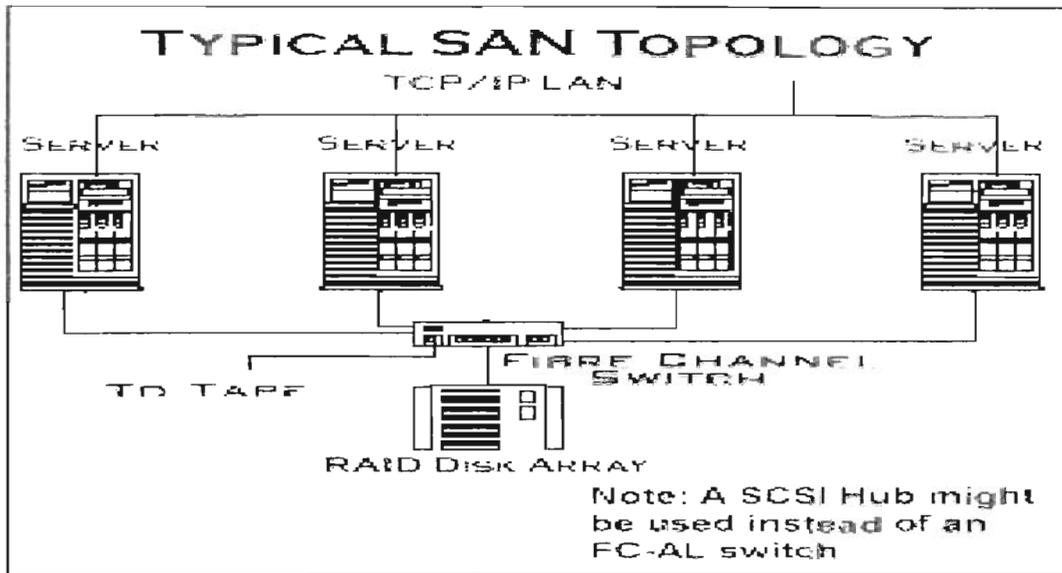
Muchos NAS también soportan Hypertext Transfer Protocol (HTTP).

### **1.3.1.3 Como es SAN.**

Una SAN se diferencia de un dispositivo NAS en que la SAN es una red. Los arquitectos de redes diseñan las redes SAN con el fin de atender las necesidades específicas de cada empresa. Examinaremos, a continuación, las características generales de las redes SAN.

Las redes SAN son redes secundarias dedicadas exclusivamente al almacenamiento de datos que incluyen componentes estándar como servidores, multiplexores (MUX), puentes y dispositivos de almacenamiento (por ejemplo, cintas o arrays de disco). Cada servidor de la red principal se conecta a la red SAN mediante una conexión SCSI o de canal de fibra, de forma que todos ellos gozan de acceso de alta velocidad a los dispositivos de almacenamiento. Los servidores de la red tratan al espacio que se les ha asignado en la red SAN como si fuera un disco conectado directamente al servidor, y la red SAN utiliza el mismo protocolo de comunicación que emplea la mayoría de los servidores para comunicarse con sus discos respectivos. El modelo SAN agrupa a varios dispositivos de almacenamiento formando una red a la que todos los servidores de la red LAN se encuentran conectados. La información se almacena en la red SAN, por lo que, a diferencia del modelo NAS, los clientes tienen que solicitar los archivos a los servidores para que éstos se los suministren.

Las redes SAN presentan la ventaja de una gran flexibilidad a la hora de asignar el espacio de almacenamiento. Estas redes poseen herramientas de administración y reparticionamiento que permiten a los administradores reasignar espacio de almacenamiento de un servidor a otro con sólo volver a particionar la red SAN. La operación de reparticionamiento es sencilla, ya que se limita a asignar, no conectar, espacio de almacenamiento a un servidor de la red. Otra ventaja que presentan las redes SAN es la de que liberan a la red LAN del tráfico originado por las operaciones de copia de seguridad. Como el espacio de almacenamiento se encuentra en una red secundaria, dicho tráfico no tiene que pasar por la red principal. Esta ventaja constituye uno de los mayores atractivos para las empresas.



*Figura 10 Topología típica de SAN.*

#### 1.3.1.4 A favor de NAS y de SAN.

El modelo tradicional de almacenamiento de datos, llamado DAS (Direct Attached Storage), genera una serie de problemas. Hasta hace algunos años, la única solución de almacenamiento disponible consistía en la conexión directa de un medio de almacenamiento (disco duro, array RAID, cinta, disco óptico) a un servidor que procesaba todas las peticiones de archivos que le enviaban los clientes.

Este modelo genera una serie de problemas de administración. En primer lugar, no utiliza los recursos de forma eficaz. Puede ocurrir, así, que un servidor se quede sin espacio de almacenamiento, mientras que otro disponga de 100 GB de espacio libre en disco. Este modelo tradicional de almacenamiento genera lo que se denomina «redundancia», es decir, la existencia no deseada e innecesaria de copias de un mismo archivo en varios servidores. La existencia de archivos duplicados resta eficacia y dificulta las tareas de colaboración y administración de la información. Además, cuando los datos se almacenan en los servidores de la red LAN, el tráfico derivado de las operaciones de copia de seguridad colapsa los recursos de dicha red.

DAS presenta un último problema que consiste en que los servidores no pueden compartir datos de distintas plataformas, ya que un sistema de archivos (por ejemplo, NTFS) no puede leer los datos de otro sistema de archivos diferente (como Unix). Existen algunas aplicaciones de terceras marcas que pueden realizar la conversión entre sistemas de archivos, pero son difíciles de utilizar. Por ello, el modelo tradicional de almacenamiento en servidores tiende a desaprovechar valiosos recursos y obliga a los administradores a dedicar más tiempo al reparto de la carga de almacenamiento, a tareas de administración para eliminar la redundancia y a la supresión de cuellos de botella. NAS y SAN son la solución a muchos de los quebraderos de cabeza que sufren los administradores.

### 1.3.1.5 Diferencias entre NAS y SAN.

La diferencia existente entre el funcionamiento de un dispositivo NAS y el de una red SAN es muy sutil. Los dispositivos NAS utilizan un protocolo IP para suministrar los archivos a los clientes, mientras que las redes SAN utilizan un protocolo SCSI para suministrar los bloques de datos a los servidores. Los dispositivos NAS se asemejan a los servidores de red que suministran los archivos a los clientes, mientras que las redes SAN parecen más bien un medio de almacenamiento adicional para los servidores. Los dispositivos NAS suministran los archivos previa solicitud, mientras que las redes SAN se limitan a conceder el acceso directo a los discos.

Otra diferencia existente entre ambas tecnologías es que la conexión entre los dispositivos NAS y la red se realiza a través de Ethernet, mientras que la conexión entre los servidores y la red SAN se establece a través de SCSI o canal de fibra.

Las redes SAN, por su parte, mejoran el modelo tradicional de almacenamiento basado en servidores y ofrecen un acceso a datos a gran velocidad. Las redes SAN reúnen varios dispositivos de almacenamiento en un solo bloque de almacenamiento dividido en particiones, de modo que a cada servidor de la red principal se le asigna una partición. Puede decirse, entonces, que las redes SAN utilizan el modelo tradicional de topología de almacenamiento en virtud del cual todos los datos se almacenan en un dispositivo de almacenamiento al que se accede a través del servidor. Las redes SAN permiten, no obstante, recuperar los datos de forma rápida, reparticionar y reasignar el espacio de almacenamiento de forma fácil y liberar a las redes LAN del tráfico que originan las operaciones de copia de seguridad.

Los dispositivos NAS identifican a los datos por su nombre de archivo y por medio de byte offsets (transferencia de datos de archivo) o file media-data, y autenticación del usuario. Mientras que SAN etiqueta una dirección a los datos por medio de un número de bloque de disco y transferencia pura de bloques de disco.

El File System manejado por NAS son encabezadas por unidades, mientras que el manejo de File System de SAN lo hace por servers.

Una diferencia mas importante entre los dispositivos NAS y las redes SAN es la distinción entre el tipo de tráfico que cruza la red. En un NAS, el tráfico que cruza la red son peticiones y respuestas de alto nivel relativas a archivos, independientemente de cómo estén dispuestos los archivos en los discos. Sin embargo, en las redes SAN, el tráfico son peticiones y respuestas referidas a bloques de datos, situados en localizaciones específicas dentro de discos específicos.

La diferencia aquí es que el dispositivo NAS trabaja por encima del nivel del sistema de archivos, mientras que las redes SAN trabajan por debajo de dicho nivel, en el nivel de bloque de datos.

Un dispositivo de almacenamiento SAN es mucho más que un simple dispositivo de almacenamiento. El cliente o clientes hacen que el sistema de archivos traduzca los accesos a los archivos en operaciones sobre bloques específicos de disco, y que luego envíe las peticiones a través de la red. El dispositivo de almacenamiento realiza las

operaciones y devuelve las respuestas, sin ningún trabajo por parte del sistema de archivos.

Esta diferencia de funcionamiento, y la cuestión de que si el trabajo del sistema de archivos se realiza en la parte frontal (subsistema de interfaz) o la parte trasera (subsistema de servicio) de la red, puede implicar una diferencia de rendimiento mayor que la cuestión de si el tráfico atraviesa una pila de protocolos TCP/IP/Ethernet, o una pila de protocolos SCSI/Fibre Channel, ya que cada operación de E/S puede requerir para completarse hasta 20,000 instrucciones del procesador. La mejor forma de minimizar la sobrecarga de comunicaciones consiste en evitar por completo las transferencias innecesarias de datos. Se deben considerar los siguientes aspectos:

- Las redes SAN pueden ser mucho más escalables, ya que se puede distribuir el trabajo del sistema de archivos entre docenas o cientos de pequeños servidores que acceden a 1 o 2 grandes matrices de discos. Un dispositivo NAS tendría que realizar él mismo todo el trabajo de procesamiento del sistema de archivos para todos los servidores que accedieran a sus datos, cosa que podría causar un cuello de botella.
- La infraestructura de una solución basada en dispositivos NAS puede ser más barata y entenderse más fácilmente, ya que un dispositivo NAS se halla unido directamente a una estructura Ethernet estándar.
- Los dispositivos NAS han estado presentes bastante tiempo, ya que básicamente se trata de un servidor de archivos dedicado. Las redes SAN son una tecnología más novedosa, y en muchos casos ofrece características diferentes y mejores.

A menudo suele valer la pena una combinación de las dos: un gran dispositivo de almacenamiento unido a la red puede tener muchos discos en su interior o tras él, con los que puede comunicarse a través de una SAN.

Conviene insistir en lo importante que es dónde se hace el trabajo del sistema de archivos. No hay comunicación que menos trabajo requiera que la que no se realiza, y para minimizar las comunicaciones necesarias hay que entender que tipo de comunicación se requiere y cuál no. Con una SAN, la aplicación que solicita los datos se está ejecutando en el mismo sistema en el que se realiza el trabajo con archivos, por lo que la decisión sobre cuándo y dónde hacer los accesos a discos puede hacerse en forma inteligente para minimizar el tráfico de la red. Sin embargo, con los dispositivos NAS, el cliente que solicita acceso a los archivos está separado del dispositivo NAS que realiza el trabajo en el sistema de archivos y que genera las operaciones de disco, por lo que es más difícil realizar predicciones sobre los accesos a disco que se necesitarán y los que se pueden evitar.

Una solución híbrida para el almacenamiento de datos consiste en montar una red SAN y conectarla a un dispositivo NAS. Si se utiliza el dispositivo NAS como pasarela de la red SAN, se dispondrá de acceso a todos los datos de dicha red, independientemente de la plataforma en que se encuentren. Desde el punto de vista técnico, es posible crear un gran dispositivo NAS que utilice la red SAN para aumentar el espacio de almacenamiento disponible. Desafortunadamente, esta solución pone de manifiesto las limitaciones que presentan los dispositivos NAS, como la ausencia de acceso directo a disco.

Las redes SAN, por su parte, ofrecen espacio en disco a los servidores, pero la forma en que los servidores utilicen dicho espacio en disco dependerá del sistema de archivos que utilice cada servidor. Aunque las redes SAN no permiten operaciones entre plataformas distintas, ofrecen el acceso directo a disco que necesitan muchas aplicaciones importantes. Además, las redes SAN son muy escalables y ofrecen un altísimo nivel de flexibilidad. Pueden añadirse 10 TB de espacio en disco a una red SAN y asignar dicho espacio al servidor que lo necesite de forma muy fácil, por ejemplo.

### **1.3.2 Redes LAN y SAN: diferencias en el diseño de red.**

Algunas de las ventajas en eficiencia de Fibre Channel, comparado con Ethernet, están directamente relacionadas con el diseño de la red. En un entorno de innovación constante, cualquier ventaja de diseño real se adopta rápidamente en todos los diseños de la siguiente generación, por lo que son tan solo ventajas a corto plazo.

- Control de flujo (de nivel de enlace y de extremo a extremo) a bajo nivel (basado en hardware), para que los niveles superiores no tengan que gestionar el control de flujo y el control de congestión. El control de flujo y el control de congestión de alto nivel pueden requerir una sobrecarga significativa, especialmente en redes muy cargadas.
- Transmisión basada en la conmutación (en lugar de utilizar un medio compartido), por lo que la calidad de servicio de una conexión en particular puede ser mayor.
- La información de los protocolos de nivel superior se define en las cabeceras de nivel de red, por lo que el hardware de bajo nivel puede ayudar en el procesamiento de los protocolos de nivel superior

Hay que recalcar que el nivel de red en Fibre Channel no es muy diferente al de la moderna Ethernet sobre una estructura conmutada (es decir, un medio no compartido), con control de flujo por presión inversa de nivel de enlace.

### **1.3.3 Redes LAN y SAN: diferencias en el diseño de los protocolos.**

Las ventajas más importantes de la red SAN frente a la LAN en cuanto a eficiencia y rendimiento están relacionadas con el diseño de los niveles superiores de protocolos, y tiene que ver con el hecho de que a las LAN en general se accede a través de una pila de protocolos TCP/IP (o UDP/IP), mientras que a las redes SAN se acceda a través de una pila de protocolos SCSI más sencilla, con menor sobrecarga para el procesador anfitrión. Esto incluye los siguientes factores:

- *Comprobación de errores de nivel inferior:* los canales entregan los datos intactos al servidor, o no entregan ninguno (datos corruptos, o desconexiones de los cables), por lo que los procesadores realizan menos cálculos de sumas de comprobación o validaciones de los campos de la cabecera.

- *Comportamiento de la red predecible*
  - Transmisión ordenada: se supone que no hay ninguna reordenación del tráfico en la red, por lo que desaparece la sobrecarga extra asociada con las comprobaciones de que el orden de entrega es correcto y la asignación de recursos necesaria para el caso de que no lo sea.
  - Tiempos de ida y vuelta por la red bien definidos, por lo que el protocolo no ha de incluir código para responder a la pregunta ¿se ha perdido el paquete o simplemente lleva mucho retraso?.
  
- *Red de petición respuesta:* el servidor realiza peticiones de lectura o escritura al subsistema de disco, por lo que todos los paquetes entrantes en el servidor son paquetes esperados. Esto significa:
  - Menor análisis sintáctico de la cabecera y menor necesidad de gestionar casos especiales, ya que todos los paquetes entrantes son esperados, y los recursos para ocuparse de ellos ya han sido asignados previamente.
  - Menor sobrecarga para control de flujo, ya que no hay necesidad de asignar espacio de búfer o realizar procesos de gestión de búfer para un tráfico que puede o no llegar.
  
- *Transporte basado en mensajes:* TCP es un protocolo de transmisión de flujo a través de sockets, mientras que SCSI funciona con bloques de mensajes de comandos y de datos, con espacio de memoria preasignado, por lo que en muchos casos se requiere menos gestión de búfers y menos operaciones de copia de los datos.
  
- *Mayor granularidad de las transferencias:* los adaptadores Ethernet trabajan normalmente en el nivel de paquetes Ethernet, con lo que todas las segmentaciones y recomposiciones de nivel superior en datagramas IP, o sockets de nivel TCP, requieren la intervención del procesador anfitrión. Los adaptadores Fibre Channel normalmente realizan la recomposición de las tramas en secuencias, y entregan al protocolo de nivel superior la secuencia completa para que la complete el procesador anfitrión. Esto significa, por ejemplo, que puede haber menos interrupciones del procesador, y menos conmutaciones de contexto.
  
- *Operaciones con direcciones reales:* los protocolos SCSI trabajan en el núcleo (kernel), por lo que no hay necesidad de conmutar entre el contexto del usuario y el contexto del núcleo, y se pueden utilizar direcciones reales en todas las operaciones, con lo que hay menos traducción de direcciones virtuales a físicas.

#### 1.4 VENTAJAS DE UNA SAN.

- **Protección de la inversión actual y futura / Conectividad modular:** Una ventaja primordial de la SAN es su compatibilidad con los dispositivos SCSI ya existentes, aprovechando las inversiones ya realizadas y permitiendo el crecimiento a partir del hardware ya existente. Mediante el empleo de dispositivos modulares como hubs, switches, bridges y routers, se pueden crear topologías totalmente flexibles y escalables, asegurando la inversión desde el primer día y, lo que es más importante, aprovechando dispositivos SCSI de costo considerable como subsistemas RAID SCSI a SCSI, librerías de cintas o torres de CD-ROM, ya que a través de un bridge Fibre Channel a SCSI podemos conectarlos directamente a la SAN. Puesto que están en su propia red, son accesibles por todos los usuarios de manera inmediata.
- **SAN es una red de almacenamiento de altas prestaciones.** Su función es centralizar el almacenamiento de los ficheros en una red de alta velocidad y máxima seguridad. Es una solución global donde se comparte todos los recursos de almacenamiento en la compañía.
- **Gran ancho de banda:** ancho de banda actual de hasta 200 Mbytes/segundo con doble adaptador Fibre Channel. La tecnología Fibre Channel permite un incremento del ancho de banda efectivo de entre 2,5 y 10 veces la obtenida sobre una plataforma SCSI. Si en la actualidad el ancho de banda es de 1 Gb./s, el nuevo estándar especifica anchos de entre 2 a 4 Gb./s.
- **Centralización del backup/ Copia de seguridad independiente de la LAN:** el sistema de copia se conecta a la SAN, por lo que es posible realizar el backup on-line, sin afectar al trabajo de los usuarios y ejecutándose en un tiempo mínimo con un impacto prácticamente cero en el servidor, si se emplean dispositivos con soporte "data mover" y software de copia de seguridad con opción "serverless backup"
- **Tolerancia a fallos** permitiendo la ejecución de aplicaciones críticas 24x7. La utilización de sistemas RAID tolerantes al fallo se ha generalizado en entornos corporativos. Sin embargo y debido a que la velocidad de proceso no debe penalizarse al emplear información redundante, la potencia de cálculo y proceso de los sistemas RAID hace que tales dispositivos tengan un costo elevado. Una manera de compensar este costo elevado es emplearlo no tan sólo para las aplicaciones críticas corporativas sino para todos los usuarios de la red. Ello requiere que el sistema debe ser compartido. Fibre Channel por sus características de red y por su elevado ancho de banda convierte a este requerimiento en estándar
- **Compartir ficheros entre servidores en entornos heterogéneos** (Unix, NT, MacOS, ...).
- **Alta escalabilidad y larga distancia entre nodos de la red:** Dependiendo de la topología SAN utilizada podemos interconectar hasta 126 nodos por bucle en "Arbitrated Loop", a distancias entre ellos de 30 metros en el caso de utilizar cable de cobre y de hasta 10 Km si se emplea cable de fibra óptica; o más de 16 millones en la topología "Fabric", alcanzando capacidades de cientos de Terabytes. Esta escalabilidad es impensable en entornos Ethernet y permite planificar una red SAN simplemente añadiendo dispositivos a medida que las necesidades lo requieren.

Por ello podemos afirmar que la SAN es la solución definitiva a los problemas de almacenamiento, gracias a su **escalabilidad**, permitiéndole crecer indefinidamente según se precise.

- **Alta disponibilidad:** Fibre Channel incluye soporte de conexión dual loop. Con ello se proporciona un camino alternativo a la señal en el caso de que un cable falle o sea accidentalmente desconectado. De nada sirve un sistema RAID tolerante al fallo si el único camino para acceder a él se interrumpe, bien sea por el fallo de un componente o por la desconexión accidental de un cable.
- **Fácil administración/ Gestión centralizada:** Puesto que la tecnología Fibre Channel no es la evolución de una tecnología existente sino que parte de cero, ha podido definir libremente una serie de nuevas posibilidades imposibles de implementar hasta ahora. Uno de estos aspectos es la gestión global de todos y cada uno de los dispositivos de almacenamiento que forman parte de la red. Ello supone desde el control de conexión o desconexión de un puerto de forma remota, hasta el control de nodos o bucles, pasando por el control del estado de las cabinas, dispositivos de almacenamiento, hubs y switches, etc. Y puesto que Fibre Channel es un medio de transmisión, es independiente del protocolo que transporta. Ello hace que podamos utilizar protocolos ampliamente extendidos en la industria como SES (SCSI Enclosure Services), SAF-TE (SCSI Accessed Fault Tolerant Enclosure), SMART (Self Monitoring Analysis and Reporting Technology), SNMP (Simple Network Management Protocol) y WBEM (Web-based Enterprise Management). La mayoría de las aplicaciones de administración de red emplean estos protocolos, mediante los cuales podemos controlar y optimizar el tráfico de toda la red, diagnosticar de manera más rápida y eficiente problemas, evitando caídas del sistema con el ahorro de costos que ello supone. Además, en la SAN la centralización desde una única consola permite una gestión más eficiente de los sistemas de almacenamiento.
- **Fácil Integración:** Las posibilidades de conectividad junto con la posibilidad de realizar hot plug (conector) de dispositivos facilitan la adición de componentes sin detener el servidor o servidores. Además, la flexibilidad de poder utilizar indistintamente cable de cobre o fibra óptica en cualquier punto de la red, facilita la instalación e implementación de futuras expansiones.
- **Bajo costo de mantenimiento:** Es fácil deducir que disponer de una red con dispositivos hot swap (intercambio), con potentes herramientas de gestión y administración, facilita enormemente las tareas de mantenimiento. Además, estas herramientas proporcionan elementos de análisis que permiten diagnosticar, incluso antes de que se produzcan, problemas en la red. Con ello se obtienen ahorros derivados del tiempo de no-utilización del acceso a los datos. Además, la gestión centralizada gracias a una SAN reduce drásticamente los gastos de gestión del almacenamiento y aumenta tanto la consistencia y dimensión del control de los administradores del sistema, como la disponibilidad de los datos.

### 1.4.1 Implementación de SAN.

La implementación de una SAN es imprescindible en cualquiera de estas situaciones.

- Si se necesita la máxima velocidad de acceso a los datos.
- Si la red está saturada y muestra continuas colisiones. Se producen accesos masivos y grandes peticiones al servidor por parte de los usuarios, la cantidad de datos que circula por la red cada vez es mayor.
- Si la cantidad de datos que manejan los usuarios cada vez es mayor y necesitan mayor capacidad de almacenamiento.
- Si se dispone de servidores críticos: bases de datos, correo y/o comercio electrónico, aplicaciones críticas, servidores web, etc.
- Si se necesita realizar el backup de los ficheros de la red de una manera rápida, segura, eficaz y desatendida.
- Si se necesita una gestión centralizada y compartir recursos de almacenamiento.

Los beneficios de una SAN son especialmente interesantes en aplicaciones como Data Warehouse, Data Mining, bases de datos, procesos OLTP, backup y restauración de datos, web serving, e-business, aplicaciones multimedia y, en definitiva, cualquier entorno que requiera sistemas de gestión de almacenamiento de alta disponibilidad.

SAN es adecuado si se busca :

- Reducir los costes administrativos ,
- Disminuir gastos en discos o cintas de almacenamiento,
- Reducir la necesidad de hardware para copias de seguridad,
- Diferir el gasto en infraestructuras de red LAN
- Requerimiento a un acceso 24 x 365
- Requerimiento de un acceso total a su información
- Múltiples conexiones.
- Se tenga un número creciente de servidores con mayores requerimientos en cinta
- Se tenga un uso intensivo de procesadores

## 1.5 CONSTRUCCIÓN DE UNA SAN.

- Se puede considerar una SAN a partir de un servidor que incorpora un adaptador interno Fibre Channel conectado a un RAID de discos en Fibre Channel, constituyendo así el caso más sencillo con una **topología punto a punto**.
- A continuación podemos hacer crecer la SAN según otras topologías: Arbitrated Loop y Fabric.
- En la **topología Arbitrated Loop** necesitaremos incorporar un hub o un switch loop en Fibre Channel, para conectar hasta un máximo de 126 dispositivos, los cuales pueden ser servidores, estaciones críticas de trabajo, sistemas de almacenamiento (RAID, JBOD, ...etc) y sistemas de backup como librerías de cintas (DAT, DLT, 8mm, LTO ...).
- La solución más compleja, orientada a grandes instalaciones, estaría basada en una **topología Fabric**, en la que podemos conectar más de 16 millones de dispositivos, los mismos que anteriormente, y con la posibilidad de incluir arbitrated loops.
- Si deseamos compartir un volumen de ficheros entre diferentes servidores heterogéneos y/o estaciones críticas de trabajo, necesitaremos un software de compartición de ficheros para entornos SAN, como SANergy.

Es lógico montar grandes redes SAN cuando se necesita utilizar grandes almacenes de datos distribuidos por un amplio espacio geográfico, como es el caso de una gran red WAN. Dado que, incluso la longitud máxima de 10 km del canal de fibra puede representar un obstáculo a la hora de acceder a los datos de la red SAN desde distancias superiores, las empresas del sector están intentando aumentar la distancia máxima que pueden alcanzar las redes SAN. Es perfectamente posible utilizar las redes SAN en modo ATM (Asynchronous Transfer Mode o Modo de transferencia asíncrona) o SONET (Synchronous Optical Network o Red óptica sincrona).

En un sencillo paso, instalar SAN da como resultado

- Operaciones de copia de seguridad y recuperación más rápidas
- Mayor continuidad y estabilidad de las operaciones de negocio
- Mayor disponibilidad de los datos
- Consolidación eficiente de servidores y capacidad de almacenamiento

### 1.5.1 Consideraciones de diseño de una SAN.

- Requerimiento de la aplicación.
- Soporte de protocolos.
- Distancia entre dispositivos.
- Número de dispositivos.
- Permanencia de dispositivos de almacenamiento tradicional.
- Volumen de tráfico.
- Segmentación de departamentos.
- Redundancia.
- Recuperación ante desastres. La tecnología FC permite tener una copia de los datos a kilómetros del CPD.

Uno de los puntos primordiales al momento de decidirse por determinada solución de SAN, es el software que el fabricante le ofrece.

Es recomendable que se verifique las siguientes características mínimas en un software de administración:

**Modularidad.-** Porque los clientes cuando arrancan, lo hacen con un concepto básico de SAN. Es posible que se desee que el disco se comparta entre varios servidores, lo que es muy básico, pero tal vez más adelante requiera que los discos sean capaces de realizar la función de movimiento de información de disco a cinta o viceversa. Se debe pues tener un software que sea capaz de crecer de acuerdo a las necesidades.

**Interfase gráfica.-** Que el software sea fácil de administrar para que se pueda implementar de manera eficiente. Debe también de ser sencillo y prescindir de inversiones en recursos técnicos.

**Acceso universal.-** Tener la posibilidad de ver de manera uniforme los datos que están dentro de la SAN, es decir, que permita manejar el software de una manera transparente en la parte de servidores, dispositivos y SAN, sin importar si se trata de UNIX o Windows NT, por ejemplo. Es necesario que exista un acceso universal de la información.

## 1.6 SEGURIDAD EN LAS REDES DE ÁREA DE ALMACENAMIENTO.

Cuando se diseñan soluciones de seguridad para las redes SAN de hoy en día, las organizaciones deben advertir de todos los puntos potenciales donde el rompimiento de seguridad puede ocurrir. Identificar los puntos de vulnerabilidad e implementar una redituable solución de seguridad es la clave de la seguridad de SAN en la infraestructura industrial.

*Tabla de riesgos en la seguridad SAN.*

<b>Riesgo de seguridad SAN</b>	<b>Solución de seguridad.</b>
Acceso no autorizado o acceso inauténtico	Control de passwords multinivel para prevención de dichos casos
Manejo de acceso inseguro	ACLs (o Managment Acces Control List) y encriptación de passwords en ciertas interfaces
Controles de manejo autorizados desde diferentes puntos de acceso.	Aumento de la arquitectura de configuración con switches confiables y manejo seguro, así como PKI (Public Key Infrastructure) basado en autenticación y seguridad (certificados digitales).

### 1.6.1 Seguridad en dominios.

Mientras se identifican los posibles puntos vulnerables en nuestras redes, las organizaciones deberían definir los requerimientos de seguridad para SAN por medio del establecimiento de un grupo de seguridad en los dominios. Típicamente, estos dominios definen diferentes categorías de comunicaciones que deben de ser protegidas por la arquitectura de seguridad.

Estos dominios incluyen:

- Dominio “host a switch”: entre servidores host y sus adaptadores de bus (HBAs o Host Bus Adapters), y los switches que estan conectados.
- Dominio “administrador a gerente de seguridad”: entre administradores y sus gerentes de aplicaciones.
- Dominio “gerente a fábrica”: entre el administrador de aplicaciones y el switch de fábrica.
- Dominio “switch a switch”: entre switches interconectados.

La seguridad “switch a switch” incluye, más no se limita a:

- Autenticación mutua entre dos switches utilizando tecnología public key y certificados digitales.
- Alarmas de switches, como lo son las notificaciones de Simple Network Protocol (SNMP).

### 1.6.2 Componentes llave en una estructura de seguridad SAN.

Una seguridad efectiva en framework habilita a las organizaciones a construir una infraestructura SAN altamente segura a través de un grupo de poderosos y flexibles componentes de seguridad. Este tipo de soluciones deberían incluirse en los siguientes componentes de seguridad:

- Fabric Configuration Servers (configuración de servidores de fábrica).
- Managment Access Controls (controles de acceso de administración).
- Secure Managment Communications (administrador seguro de comunicaciones).
- Switch Connection Controls (controles de conexiones de switch)
- Device Connection Controls (controles de dispositivos de conexión).

La conexión de controles de switches utilizan tecnología PKI (Public Key Infrastructure o Llave de una Infraestructura Pública) para proveer la mayor seguridad a entornos SAN.

La siguiente tabla compara las características PKI con otros tipos de soluciones de seguridad.

	Autenticación	Confidencialidad	Integridad
Firewalls	x	x	
Acces Control	x	x	
Encryption		x	x
Infraestructura Public Key	x	x	x

#### Fabric Configuration Servers.

El acceso por fuentes no seguras o no autorizadas representa un mayor reto a la seguridad. Es por ello que Fabric Configuration Servers permite operaciones de administración solo de switches especificos. Este switch designado es responsable del manejo de configuración y parámetros de seguridad de otros switches.

#### Secure Management Communications.

Los switches Fibre Channel permiten el standar IP basado en el manejo de comunicaciones entre switches y un manager. Ciertos elementos de este tipo de manejo de comunicaciones como los passwords son encriptados para incrementar su seguridad.

#### Management Acces Controls.

Porque ciertos servicios de control como lo son SNMP, SES, API, y Telnet representan una amenaza de acceso no autorizado. Management Acces Controls restringe su acceso.

#### Device Connection Controls.

Porque los métodos de control de acceso desplegados en las redes SAN actuales utilizan un solicitante WWW para verificar el correcto acceso, WWW expone la seguridad de redes SAN.

#### Switch Connection Controls.

Cada switch tiene un certificado digital y una única llave privada para habilitar una conexión "switch a switch".

## 1.7 EL SUEÑO DE SAN.

El sueño de los proveedores y usuarios de la Red de área de almacenamiento es llegar al SAN abierto, en donde los dispositivos de cualquier marca, de diferentes plataformas puedan acceder a la información, independientemente del lugar donde se encuentre.

Actualmente no hay proveedor alguno que pueda asegurar brindarle un ambiente SAN que sea compatible con los dispositivos de todas las marcas, sin embargo, los fabricantes trabajan arduamente al respecto.

“La realización del sueño” está a un par de años, y se estima que para que esto se logre han de concretarse en dos etapas:

- Estandarización de los componentes que forman parte del concepto SAN de cada proveedor.
- Desarrollar las habilidades que provean las nuevas herramientas de software de administración que permita aprovechar dichos estándares.

# Capítulo 2.

## FIBRE CHANNEL.

### 2.1. DEFINICIÓN DE FIBRE CHANNEL (FC).

A medida que ha crecido la velocidad y la capacidad de memoria de los computadores personales, estaciones de trabajo y servidores, y a medida que las aplicaciones se han hecho más complejas, ha aumentado la necesidad de procesadores de mayor velocidad en el envío de datos. Este requisito afecta a dos métodos de comunicaciones de datos con el procesador: canal de Entrada / Salida (E/S) y comunicaciones de red.

Un canal de E/S es un enlace de comunicaciones punto a punto directo o multipunto, generalmente hardware y diseñado para conseguir altas velocidades de transmisión en distancias muy cortas.

*Fibre Channel* o *Canal de Fibra* es el nombre dado a un conjunto de estándares que definen mecanismos de interconexión capaz de transportar inmensas cantidades de tráfico entre estaciones de trabajo, subsistemas de almacenamiento masivo, periféricos y sistemas host, a velocidades entre 10 y 250 veces más rápidas que una red LAN típica, pudiendo proveer velocidades mayores a 2Gbps( y 10 Gbps en un futuro cercano), todo esto utilizando una comunicación serial por medio de cobre o cable óptico. Esta tecnología está desarrollada para estaciones de trabajo de altas prestaciones o servidores, así como para la conexión directa de dispositivos de E/S de alta velocidad.

Fibre Channel (FC) fue desarrollado por primera vez en 1988, cuando el Instituto de Estándares Nacionales Estadounidenses (ANSI, American National Standards Institute) conformó un comité para el canal de fibra en 1989. Posteriormente, IBM, Hewlett-Packard y Sun Microsystems formaron en 1992 la Iniciativa de Sistemas de Canal de Fibra (FCSI), una organización de carácter temporal, para garantizar su interoperatividad. Más tarde, la FCSI se desintegró y el proyecto pasó a manos de la Asociación de Canal de Fibra (FCA) en 1994. ANSI aceptó el canal de fibra como un estándar en 1994. Sin duda alguna, el canal de fibra es el más grande y complejo conjunto de documentos sobre estándares para el protocolo en telecomunicaciones. Existen dos asociaciones de la industria que promueven la tecnología FC: la Fibre Channel Association (FCA) y la Fibre-Channel Loop Community (FCLC).

Fibre Channel está diseñado para combinar la sencillez y velocidad de las comunicaciones de canal con la flexibilidad e interconectividad que caracterizan a las comunicaciones de red basadas en protocolos. Esta fusión de enfoques permite a los diseñadores de sistemas combinar la conexión tradicional de periféricos, la interconexión de redes estación – estación, la agrupación de procesadores débilmente acoplados y el uso de aplicaciones multimedia en una misma interfaz multiprotocolo.

Entre los tipos de recursos orientados a canal incorporados en la arquitectura de protocolos de canal de fibra se encuentran:

- Modificadores de tipos de datos para encaminar la carga útil contenida en tramas sobre memorias temporales de interfaz específicas.
- Elementos del nivel de enlace asociados con operaciones individuales de E/S.
- Especificaciones de interfaz de protocolo para dar soporte a arquitecturas de canal de E/S existentes, tales como la interfaz SCSI.

Entre los tipos de recursos orientados a red incorporados en la arquitectura de protocolos de FC se encuentran los siguientes:

- Multiplexación completa de tráfico entre múltiples destinos.
- Conectividad igual a igual (paritaria) entre cualquier par de puertos en una red de FC.
- Posibilidad de interconexión con otras tecnologías.

Las tecnologías Fibre Channel y redes SAN están enfocadas hacia (a) optimizar el movimiento de datos entre el servidor y los sistemas de almacenamiento, y (b) gestionar los datos y el acceso a los mismos, de forma que se optimice cuanto sea posible las comunicaciones, a la vez que se proporciona un acceso a los datos continuo y fiable para quien quiera que los necesite.

La mayoría de las veces Fibre Channel es asociado solo con la utilización de fibra óptica. El cobre tradicional, como por ejemplo, el cable de par trenzado, también puede ser implementado para pequeñas redes. Sin embargo, utilizando Fibre Channel sobre cobre se presentan los mismos inconvenientes que éste medio de transmisión incluye, como la corta distancia de transmisión (30 metros dependiendo de las características del cable).

Mientras la implementación de cobre puede ser rentable para determinados ambientes, el cable de fibra óptica es el medio ideal para ser utilizado en grandes redes de almacenamiento. El cable de fibra óptica es categorizado por su diámetro, el cual se mide en micras, y por su "modo". El cable puede ser de dos "modos"; el Monomodo puede acarrear una sola señal a un solo tiempo, mientras que el Multimodo puede transferir más de una sola señal por medio del rebote de la misma en las paredes del hilo de cristal del mismo cable. Los estándares aceptados para Fibre Channel sobre el cable de fibra óptica son 175 metros sobre un cable Multimodo para un cable de 62.5 micras, 500 metros para un cable Multimodo de 50 micras y 10 kilómetros sobre un cable Monomodo de 9 micras.

En la siguiente tabla se muestran las distancias máximas para los distintos tipos de medios de canal de fibra óptica.

TIPO DE FIBRA	VELOCIDADES DE TRANSMISIÓN			
	800 Mbps	400Mbps	200Mbps	100Mbps
Fibra de modo simple	10 km	10 km	10 km	-
Fibra multimodo de 50 micrometros	0.5 km	1 km	2 km	-
Fibra multimodo de 62.5 micrometros	175 m	1 km	1 km	-
Cable coaxial de video	50 m	71 m	100 m	100 m
Cable coaxial en miniatura	14 m	19 m	28 m	42 m
Par trenzado apantallado	28 m	46 m	57 m	80 m

## 2.2. APLICACIÓN DE FIBRE CHANNEL .

En la actualidad, la aplicación más conocida del Canal de Fibra es la infraestructura para redes del área de almacenamiento (Storage Area Networks, SAN). SAN es una red de almacenamiento independiente a los servidores, a diferencia de la disposición tradicional, en la que cada servidor cuenta con una unidad de disco duro integrada. En el caso de una SAN, se utiliza una conexión de alta velocidad como el Canal de Fibra para transferir rápidamente grandes cantidades de datos, entre servidores y dispositivos de almacenamiento: unidades de disco, librerías en CD-ROM y unidades de cinta, entre otros. El canal de fibra permite la creación de una red SAN con conexiones de alta velocidad y numerosos dispositivos de almacenamiento. Debido a que el Canal de Fibra permite la transferencia de datos a distancias hasta de 10 kilómetros, es posible colocar dispositivos de almacenamiento en lugares seguros, un aspecto importante para cuestiones de recuperación en caso de desastre.

Existen innumerables ventajas de SAN en comparación con los métodos tradicionales de almacenamiento de red. Las SAN permiten añadir amplitud de banda sin agregar carga al LAN principal, lo que permite llevar a cabo respaldos en línea fácilmente. Cuando se requiere de mayor almacenamiento, no es necesario conectar unidades adicionales a un servidor específico, simplemente se añaden a la red de almacenamiento y pueden accederse desde cualquier parte de la LAN. Debido a que el comando SCSI puede integrarse al canal de fibra, resulta fácil adaptar dispositivos de almacenamiento existentes al canal de fibra. Las SAN son una herramienta valiosa para la administración de datos. Todos los dispositivos de almacenamiento pueden administrarse desde un solo punto, en lugar de administrar la red en una base de dispositivo por dispositivo. Así, el almacenamiento se administra como si fuera una sola entidad. Las SAN, facilitan el establecimiento e implantación de almacenaje repetitivo, como un respaldo en caso de que los servidores fallen. Al compartir unidades de almacenamiento en una SAN, los servidores que comparten datos pueden integrarse fácilmente.

Estas redes se utilizan en la actualidad para registrar bases de datos en negocios de bodegas de todo tipo y sus nuevas aplicaciones se encuentran en constante desarrollo.

FC combina los tipos de almacenamiento channel (canal) y network (red) en una interfaz de I/O. Debido a las características de canal de transporte que tiene los hosts conectados con FC ven el almacenamiento como si estuviera conectado localmente. Debido a sus características de red puede soportar múltiples protocolos y diferentes tipos de dispositivos, pudiéndose administrar como una red.

FC soporta varios tipos de canales y de redes. Entre ellos:

- Redes:
  - IEEE 802
  - IP
- Canales:
  - HIPPI-FP (High Performance Parallel Interface)
  - IPI-3 (Intelligent Peripheral Interface)
  - SCSI (Small Computer Standard Interface)

La transmisión en FC se puede hacer con distintas topologías de transporte:

- *Punto a punto*. Interconexión dedicada y bidireccional entre dos nodos, que se comunican mediante full duplex.

Como extensión de esta topología se tiene la *topología lógica en estrella*, formada por varios enlaces punto a punto.

- *Arbitrared Loop (FC-AL)*. Topología de anillo unidireccional, similar a la Token Ring, que soporta hasta 126 nodos más una conexión reservada para un switch FC.

Existen hubs FC-AL que simplifican la implementación del bucle, añadiendo puertos mediante una configuración física en estrella.

- *Switched Fabric (FC-SW)*. Infraestructura de conmutación inteligente que dirige los datos desde cualquier origen a cualquier destino. Se permite la interconexión de hasta 15,5 millones de dispositivos. Cada conexión lógica tiene el ancho de banda dedicado, con lo que el ancho de banda total está multiplicado por el número de nodos.

Se pueden establecer zonas para separar diferentes entornos dentro de un FC-SW, bien mediante software o hardware.

- *Slotted Loop (FC-SL)*. Limitada a la tecnología aeroespacial.

Para las topologías FC se usa:

- *Cable de cobre* para distancias menores de 30 m.
- *Fibra óptica MMF (MultiMode Fibre)* para distancias de hasta 500 m.
- *Fibra óptica SMF (Single Mode Fibre)* para distancias de hasta 10 Km (se pueden ampliar a 90 Km. con conexiones en cascada, y a más utilizando repetidores).

### 2.3. TOPOLOGÍA DE FIBRE CHANNEL

En Fibre Channel el switch que conecta a los dispositivos se llama Fabric. El enlace esta formado por fibras unidireccionales que transmiten en direcciones opuestas cada una con un transmisor y receptor asociado. Cuando un Fabric está presente en la configuración, la fibra se conecta a un puerto del nodo (N\_Port) y a un puerto del Fabric (F\_Port).

Ya que Fibre Channel se basa en puertos que acceden entre sí y el Fabric, es irrelevante si Fabric es un switch de circuito, un hub activo o un loop. La topología puede ser seleccionada de acuerdo a los requerimientos de performance del sistema o las opciones de empaquetamiento. Las posibles topologías de FC son punto-a-punto, crosspoint switchado (Fabric) o arbitrated loop (Figura 11).

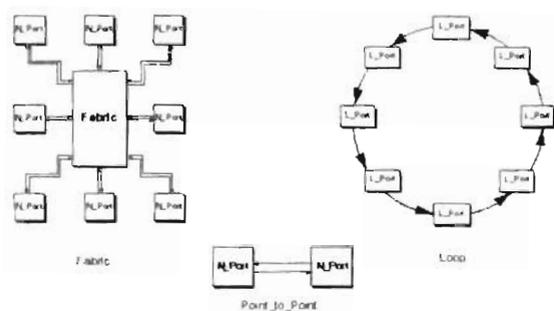


Fig. 11 Topologías de Fibre Channel

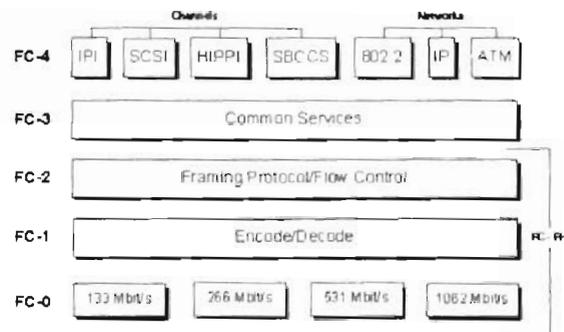


Fig. 12 Estructura de Fibre Channel

FC opera a una gran variedad de velocidades (133 Mbit/s, 266 Mbit/s, 530 Mbit/s, y 1 Gbits/s) y en tres tipos de medios eléctricos, ópticos o mixtos. Las distancias de transmisión varían y dependen de la combinación de velocidad y medio de comunicación. Una fibra en modo single o monomodo usando longwave laser light (luz láser de gran onda) proporciona la mas alta ejecución (10 km máximo de a 1 Gbit/s). FC esta estructurado como un conjunto de funciones jerárquicas (Figura 12).

## 2.4. ESTRUCTURA DE FIBRE CHANNEL.

Existen cinco niveles o capas en el estándar de Fibre Channel. Cada capa es responsable de un cierto juego de funciones. De cierta forma es como el modelo OSI (excepto que el modelo OSI tiene siete capas, no cinco), que en cada capa que posee el modelo es dependiente un nivel de otro para la ejecución de ciertas funciones. Estas capas están numeradas de FC-0 a FC-4. Lo siguiente es una pequeña explicación de cada estándar y su función.

- FC-0 – Capa Física.
- FC-1 – Capa de transmisión de protocolo.
- FC-2 – Capa de protocolo de señalización.
- FC-3 - Capa de servicios comunes.
- FC-4 – Capa más alta del mapeo de protocolos.

Capa FC-0: Es el nivel más bajo, define el enlace físico del sistema, incluyendo la fibra, los conectores, los parámetros ópticos y eléctricos para una variedad de velocidades de datos. El Bit Error Rate del sistema (BER) en los medios y velocidades soportadas son de  $10^{-12}$ . El nivel físico está diseñado para soportar un gran número de tecnologías de modo de reunir un rango lo más ancho de requerimientos.

La Capa FC-0 especifica un sistema de seguridad - el sistema Open Fibre Control (OFC) para enlaces de datos láser en que los niveles de potencia óptica exceden los límites definidos por los estándares de seguridad de láser. Si una condición de fibra abierta es detectada en el enlace, los transmisores bajan la potencia hasta que el enlace se restablezca.

La Capa FC-1: Define el protocolo de transmisión incluyendo la codificación serial y la recuperación del reloj.

La Capa FC-2: Es el Protocolo de la Señalización y sirve como el mecanismo de transporte de Fibre Channel en donde se generan los frames (marcos o estructuras) de datos. El control de flujo es un proceso de control en la capa FC-2 para controlar la transferencia de frames entre N\_Ports y entre un N\_Port y el Fabric para prevenir desbordamiento en el receptor. El control de flujo es dependiente de la clase de servicio. Para asegurar la transmisión eficaz de diferentes tipos de tráfico, FC especifica tres clases de servicio definidas por los usuarios

- Clase 1 es un servicio que proporciona conexiones especializadas, equivalente a una conexión física dedicada.
- Clase 2 es un servicio “Frame-switched” o “marco – switches”, que permite compartir el bandwidth (ancho de banda) por múltiples Frames de múltiples fuentes hacia un mismo canal o canales.
- El servicio Clase 3 es idéntico al Clase 2, sólo que la entrega del Frame no es confirmada. Este tipo de transferencia, conocido como datagrama proporciona la transmisión más rápida pero sin el envío de confirmación. Este servicio es útil para

transmisiones de tiempo real, donde el timeliness o línea de tiempo es importante y la información no recibida a tiempo no tiene valor.

La Capa FC-3: Proporciona los servicios comunes requeridos por sus características avanzadas como Striping, Hunts Groups Multicast.

La Capa FC-4: El nivel más alto en la estructura de FC define las interfaces de la aplicación que se pueden ejecutar sobre Fibre Channel. Especifica las reglas de mapeo de los protocolos de la capas superiores que usan los niveles de FC debajo.

## **2.5. PROTOCOLOS SOPORTADOS POR FIBRE CHANNEL.**

Los protocolos que pueden ser soportados por FC incluyen:

- Small Computer System Interface (SCSI)
- Internet Protocol (IP)
- ATM Adaptation Layer for computer data (AAL5)
- Link Encapsulation (FC-LE)
- IEEE 802.2
- IPI-3 Disc & Tape

Todos los protocolos soportados pueden ser utilizados simultáneamente. Por ejemplo, un lazo FC-AL corriendo en IP y protocolos SCSI pueden ser usados por ambos “sistema a sistema” y “sistema a comunicación periférica” compartiendo un camino de comunicación. Esta capacidad elimina la necesidad por separar controles de E/S, reduciendo costos dramáticamente.

## **2.6. CARACTERÍSTICAS DE FIBRE CHANNEL.**

A continuación se menciona una lista de características principales que ofrece Fibre Channel:

- *Unificación de los canales de comunicación de datos de red y de E/S:* permite que el almacenamiento sea desacoplado de los servidores y se gestione de forma separada. De igual forma es posible conseguir que múltiples servidores accedan directamente a los datos como si fueran los suyos propios, siempre que estén coordinados para poder gestionar los datos de forma coherente.
- *Ancho de Banda:* Por definición, Fibre Channel ofrece más de 100 Mbps para E/S y para comunicaciones con las arquitecturas actuales, con velocidades definidas de hasta 4 veces ésta, para su implementación según vaya dictando el mercado y las aplicaciones.

- *Implementación barata:* Fibre Channel utiliza una codificación 8B/10B para todas las transmisiones de datos, la cual, al limitar los componentes de baja frecuencia, permite el diseño de receptores gigabit, utilizando tecnología barata CMOS VLSI
- *Baja sobrecarga:* La tasa de error bajísima de  $10^{-12}$  bits que se consigue utilizando una combinación de hardware fiable y codificación 8B/10B permite una sobrecarga muy baja en el protocolo, lo que proporciona un uso eficaz de ancho de banda de transmisión y ahorra esfuerzos a la hora de implementar mecanismos de recuperación de errores de bajo nivel.
- *Control a bajo nivel:* Las operaciones locales dependen muy poco de la información global. Esto significa, por ejemplo, que las acciones que realiza un puerto se ven sólo mínimamente afectada por las acciones que tiene lugar en otros puertos, y que las computadoras individuales necesitan mantener muy poca información sobre el resto de la red. Esta característica minimiza la cantidad de trabajo que hay que realizar en niveles superiores.
  - Por ejemplo, el control de flujo de hardware alivia al procesador anfitrión de la carga de gestionar la mayor parte de las tareas de control de flujo.
  - De igual forma, el hardware de bajo nivel realiza una sofisticada detección y eliminación de errores, por lo que puede asegurar que, o se entregan los datos intactos, o no se entregan datos en lo absoluto. De esta forma, los protocolos de nivel superior no han de hacer tanta detección de errores, y pueden ser mucho más eficientes.
- *Topología flexible:* Las topologías de conexión física se definen por: (1) enlaces punto a punto, (2) topologías de bucle de soporte compartido y (3) topologías de red de conmutación de paquetes. Cualquiera de éstas se puede construir utilizando el mismo hardware, lo que permite a los usuarios adaptar la topología física a las características de conectividad requeridas.
- *Distancia:* La fibra óptica permite distancias de transmisión del orden de kilómetros, lo que permite la copia remota sin infraestructura de WAN. Considere una unidad de disco de alto rendimiento unida a una computadora mediante una fibra óptica. El tiempo de acceso a la unidad de disco (girar el disco y mover el cabezal sobre los datos) sería de unos 5ms. A efectos de comparación, la velocidad de la luz en fibra óptica es de aproximadamente 184 km/ms; esto significa que el tiempo que se tarda en alcanzar una unidad de disco conectada ópticamente y localizada a un kilómetro sería tan solo 0.005 ms más que el tiempo requerido para alcanzar un disco situado en la misma carcasa.
- *Disponibilidad:* La mayor capacidad para unirse a servidores múltiples permite que se acceda a los datos a través de múltiples rutas, lo que mejora la disponibilidad en caso de que falle alguna de esas rutas.
- *Servicio de transmisión flexible:* Hay definidos mecanismos para múltiples clases de servicios, incluyendo: (1) ancho de banda dedicado entre parejas de puertos, utilizando la capacidad máxima del hardware; (2) transmisión multiplexada con

múltiples puertos de origen o destino, con confirmación de repetición; (3) transmisión de datagramas multiplexada sin garantía de entrega y sin acuse de recibo, para una transmisión mas eficaz en entornos en los que la recuperación de errores se gestiona en un nivel superior; (4) conexión dedicadas con garantías de calidad de servicio configurables en lo que respecta al ancho de banda de transmisión y la latencia y (5) multidifusión fiable, con la conexión dedicada que emplee la capacidad máxima del hardware

- *Asignación de protocolos estándar:* Fibre Channel puede funcionar como mecanismo de transporte de datos para múltiples protocolos de nivel superior, con asignaciones definidas para IP, SCSI-3, IPI-3 de disco, IPI-3 de cinta, HIPPI, el conjunto de comandos monobyte de canal para ESCON, la asignación AAL5 de ATM para datos informáticos y la Arquitectura de Interfaz Virtual (Virtual Interface Architecture, VIA). De todas ellas, las que se utilizan más comúnmente son las asignaciones para SCSI-3, que se denomina "FICON" o "SBCON", dependiendo del contexto.
- *Amplio soporte de la industria:* La mayoría de fabricantes de computadoras, unidades de disco y adaptadores están desarrollando en la actualidad componentes hardware y/o software basados en el estándar Fibre Channel de ANSI.

## 2.7. SCSI Y FIBRE CHANNEL.

SCSI o Small Computer System Interface (pronunciado como SKUH-ZEE o también conocido como "scuzzy) es un inteligente bus paralelo de E/S y un protocolo que permite la conexión a una gran cantidad de dispositivos periféricos como los son discos, drives, modems, impresoras, scanners, dispositivos ópticos de discos (incluyendo CD-ROM, DVD, etc), entre muchos otros más. Diseñado y desarrollado por Apple Computer hace más de 15 años, SCSI es el mayor de los interconectores de periféricos que aún están en uso.

El bus SCSI conecta todas las partes del sistema de una computadora para que se puedan comunicar con otras tantas. El bus libera al host o procesador huésped de la responsabilidad de las tareas internas de E/S.

El protocolo SCSI es una relación "par a par": un dispositivo no debe de ser subordinado de otro dispositivo para realizar actividades de E/S. Un total de ocho dispositivos pueden ser conectados al bus de manera simultanea. Solamente dos de éstos dispositivos pueden comunicarse al bus en cualquier tiempo.

El primer estándar SCSI, ahora conocido como SCSI-1 fue adoptado en 1986, y fue originalmente diseñado para adaptar mas de ocho dispositivos a velocidades de 5 Mb/seg. Desde aquellas fechas, SCSI ha sido mejorado numerosas veces, con la introducción del Fast SCSI (SCSI-2) a 10 Mb/seg., Fast Wide SCSI (SCSI-2), corriendo a 20Mb/seg. y Ultra SCSI (SCSI-3 o Fast - 20) que provee una transferencia de datos mayores a 40 Mb/seg. Por todo lo anterior, el desempeño de SCSI se ha duplicado aproximadamente cada cinco años desde que el estándar original apareció en 1986, y el número de dispositivos permitidos en un solo bus se incrementó a 16.

Los estándares SCSI pueden ser analizados en la siguiente tabla:

NOMBRE DE LA TECNOLOGÍA	LONGITUD MÁXIMA DEL CABLE (metros)	VELOCIDAD MÁXIMA (Mbps)	NUMERO MÁXIMO DE DISPOSITIVOS
SCSI-1	6	5	8
SCSI-2	6	5 a 10	8 a 16
Fast SCSI-2	3	10 a 20	8
Wide SCSI-2	3	20	16
Fast Wide SCSI-2	3	20	16
Ultra SCSI-3, 8-bit	1.5	20	8
Ultra SCSI-3, 16-bit	1.5	40	16
Ultra-2 SCSI	12	40	8
Wide Ultra-2 SCSI	12	80	16
Ultra-3 (Ultra 160/m)	12	160	16

Fibre Channel es utilizado para transportar datos de tipo SCSI. El problema con SCSI ha sido siempre la limitación de distancia (6 metros, originalmente). Los 25 metros de rango de transmisión en SCSI esta muy distante a los 10, 000 metros que es ofrecido por Fibre Channel. De hecho, los 10 km. de limite de distancia de Fibre Channel pueden ser extendidos a 100 km. utilizando repetidores ópticos.

Originalmente Fibre Channel operaba a velocidades no mayores que SCSI 3, lo que significa que el valor real de Fibre Channel en redes de área almacenamiento era el beneficio de la distancia mas no el de la velocidad. Los tiempos han cambiado para Fibre Channel y ahora ofrece velocidades que oscilan en 2GB. Si no fuera suficiente, SCSI 3 esta limitado a 16 divisiones por canal, mientras que Fibre Channel puede soportar mas de 126 divisiones por loop (lazo).

La otra gran diferencia es en el cual Fibre Channel trata a los datos SCSI que viajan a través de él. El SCSI tradicional es paralelo, es decir, los datos viajan a través del cable en alambres paralelos (es por eso que los cables SCSI tienen 50 68 alambres). Fibre Channel transporta los datos en serie, eso significa que se transfiere un bit seguido del otro.

Fibre Channel es un estándar industrial, una interfase serial de datos de alta velocidad que puede ser utilizado para conectar sistemas de manera "punto a punto" o por topologías switch. Fibre Channel de lazo arbitrado (FC-AL), es un incremento reciente al estándar que soporta cobre y lazos con mas de 126 dispositivos, o nodos. Los lazos FC-AL son tolerantes a fallas.

El estándar Fibre Channel soporta anchos de banda de 133 Mb/s, 266 Mb/s, 532 Mb/s, 1.0625 Gb/s y 4 Gb/s a distancias mayores a 10 km.

Fibre Channel también provee poderosas capacidades de redes, permitiendo a switches y hubs pertenecer a la interconexión del sistema.

## 2.8. FIBRE CHANNEL DE LAZO ARBITRADO.

La interfase Fibre Channel es una arquitectura de lazo que se opone a ser una de bus como lo son los estándares SCSI o IPI (Intelligent Peripheral Interface). El lazo de FC puede tener múltiples combinaciones de discos y host con un máximo de 126 dispositivos.

La estructura de lazo permite el rápido intercambio de datos de un dispositivo a otro. Un PBC o Port Bypass Circuit, que está localizado en el plano trasero (backplane), es la lógica que permite a los dispositivos ser removidos o insertados sin interferir en la operación del lazo.

FC-AL es también una interconexión de alta confiabilidad. La interfase es lo suficientemente robusta para alojar múltiples dispositivos para ser removidos del lazo al mismo tiempo sin ninguna interrupción en la transferencia de datos. Además, la interfase posee un sofisticado código de detección de errores.

La siguiente tabla lista algunas características de FC-AL .

### CARACTERÍSTICAS DE FIBRE CHANNEL DE LAZO ARBITRADO

Número Máximo de Dispositivos	126
Máxima Relación de Datos	100 MB/s (1.062 utilizando un código 8B/10B)
Distancia Máxima del Cable	30 metros entre cada dispositivo utilizando cable coaxial
Tipo de Cable	Coaxial, óptico Twinaxial
Tolerancia al Fallo	Dual porting, Hot plugging
Jumpers	Ninguno

## Capítulo 3.

### PANORÁMICA GENERAL: DESCRIPCIÓN DE NIVELES DE FC.

Una red Fibre Channel está compuesta, desde el punto de vista lógico, de uno o más canales bidireccionales de datos punto a punto, estructurados para obtener un alto rendimiento. La velocidad de datos básica a través de los enlaces está ligeramente por encima de 1 Gbps, proporcionando más de 100 MBps de ancho de banda de datos; existen enlaces definidos con velocidad mitad, un cuarto, un octavo, doble y cuádruple.

Aunque el protocolo Fibre Channel está configurado para adaptarse a las características tecnológicas y de transmisión de la fibra óptica mono y multimodo, el medio físico utilizado para la transmisión también puede ser par de cobre trenzado o cable coaxial.

Físicamente, una red Fibre Channel se puede configurar como: 1) un único enlace punto a punto entre dos puertos de comunicaciones denominados <N\_Puertos>; 2) una red de múltiples N\_Puertos, cada uno de ellos enlazado a través de un <F\_Puerto> a una red de conmutación, denominada “Estructura”, y 3) una topología en anillo denominada “Bucle arbitrado”, que permite interconectar múltiples N\_Puertos sin necesidad de elementos de conmutación. Cada uno de los N\_Puertos reside en una entidad hardware, como puede ser una computadora o una unidad de disco, la cual se denomina “nodo”. Aquellos nodos que incorporen múltiples N\_Puertos se pueden interconectar en topologías más complejas, como anillos de enlaces punto a punto, o estructuras duales redundantes e independientes.

Desde el punto de vista lógico, Fibre Channel está estructurado como un conjunto de funciones jerárquicas, como se ilustra en la figura 13. Hay definidas una serie de interfaces entre los niveles, pero los fabricantes no están obligados a utilizar interfaces específicas entre los niveles si se implementan múltiples niveles juntos. Un determinado nodo Fibre Channel que implementa uno o más N\_Puertos proporciona un enlace bidireccional y una serie de servicios de los niveles FC-0 a FC-2 o FC-4 a través de cada N\_Puerto.

Protocolos de nivel superior

	IP	SCSI	IPV-3	HIPPI	ATM AAL5	SBCCS
	<b>Mapeado del protocolo de nivel superior:</b>					
FC-4	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mapeado de los formatos e instrucciones de comando de nivel superior sobre el servicio de transporte de Fibre Channel</li> <li>Decisiones de ruta relativas a la ubicación de las aplicaciones de nivel inferior</li> </ul>					Sistema para las aplicaciones FC-4 dentro de un nodo
FC-3	<ul style="list-style-type: none"> <li>Servicios comunes a través de matrices N_Puertos, e.g., multiplexión, modos de captura o difusión en busmas</li> </ul>					
	N_Puerto					N_Puerto
	<b>Servicio de enlace</b>					
FC-2	<ul style="list-style-type: none"> <li>Control de la sección de N_Puertos y de la estructura</li> <li>Otros servicios de enlace busmas y actividades, modo de funcionamiento de protocolo, determinación del estado de los recursos e interacción, servicios de iniciativa de secuencia en relación con secciones de control, optimización del estado respecto al entorno</li> </ul>					Uno o más N_Puertos por nodo
	<b>Protocolo de señalización</b>					
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tramas, secuencias e intercambios</li> <li>N_Puertos, F_Puertos y topologías</li> <li>Clases de servicio (E, S, Interim 4, etc.)</li> <li>Segmentación y recombinación</li> <li>Control de flujo, límite de buffer y buffer como recurso de extremo</li> </ul>					● ● ● ● ● ●
	<b>Funciones de bucle arbitrado</b>					
FC-A1	<ul style="list-style-type: none"> <li>Computos ordenados para arbitraje de bucle, apertura y cierre de las comunicaciones, activación/desactivación de los puertos del bucle</li> <li>Modulación del bucle</li> <li>Asignación de direcciones locales AL_PA</li> <li>Detección de la actividad y arbitraje de bucle</li> </ul>					● ● ●
	<b>Protocolo de transmisión</b>					
FC-1	Codificación 8B/10B para la transmisión de datos y de parámetros, separación de información de datos especiales, limitación de errores mediante la limitación de la longitud de secuencias y el equilibrio de corriente					● ● ●
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Conexión o liberación para portadas de trama, control de flujo de bajo nivel, gestión de errores</li> <li>Estado operativo de puerto</li> <li>Monitorización de errores</li> </ul>					
	<b>Interfaz física</b>					
FC-0	<ul style="list-style-type: none"> <li>Transmisión y recepción</li> <li>Ancho de banda del enlace</li> </ul>					● ● ●
	<b>Soportes físicos</b>					
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Capacidad óptica y electrónica</li> <li>Conexiones</li> </ul>					● ● ●

Figura 13 Jerarquía estructural de Fibre Channel.

- El nivel FC-0 describe la interfaz física, incluyendo el medio de transmisión, los transmisores y receptores y sus interfaces. El nivel FC-0 especifica una diversidad de medios y sus controladores y receptores asociados, que pueden operar a diversas velocidades.
- El nivel FC-1 describe el código de transmisión 8B/10B que se utiliza para proporcionar el equilibrio en continuo del flujo de bits transmitido, para separar los bytes de control transmitidos de los bytes de datos, y para simplificar la alineación de bit, de byte y de palabra. Además, la codificación proporciona un mecanismo para detectar algunos errores de transmisión y recepción.
- El nivel FC-2 es el nivel de protocolo de señalización, que especifica las reglas y mecanismos necesarios para transferir bloques de datos. En lo que respecta a protocolos, el nivel FC-2 es el nivel más complejo, y proporciona diferentes clases de servicios, mecanismos de empaquetamiento y secuencia, detección de errores, segmentación y recomposición de los datos transmitidos, y servicios de inicio de sesión para coordinar la comunicación entre puertos con diferentes capacidades.
- El nivel FC-3 proporciona una serie de servicios que son comunes a un conjunto de múltiples N\_Puertos de un nodo Fibre Channel. Este nivel no está todavía bien definido, debido a que la necesidad del mismo es limitada, pero de todas formas se proporciona dicha capacidad para una futura expansión de la arquitectura.
- El nivel FC-4 define una asignación entre las capacidades de la tecnología Fibre Channel y los protocolos preexistentes de alto nivel, como el protocolo Internet (IP), SCSI (Small Computer System Interface, interfaz para sistemas informáticos de pequeño tamaño) o FICON (Single-byte Command Code Sets, o ESCON; conjunto de códigos de comando monobyte).

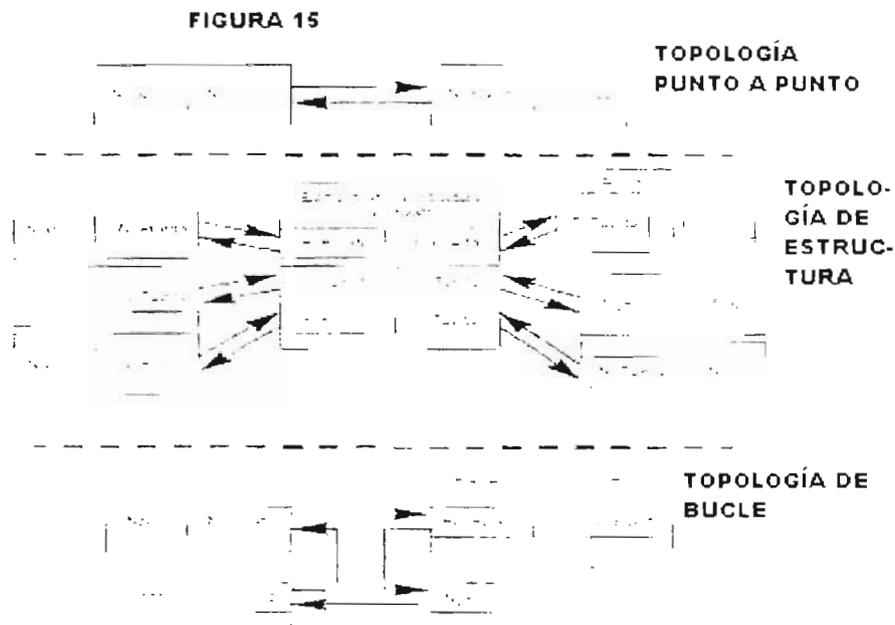
### 3.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL NIVEL FC-0.

El nivel FC-0 describe el enlace entre dos puertos. Dicho enlace consiste en un par de fibras ópticas o de cables eléctricos, junto con circuitos transmisores y receptores que funcionan conjuntamente para convertir un flujo de bits proporcionado en uno de los extremos del enlace en otro flujo de bits entregado en el otro extremo. El nivel FC-0 describe los distintos tipos de soportes físicos permitidos, incluyendo fibras ópticas monomodo y multimodo, así como cables coaxiales y cables eléctricos de par trenzado para los enlaces de menor longitud. Dicho nivel describe los transmisores y receptores utilizados para implementar la interfaz con el medio físico, así como las velocidades de datos que se pueden proporcionar a través de los cables. El nivel FC-0 está diseñado para obtener la máxima flexibilidad, y permite utilizar una amplia variedad de tecnologías para satisfacer un amplio rango de requisitos del sistema.

Cada fibra está conectada al transmisor de un puerto en uno de los extremos y a un receptor de otro puerto en el extremo contrario. La configuración más simple es una pareja de enlaces bidireccionales, como se muestra en la Figura 14. Se pueden conectar varios puertos distintos a través de una estructura conmutada, y la topología de bucle permite conectar múltiples puertos sin necesidad de un conmutador de encaminamiento, como se muestra en la Figura 15.



FIGURA 14



Se puede componer una ruta de comunicación multienlace entre dos N\_Puertos utilizando enlaces de diferentes tecnologías. Por ejemplo, dicha ruta de comunicación puede tener enlaces de cable coaxial de cobre conectados a los puertos terminales para enlaces de corta distancia, junto con fibras ópticas monomodo para los enlaces de mayor longitud entre conmutadores separados por una distancia más grande.

### 3.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL NIVEL FC-1.

En una red Fibre Channel, la información se transmite utilizando un código de datos 8B/10B. Este código tiene una serie de características que simplifican el diseño de circuitos transmisores y receptores de bajo costo que pueden operar a la tasa de errores de bit requerida, que es de  $10^{-12}$ . La especificación acota el número máximo de bits similares consecutivos, garantizando que nunca existan más de 5 bits idénticos seguidos, excepto en los puntos de sincronización. El nivel FC-1 mantiene un equilibrio global, garantizando que las señales transmitidas por los enlaces contengan un número equivalente de unos y de ceros. Esto minimiza el contenido de baja frecuencia de las señales transmitidas y permite una separación sencilla de la información de control y los datos transmitidos, simplificando también la alineación de bit y de palabra.

Los procesos de codificación y decodificación se encargan de realizar la conversión entre, por un lado, bytes de 8 bits que llevan asociado un indicador "datos/especial" de un único bit y, por otro lado, "caracteres de datos" y "caracteres especiales", compuestos por 10 bits. Los caracteres de datos y los caracteres especiales se denominan, colectivamente, "caracteres de transmisión"

Ciertas combinaciones de caracteres de transmisión, denominadas "conjuntos ordenados", están dotadas de significados especiales. Los conjuntos ordenados, que siempre constan de cuatro caracteres de transmisión, se utilizan para identificar las fronteras de trama, para transmitir la información de bajo nivel de estado y de comandos, para permitir conseguir la alineación de byte y de palabra mediante un procesamiento hardware sencillo y para mantener una adecuada actividad del enlace durante aquellos periodos en los que no se están enviando datos.

Existen tres tipos de conjuntos ordenados. Los "delimitadores de trama" marcan el principio y final de las tramas, identifican la clase de servicio de la trama, especifican la localización de la trama en relación a otras tramas de la secuencia e indican la validez de los datos dentro de la trama. Las "señales primitivas" incluyen la señales de reposo (Idles), que se transmiten para mantener la actividad en el enlace cuando no se pueden transmitir otros datos, y el conjunto ordenado R\_RDY, que opera como mecanismo de confirmación de bajo nivel para el control de flujo de búfer a búfer. Las "secuencia primitivas" se utilizan en los protocolos de secuencia primitiva para llevar a cabo la inicialización del enlace y la recuperación de nivel de enlace, y se transmiten de modo continuo hasta que se recibe una respuesta.

Además de la codificación 8B/10B y de la definición de los conjuntos ordenados, el nivel FC-1 incluye las definiciones de los "transmisores" y "receptores". Éstos son bloques que monitorizan la señal que atraviesa el enlace y determinan la integridad de los datos recibidos. El comportamiento de los transmisores y receptores se especifican mediante un conjunto de estados y sus interrelaciones. Estos estados están divididos en "estados operacionales" y "estados no operacionales". FC-1 también especifica las capacidades de monitorización y los modos especiales de operación para los transmisores y receptores. Las secciones de conversión "serie-paralelo" y "paralelo-serie" forman parte de FC-0, mientras que el nivel FC-1 contiene las operaciones de codificación 8B/10B y la multiplexación y demultiplexación entre bytes y palabras de 4 bytes, así como la funcionalidad de monitorización y de detección de errores.

### **3.3 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL NIVEL FC-2.**

El nivel FC-2 es la parte más compleja de Fibre Channel e incluye la mayor parte de las estructuras, procedimientos y operaciones específicos de Fibre Channel. Entre los elementos del nivel FC-2 se incluyen:

- Modelo físico: nodos, puertos y topologías.
- Ancho de banda y sobrecarga de comunicación.
- Bloques constituyentes y su jerarquía.
- Tramas de control de enlace.
- Modelo general de estructura.
- Control de flujo.
- Clases de servicio proporcionadas por la estructura y los N\_Puertos.
- Comandos básicos y avanzados de servicio de enlace.
- Protocolos.
- Funciones de bucle arbitrado.
- Segmentación y recomposición.
- Detección y recuperación de errores.

#### **3.3.1 Modelo físico: nodos, puertos y topologías.**

El origen y destino básicos de las comunicaciones de Fibre Channel puede ser una computadora, un controlador de unidad de disco o matriz de unidades de disco, un encaminador, un terminal o cualquier otro equipo que tome parte en una comunicación. Estos orígenes y destinos de los datos transmitidos se denominan "nodos". Cada nodo mantiene un mecanismo, o posiblemente más de uno, capaz de recibir y transmitir datos de acuerdo con el protocolo Fibre Channel. Estos mecanismos se denominan "N\_Puertos". Fibre Channel también define una serie de otros tipos de puertos que pueden transmitir y recibir datos Fibre Channel, incluyendo los "NL\_Puertos", "F\_Puertos", "E\_Puertos", etc. Cada puerto soporta un par de "fibras" (que, desde el punto de vista físico, pueden ser fibras ópticas o cables eléctricos): una para las transmisiones salientes y otra para la recepción de datos entrantes. El par de fibras de entrada y de salida se denomina "enlace".

Cada N\_Puerto sólo necesita mantener un único par de fibras, independientemente de que otros N\_Puertos o elementos de conmutación estén presentes en la red. Cada N\_Puerto se identifica mediante un "identificador de puerto" de 3 bytes, que se utiliza para cualificar las tramas y para asegurar el correcto encaminamiento de las tramas a través de un bucle o de una estructura.

Los nodos que contienen un único N\_Puerto con un enlace compuesto por un par de fibras pueden interconectarse utilizando una de tres posibles topologías diferentes. Cada topología admite un flujo bidireccional entre los N\_Puertos de origen y destino. Los tres tipos básicos de topologías son:

*Punto a punto:* la topología más simple, que conecta directamente dos N\_Puertos, se denomina "punto a punto"; proporciona una conectividad sencilla, en forma de un único enlace entre dos N\_Puertos.

*Estructura:* se pueden conectar más de dos N\_Puertos utilizando una "estructura", que está compuesta por una red de uno o más "elementos de conmutación" o "conmutadores". Cada conmutador contiene dos o más mecanismos para recibir y transmitir datos de acuerdo con el protocolo, denominados "F\_Puertos". Los conmutadores reciben datos a través de los F\_Puertos, y, basándose en la dirección del N\_Puerto de destino, encaminan dichos datos hacia el F\_Puerto adecuado (posiblemente a través de otro conmutador en caso de redes multietapa), para su entrega a un N\_Puerto de destino. Los conmutadores son unidades bastante complejas, que contienen mecanismos para realizar el encaminamiento a todos los N\_Puertos de la estructura, para gestionar el control de flujo y para satisfacer los requisitos de las diferentes clases de servicio soportadas.

*Bucle arbitrado:* también se pueden conectar múltiples N\_Puertos sin utilizar una estructura, conectando las fibras de entrada y de salida a diferentes puertos con el fin de implementar una configuración de bucle. Un puerto de nodo que incorpore la pequeña funcionalidad extra requerida para la operación en esta topología se denomina "NL\_Puerto". Esta topología es de tipo bloqueante: un único NL\_Puerto arbitra el acceso al bucle completo e impide que otros N\_Puertos accedan mientras que él se está comunicando. Sin embargo, proporciona conectividad entre múltiples puertos al mismo tiempo que elimina la necesidad de incorporar un elemento de conmutación.

También es posible mezclar las topologías de estructura y de bucle arbitrado, en cuyo caso un puerto conmutador de la estructura puede participar en el bucle y los datos pueden atravesar el conmutador y viajar alrededor del bucle. Un puerto de estructura capaz de operar en un bucle se denomina "FL\_Puerto".

La mayor parte de las operaciones y funciones de Fibre Channel son independientes de la topología, aunque el encaminamiento de los datos y el control del acceso al enlace dependerán de qué otros puertos puedan acceder a un enlace determinado. Una serie de procedimientos de "Inicio de sesión", realizados después de una reinicialización, permiten a un N\_Puerto determinar la topología de la red a la que está conectado, así como otras características de los demás N\_Puertos, NLPuertos o elementos de conmutación conectados.

### 3.3.2 Ancho de banda y sobrecarga de comunicación.

El ancho de banda máximo para transferencia de datos a través de un enlace depende tanto de parámetros físicos, como la velocidad de reloj y la velocidad máxima en baudios, como de parámetros del protocolo, como por ejemplo la sobrecarga de señalización y la sobrecarga de control. el ancho de banda máximo para transferencia de datos también puede depender del modelo de comunicación, que describe la cantidad de datos enviados en cada dirección en cualquier instante determinado.

El factor principal que afecta al ancho de banda de comunicaciones es la velocidad del reloj de las transferencias de datos. La velocidad de reloj básica para transferencia de datos de Fibre Channel es de 1.0625 GHZ, transmitiéndose un bit a cada ciclo de reloj. Para poder implantar enlaces más baratos, de menor ancho de banda, se definen velocidades de reloj iguales a la mitad, a un cuarto y a un octavo de la velocidad base. También se han definido enlaces de velocidad doble y cuádruple para su implementación en un futuro próximo.

La Figura 16 muestra un modelo de comunicaciones de ejemplo, para el cálculo del ancho de banda de transferencia de datos que puede obtenerse a través de un enlace a velocidad básica. La figura muestra la única trama Fibre Channel, con un tamaño útil de datos de 2048 bytes. Para transferir ésta cantidad de datos útiles, junto con una confirmación para los datos que viajan en la dirección contraria a través de una fibra separada en caso de tráfico bidireccional, se requieren los siguientes elementos adicionales:

**SOF:** delimitador de principio de trama (Start for Frame), para marcar el principio de la trama (4 bytes).

**Cabecera de trama:** indica el origen, el destino, el número de secuencia y otros tipos de información de trama (24 bytes).

**CRC:** una palabra de código de redundancia cíclica para la detección de errores de transmisión (4 bytes).

**EOF:** delimitador de fin de trama (End of Frame), para marcar el final de la trama (4 bytes).

**Idles:** espacio intertrama para la detección de errores, sincronización e inserción de confirmaciones de bajo nivel (24 bytes).

**ACK:** confirmación (Acknowledgment) para una trama, procedentes del puerto opuesto y necesarias para la transmisión bidireccional (36 bytes).

**Idles:** espacio intertrama entre la confirmación y la siguiente trama (24 bytes)

Figura 16 Trama de datos de ejemplo + transmisión de trama de confirmación (ACK), para el cálculo del ancho de banda.

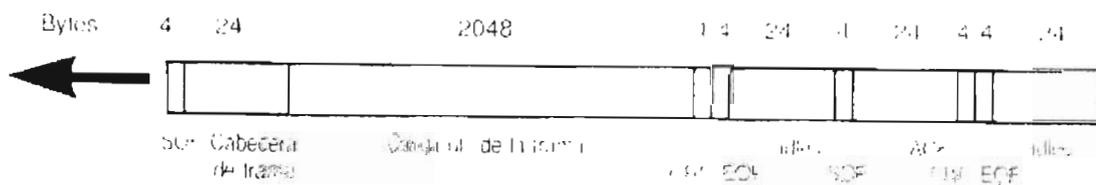


Figura 16.

La suma de bytes de sobrecarga, en este caso de transmisión bidireccional, es de 120 bytes, lo que proporciona una tasa efectiva de transferencia de datos de 100,369 MB/s.

$$1.0625 \text{ [Gbps]} \times \frac{2048 \text{ [carga útil]}}{2168 \text{ [carga útil - sobrecarga]}} \times \frac{1 \text{ [byte]}}{10 \text{ [bits de código]}} = 100,369$$

Por tanto, el enlace a velocidad básica proporciona más de 100MB/s de ancho de banda de transporte de datos, incluso teniendo en cuenta la sobrecarga de señalización y las confirmaciones. El ancho de banda que puede obtenerse durante la comunicación unidireccional sería ligeramente superior, ya que no se requeriría ninguna trama ACK con un reposo (mensaje Idle) correspondiente.

El ancho de banda de transferencia de datos es directamente proporcional a la velocidad del reloj de transmisión, de modo que, por ejemplo, la velocidad de transferencia de datos sobre un enlace a velocidad mitad sería  $100,369 / 2 = 50,185$  MBps.

### 3.3.3 Bloques constituyentes y su jerarquía.

La serie de bloques constituyentes definidos en FC-2 son.

**Trama:** una serie de palabras de transmisión codificadas, marcadas por delimitadores de inicio y fin de trama, con una cabecera de trama, una serie de datos útiles y, posiblemente, con un campo opcional de cabecera, utilizado para transferir datos de los protocolos de nivel superior.

**Secuencia:** una serie unidireccional de una o más tramas que fluyen desde el "iniciador" de la secuencia hacia el "receptor" de la secuencia.

**Intercambio:** una serie de una o más secuencias no concurrentes que fluyen unidireccionalmente desde el "originador" del intercambio hasta el "destinatario" del intercambio, o que fluyen bidireccionalmente, siguiendo un acuerdo de transferencia de la "iniciativa de secuencia" entre el originador del intercambio y el destinatario del intercambio.

**Protocolo:** un conjunto de tramas, que pueden ser enviadas en uno o más intercambios, transmitidas para un propósito específico, como puede ser el inicio de sesión en una estructura o en un N\_Puerto, la cancelación de intercambios o secuencias, o la determinación del estado de un N\_Puerto remoto.

**Tramas.** Las tramas contienen una cabecera en un formato común y pueden contener datos útiles de trama. Las tramas se pueden clasificar en términos generales en los siguientes tipos:

- Tramas de datos.
  - Tramas de datos de enlace.
  - Tramas de datos de dispositivo.

- Tramas de dato de video.
- Tramas de control de enlace.
  - Tramas de confirmación (ACK), que confirman la adecuada recepción de una (ACK\_1), N (ACK\_N) o todas(ACK\_0) las tramas de una secuencia.
  - Respuesta de enlace: tramas Busy (P\_BSY, F\_BSY) y Reject (P\_RJT, F\_RJT), que indican la adecuada recepción de una trama.
  - Tramas de comando de enlace, que incluyen únicamente la trama LCR (Link Credit Reset, reinicialización del crédito de enlace), utilizada para reiniciar los valores del crédito para control de flujo.

Las tramas operan en Fibre Channel como el bloque fundamental para la transferencia de datos. Cada trama está marcada por delimitadores de principio y final de trama. Además de la capacidad de detección de errores de transmisión proporcionada por el código 8B/10B, se proporciona un mecanismo de detección de errores basado en un valor CRC de 4bytes, que se calcula teniendo en cuenta la cabecera de la trama, la cabecera opcional y los datos útiles. La cabecera de trama de 24 bytes identifica a cada trama e indica el procesamiento que dicha trama requiere. La cabecera de trama incluye campos que indican el identificador del N\_Puerto de origen de trama, el identificador del N\_Puerto de destino, el identificador de secuencia, el identificador del originador y del destinatario del intercambio, información de encaminamiento, el número de trama dentro de la secuencia y una serie de bits de control.

Cada trama debe formar parte de una secuencia y de un intercambio. Dentro de una secuencia, las tramas están identificadas de manera unívoca mediante un campo contador de 2 bytes denominado SEQ\_CNT en la cabecera de trama. No puede haber dos tramas activas al mismo tiempo dentro de la misma secuencia y con el mismo valor SEQ\_CNT, para garantizar así la unicidad.

Cuando se trasmite una trama de datos, pueden pasar diversas cosas con la misma. Puede ser entregada intacta a su destino, puede ser entregada corrompida, puede llegar a un puerto que esté ocupado, o puede llegar a un puerto que no sepa cómo gestionarla. El estado de entrega de la trama será devuelto al N\_Puerto de origen, si es posible, utilizando tramas de control de enlace. Una trama de control de enlace asociada con una trama de datos es devuelta hacia el origen de la trama de datos desde el puerto final que la trama haya alcanzado, a menos que no se requiera respuesta o que un error de transmisión impida conocer de manera precisa el contenido de los campos de la cabecera de trama.

**Secuencias.** Una secuencia es un conjunto de una o más tramas de datos relacionadas, transmitidas unidireccionalmente desde un N\_Puerto a otro N\_Puerto, enviándose como respuesta, en su caso, las tramas de control de enlace correspondientes. El N\_Puerto que transmite una secuencia se denomina “iniciador de la secuencia” y el N\_Puerto que recibe la secuencia se denomina “receptor de la secuencia”.

Cada secuencia está identificada de manera unívoca mediante un “identificador de secuencia” (SEQ\_ID), que es asignado por el iniciador de la secuencia. El receptor de secuencia utiliza el mismo valor SEQ\_ID en sus tramas de respuestas. Cada puerto que

opera como iniciador de secuencia asignan valores SEQ\_ID de forma independiente con respecto a los otros puertos, y la unicidad de un valor SEQ\_ID sólo está garantizada dentro del conjunto de secuencias iniciadas por el mismo N\_Puerto.

El valor SEQ\_CNT, que identifica de manera unívoca las tramas dentro de una secuencia, comienza bien en 0 en la primera trama de la secuencia o en un valor superior en una unidad al valor de la última trama de la secuencia anterior del mismo intercambio. El valor SEQ\_CNT se incrementa en una unidad en cada trama subsiguiente. Esto garantiza la unicidad en todas las cabeceras de trama activas en la red.

El estado de cada secuencia se controla utilizando una estructura lógica denominada “bloque de estado de secuencia”. Normalmente, el iniciador de la secuencia y el receptor de la secuencia mantienen internamente bloques de estado de secuencia separados. Existe un mecanismo para que un N\_Puerto lea el bloque de estado de secuencia del N\_Puerto opuesto, como ayuda en las operaciones de recuperación y para garantizar que exista un acuerdo en el estado de la secuencia.

Existen límites en cuanto al número máximo de secuencias simultáneas que un N\_Puerto puede soportar por cada clase, por cada intercambio y en conjunto. Estos valores son negociados por los N\_Puertos antes de que empiece la comunicación, mediante un procedimiento de inicio de sesión del N\_Puerto.

La recuperación de errores se realiza en las fronteras de secuencia, a discreción de un nivel de protocolo superior a FC-2. Las dependencias entre las diferentes secuencias de un intercambio están indicadas por la “política de errores de intercambio”.

**Intercambios.** Un intercambio está compuesto de una o más secuencias relacionadas no concurrentes, asociadas en alguna especie de operación de nivel superior. Un intercambio puede ser unidireccional, donde las tramas se transmiten desde el “originador del intercambio” hasta el “destinatario del intercambio”, o bidireccionales, donde las secuencias que forman el intercambio son iniciadas por ambos N\_Puertos. El originador del intercambio solicita el tipo de direccionalidad. En cualquiera de los dos casos, las secuencias del intercambio son no concurrentes, es decir, cada secuencia debe completarse antes de que se inicie la siguiente.

Cada intercambio está identificado por un “identificador de intercambio del originador”, al que se denota OX\_ID en las cabeceras de trama, y posiblemente por un “identificador de intercambio del destinatario”, denotado mediante RX\_ID. El valor OX\_ID es asignado por el originador y se incluye en la primera trama transmitida. Cuando el destinatario devuelve una confirmación o una secuencia en la dirección opuesta puede incluir un valor RX\_ID en la cabecera de trama para permitirle distinguir de manera unívoca las tramas del intercambio con respecto a los otros intercambios. Tanto el originador como el destinatario deben ser capaces de identificar de manera unívoca las tramas basándose en los valores OX\_ID y RX\_ID, los identificadores de N\_Puerto de origen y destino, el valor de SEQ\_ID y el valor de SEQ\_CNT.

Un originador puede iniciar múltiples intercambios concurrentes incluso hacia el mismo N\_Puerto de destino, siempre y cuando cada uno utilice un valor OX\_ID unívoco.

Los sistemas de muy gran tamaño pueden soportar hasta miles de intercambios potenciales a través de diversos N\_Puertos, incluso aunque sólo unos pocos intercambios puedan estar activos en cualquier momento determinado dentro de un N\_Puerto. En estos casos, los recursos necesarios para el intercambio pueden ser asignados de modo local dentro del N\_Puerto, según valla siendo necesario. Existe una estructura de "cabecera de asociación", transmitida como cabecera opcional de una trama de datos, que proporciona un mecanismo para que un N\_Puerto invalide y reasigne un valor X\_ID (OX\_ID o RX\_ID) durante un intercambio. Un valor X\_ID puede ser invalidado cuando los recursos asociados en el N\_Puerto para el intercambio no sean necesarios durante un cierto periodo de tiempo.

Fibre Channel define cuatro políticas diferentes de error de intercambio. Las políticas de error describen el comportamiento que debe seguirse cuando se produce un error, la relación entre las secuencias que forman parte del mismo intercambio.

Las cuatro políticas de error de intercambio son:

***Abortar y descartar múltiples secuencias:*** las secuencias son interdependientes y deben ser entregadas a un nivel superior en el orden en que han sido transmitidas. Un error en una trama hará que la secuencia en dicha trama y todas las secuencias posteriores del intercambio no puedan ser entregadas.

***Abortar y descartar una única secuencia:*** las secuencias no son interdependientes. Las secuencias pueden ser entregadas a un nivel superior en el orden en que sean recibidas de forma completa, y un error en una secuencia no causa el rechazo de las secuencias subsiguientes.

***Proceso con búfer infinito:*** la posibilidad de entregar las secuencias no depende de todas las tramas de la secuencia se reciban intactas. Esta política está pensada para aplicaciones como la transmisión de datos de video, donde la retransmisión es innecesaria. Siempre y cuando se reciban la primera y la última trama de la secuencia, la secuencia puede ser entregada al nivel superior.

***Descartar múltiples secuencias con retransmisión inmediata:*** éste es un caso especial en la política de error de intercambio "Abortar y descartar múltiples secuencias". En este caso especial, el receptor de la secuencia puede utilizar una trama de control de enlace para solicitar que se retransmita de forma inmediata una secuencia corrupta. Esta política de error de intercambio sólo es aplicable a la transmisión de Clase 1.

La política de error es determinada por el originador del intercambio. No hay dependencia entre los distintos intercambios en lo que respecta a la recuperación de errores, salvo que aquellos errores sean lo suficientemente serios como para perturbar la integridad básica del enlace.

### **3.3.4 Tramas de control de enlace.**

Las tramas de control de enlace se utilizan para indicar la recepción adecuada o inadecuada de cada trama de datos. Las tramas de control del enlace sólo se utilizan para tramas de Clase 1 y Clase 2. Todo el control del enlace para las tramas de Clase 3 se gestiona por encima del nivel Fibre Channel. Cada trama de datos debería generar una correspondiente trama de control de enlace como respuesta. Si se devuelve una trama P\_BSY o F\_BSY, la trama puede ser retransmitida, hasta un cierto número de veces limitado y específico de cada fabricante. Si se devuelve una trama de control P\_RJT o F\_RJT, o si no se devuelve ninguna trama de control de enlace, tiene lugar un proceso de recuperación en el nivel de secuencia o superior: no existe ningún mecanismo para retransmitir tramas individuales después de un error.

En la sección 3.3.6 se hará una referencia más profunda acerca de las clases de servicios.

### **3.3.5 Modelo general de estructura.**

La estructura, o red de conmutación, no es directamente parte del nivel FC-2, dado que opera de manera separada de los N\_Puertos. Sin embargo, los bloques sobre los que opera están en el mismo nivel, por lo que se incluyen en la explicación relativa a FC-2.

La función principal de la estructura consiste en recibir tramas de los N\_Puertos de origen y encaminarlas a los N\_Puertos de destino correctos. Para facilitar esto, cada N\_Puerto que está físicamente conectado a través de un enlace a la estructura se caracteriza mediante un valor "identificador de N\_Puerto" de 3 bytes. Los valores identificadores de N\_Puerto para todos los N\_Puertos conectados a la estructura están definidos de una manera unívoca en el espacio de direcciones de la estructura.

Cada cabecera de trama contiene campos S\_ID y D\_ID que contienen a su vez los valores identificadores de los N\_Puertos de origen y destino, respectivamente, los cuales se utilizan para el encaminamiento.

Para soportar estas funciones, se supone que cada elemento de la estructura o conmutador proporciona un conjunto de "F\_Puertos" que se comunican a través de los enlaces con los N\_Puertos, además de una funcionalidad de encaminamiento "basada en conexión" y/o "sin conexión". Un F\_Puerto es una entidad que gestiona funciones FC-0, FC-1, FC-2 hasta el nivel de trama, para transferir datos entre N\_Puertos conectados. Un encaminador o subestructura basado en conexión encamina las tramas entre puertos de la estructura a través de conexiones dedicadas de Clase 1, garantizando la prioridad y la no interferencia por parte de ningún otro tráfico de red. Un encaminador o subestructura sin conexión encamina las tramas entre puertos de la estructura trama por trama, permitiendo la multiplexación en las fronteras de trama.

La implementación de una subestructura basada en conexión forman parte de la especificación para los servicios de Clase 1, Clase 4 y Clase 6, mientras que para los servicios de Clase 2 y Clase 3 se ha incorporado una subestructura sin conexión. Una implementación puede soportar la funcionalidad de subestructuras basadas en conexión y

sin conexión bien mediante hardware interno separado, o bien mediante mecanismos de planificación con prioridad y operaciones de gestión de encaminamiento en un mismo conjunto interno de hardware.

**Puertos de la estructura.** Un elemento de conmutación contiene un mínimo de dos puertos de estructura. Existen diversos tipos de puerto de estructura, de los cuales los más importantes son los F\_Puertos. Los F\_Puertos se conectan a N\_Puertos y pueden transmitir y recibir tramas, conjuntos ordenados y otros tipos de información en formato Fibre Channel. Un F\_Puerto puede o no verificar la validez de las tramas a medida que pasan por la estructura. Las tramas se encaminan a su N\_Puerto de destino adecuado y al F\_Puerto intermedio basándose en el identificador del N\_Puerto de destino (D\_ID). El mecanismo utilizado para hacer esto depende de la implementación, aunque los mecanismos de encaminamiento y de traducción de direcciones dentro de la estructura están siendo abortados en los actuales trabajos de estandarización de Fibre Channel.

Además de los F\_Puertos, que se conectan directamente a N\_Puertos en una topología de estructura con conmutación, hay definidos otros tipos de puertos de estructura. En una red multinivel, se conectan los conmutadores a otros conmutadores a través de "E\_Puertos" (puertos de expansión), que pueden utilizar protocolos de señalización, interfaces y soporte físico estándar o pueden emplear otros protocolos independientes de la implementación. Un puerto de estructura que incorpore los estados de puerto ampliados, las operaciones adicionales y los mecanismos de reconocimiento de conjuntos ordenados que le permitan conectarse a un bucle arbitrado, como se muestra en la Figura 15, se denomina "FL\_Puertos". Un "G\_puerto" tiene la capacidad de operar como un E\_Puerto o como un F\_Puerto, dependiendo de cómo este conectado, mientras que un "GL Puerto" puede operar como un F\_Puerto, como un E\_Puerto o como un FL\_Puerto.

Cada F\_Puerto puede contener búfers de recepción para almacenar las tramas a medida que éstas pasan a través de la estructura. El tamaño de estos búferes pueden ser diferente para las tramas de las distintas clases de servicio. El tamaño máximo de trama utilizado por la estructura para las distintas clases de servicio se especifica para los N\_Puertos conectados durante el procedimiento de "inicio de sesión de estructura", durante el que los N\_Puertos determinan las características de la red.

**Encaminamiento basado en conexión.** La funcionalidad de subestructura basada en conexión proporciona soporte para establecer conexiones dedicadas entre F\_Puertos y los N\_Puertos conectados a los mismos, para servicios de Clase 1, Clase 4 o Clase 6. Tales conexiones dedicadas pueden ser bidireccionales o unidireccionales, y pueden admitir la velocidad de transmisión básica simultáneamente en cada dirección, o alguna velocidad de transmisión menor.

Al recibir una trama de solicitud de conexión Clase 1 procedente de un N\_Puerto, la estructura comienza el establecimiento de una conexión dedicada hasta el N\_Puerto de destino a través de la subestructura basada en conexión. La conexión dedicada estará catalogada como pendiente hasta que la solicitud de conexión sea retransmitida hasta el N\_Puerto de destino. Si el N\_Puerto de destino puede aceptar la conexión dedicada, devolverá una confirmación. Al pasar la confirmación de vuelta hacia el N\_Puerto de origen, la estructura finaliza con el establecimiento de la conexión dedicada. Los mecanismos exactos utilizados por la estructura para establecer la conexión dependen del

fabricante. Si la estructura o el puerto de destino son incapaces de establecer una conexión dedicada, devuelven al N\_Puerto de origen una trama de ocupado (BSY) o de rechazo (RJT), con un código que indica la razón, explicando porqué no se ha establecido la conexión.

Una vez establecida la conexión dedicada, aparece a los ojos de los dos N\_Puertos que se están comunicando como si se hubiera establecido un circuito dedicado entre los dos. La entrega de tramas Clase 1 entre los dos N\_Puertos no puede ser degradada por el tráfico de la estructura que tenga lugar entre otros N\_Puertos o por los intentos de otros NB\_Puertos para comunicarse con cualquiera de los dos que participan en la conexión dedicada. Todo el control de flujo se gestiona utilizando un control de flujo extremo a extremo entre los dos N\_Puertos que están en comunicación.

La conexión dedicada se mantiene hasta que se recibe una solicitud de terminación procedente de alguno de los dos N\_Puertos, o hasta que tenga lugar una condición de excepción que haga que la estructura elimine la conexión.

Un N\_Puerto de Clase 1 y una estructura pueden soportar "solicitudes de conexión apiladas". Esta función permite a un N\_Puerto solicitar simultáneamente múltiples conexiones dedicadas con múltiples destinos, y permite a la estructura establecer dichas conexiones en cualquier orden. Esto permite a la estructura poner en cola las solicitudes de conexión y establecer las mismas a medida que los N\_Puertos de destino estén disponibles. Mientras el N\_Puerto se conecta a un determinado destino, la estructura puede comenzar a procesar otra solicitud de conexión, para minimizar la latencia de conexión. Si no se admiten solicitudes de conexión apiladas, las solicitudes de conexión que la estructura reciba para cualquiera de los N\_Puertos participantes en una conexión dedicada serán contestadas con una indicación de ocupado (BSY) dirigida al N\_Puerto solicitante.

Si se recibe una trama de Clase 2 destinada a alguno de los dos N\_Puertos participantes en una conexión dedicada, la trama de Clase 2 puede ser respondida con una indicación de ocupado, la cual se notifica al N\_Puerto transmisor. En el caso de una trama de Clase 3, la trama se descarta y no se envía ninguna notificación. El F Puerto de destino puede ser capaz de retener la trama durante un cierto periodo de tiempo antes de descartarla o devolver una respuesta de enlace ocupado.

Las conexiones dedicadas de Clase 4 son similares a las conexiones dedicadas de Clase 1, pero permiten que cada conexión ocupe una fracción de los anchos de banda de enlace de los N\_Puertos de origen y destino, para permitir un control más fino de la granularidad de las garantías de calidad de servicio para la transmisión a través de la estructura. La solicitud de conexión para una conexión dedicada de Clase 4 especifica el ancho de banda solicitado a la latencia máxima extremo-extremo para cada conexión y en cada dirección, y la aceptación de la conexión por parte de la estructura obliga a ésta a satisfacer dichos parámetros de calidad de servicio durante la vida de la conexión.

La Clase 6 es un servicio de conexión dedicada unidireccional que permite una conexión de multidifusión con confirmación, la cual resulta útil para una eficiente replicación de datos en sistemas que proporcionen una alta disponibilidad. En el servicio de Clase 6, cada trama transmitida por el origen de la conexión dedicada es duplicada por la estructura y entregada

a cada uno de los N\_Puertos del conjunto de N\_Puertos de destino. Entonces, los N\_Puertos de destino devuelven confirmaciones que indican la entrega correcta y completa de las tramas, y la estructura consolida las confirmaciones en una única respuesta que se envía al N\_Puerto de origen.

**Encaminamiento sin conexión.** Una subestructura sin conexión se caracteriza por la ausencia de conexiones dedicadas. La subestructura sin conexión multiplexa las tramas en las fronteras de trama entre múltiples N\_Puertos de origen y destino, a través de sus F\_puertos asociados.

En un entorno multiplexado, en el que las tramas contienen por los recursos de los F\_Puertos, el control de flujo para el encaminamiento sin conexión es más complejo que en la transmisión de conmutación de circuitos utilizada en las conexiones dedicadas. Por esta razón, el control de flujo se gestiona con una granularidad más fina, con control de flujo búfer a búfer a través de cada enlace. Asimismo, una estructura implementará mecanismos de búfer internos, para almacenar temporalmente las tramas que tropiecen con una contienda de puerto de salida, hasta que la congestión se reduzca. Cualesquier error de control de flujo que provoquen un desbordamiento de los mecanismos de búfer pueden causar la pérdida de tramas. La pérdida de una trama puede ser bastante perjudicial para la comunicación de datos en algunos casos, y será evitada en el nivel de estructura siempre que sea posible.

Para la Clase 2, la estructura notificará al N\_Puerto de origen, con una indicación de ocupado (BSY) o de rechazo (RJT), si la trama no puede ser entregada, con un código que explique la razón. El N\_Puerto de origen no recibirá ninguna notificación de la no entrega de una trama de Clase 3, dado que la recuperación de errores se gestiona a un nivel más alto.

### 3.3.6 Clases de servicio.

Fibre Channel define actualmente cinco “clases de servicios”, que pueden usarse para definir diferentes tipos de tráfico con diferentes requisitos de entrega. Las clases de servicio no son obligatorias, en el sentido de que una estructura o un N\_Puerto puede no soportar todas las clases. Las clases de servicios no son dependientes de la topología, sin embargo, la topología afectará a las prestaciones disponibles en las distintas clases.

Las cinco clases de servicio son las siguientes: El servicio de Clase 1 está pensado para proporcionar las funciones de un canal dedicado a una red de conmutación de circuitos, garantizando un ancho de banda de alta velocidad dedicado entre parejas de N\_Puertos durante un periodo definido. El servicio de Clase 2 está pensado para proporcionar las funciones de una red de conmutación de paquetes, permitiendo que múltiples nodos compartan los enlaces, multiplexando los datos según sea necesario. El servicio de Clase 3 opera como el servicio de Clase 2, pero sin confirmaciones, proporcionando un transporte Fibre Channel con una mayor flexibilidad y eficiencia que las otras clases bajo un protocolo de mayor nivel que realice su propio control de flujo, su propia detección de errores y su

propia recuperación. El servicio de Clase 4 permite a la estructura proporcionar garantías de calidad de servicio referentes al ancho de banda y a la latencia, sobre una fracción de ancho de banda de un enlace. El servicio de Clase 6 opera como una multidifusión con confirmaciones, con transmisión unidireccional desde un origen a múltiples destinos utilizando el ancho de banda completo del canal.

**Servicio de Clase 1: conexión dedicada.** La Clase 1 es un servicio que establece conexiones dedicadas entre N\_Puertos a través de la estructura, si dicho servicio está disponible. Una conexión dedicada de Clase 1 se establece mediante la transmisión de una trama de "solicitud de transmisión de Clase 1", que prepara la conexión y puede o no contener datos de mensaje. Una vez establecida, la conexión dedicada se retiene y está garantizada por la estructura y por el N\_Puerto de destino, hasta que se elimine la conexión por algún mecanismo. Este servicio garantiza un ancho de banda de transmisión máximo entre los dos N\_Puertos mientras dure la conexión establecida. La estructura entrega las tramas al N\_Puerto de destino en el mismo orden en que son transmitidas por el N\_Puerto de origen. El control de flujo y la recuperación de errores son gestionados entre los dos N\_Puertos que están en comunicación, sin que la estructura intervenga durante la operación normal.

La gestión de las conexiones dedicadas de Clase 1 es independiente del inicio y la terminación de los intercambios. Un intercambio puede realizarse dentro de una conexión de Clase 1, o puede continuarse a través de múltiples conexiones Clase 1.

**Servicio de Clase 2: múltiplex.** La Clase 2 es un servicio sin conexión en el que la estructura, si está presente, multiplexa las tramas en las fronteras de trama. Está permitida la multiplexación desde un mismo origen a múltiples destinos, y desde múltiples orígenes a un mismo destino. Puede que la estructura no garantice necesariamente la entrega de las tramas de datos o de las confirmaciones en el mismo orden secuencial en que fueron transmitidas por el N\_Puerto de origen o de destino. En la ausencia de errores de enlace, la estructura garantiza la notificación de la entrega o del fallo de entrega.

**Servicio de Clase 3: datagrama.** La Clase 3 es un servicio sin conexión en el que la estructura, si está presente, multiplexa las tramas en las fronteras de trama. La Clase 3 sólo soporta la entrega sin confirmación en la que el N\_Puerto de destino no envía ninguna confirmación de la entrega adecuada o fallida de las tramas. Las confirmaciones en el servicio de Clase 3 son responsabilidad del protocolo de nivel superior que esté utilizando Fibre Channel para el transporte de datos, y vienen determinadas por éste. El transmisor envía tramas de datos de Clase 3 en orden secuencial dentro de una cierta secuencia, pero puede que la estructura no garantice necesariamente el orden de entrega. En la Clase 3, la estructura intentará por todos los medios entregar la trama al destino adecuado, pero puede destacar tramas sin notificación en condiciones de alto tráfico o cuando suceda algún error. Cuando una trama de Clase 3 se corrompe o es descartada, la recuperación de errores y la notificación se realiza en el nivel del protocolo de nivel superior. La Clase 3 puede utilizarse también para un servicio de multidifusión sin confirmación, en el que el identificador de destino de las tramas especifica un identificador predefinido de grupo de multidifusión, y las tramas se duplican sin modificación y se entregan a todos los N\_Puertos del grupo.

**Intermix.** Un problema importante con la Clase 1 es que si el N\_Puerto de origen no dispone de datos de Clase 1 listos para su transferencia durante una conexión dedicada, el ancho de banda de transmisión del N\_Puerto queda inutilizado, incluso aunque pudiera haber tramas de Clase 2 o Clase 3 que puedan ser enviadas. De forma similar, el ancho de banda disponible del N\_Puerto de destino queda inutilizado incluso si la estructura ha recibido tramas que podrían haberle sido entregadas.

Intermix es una opción de servicio de Clase 1 que resuelve este problema de eficiencia, permitiendo el entrelazado de tramas de Clase 2 y Clase 3 durante una conexión dedicada de Clase 1 ya establecida. Además de la posible mejora de eficiencia descrita, esta función puede también proporcionar un mecanismo para que un emisor envíe mensajes de Clase 2 o Clase 3 de alta prioridad sin la sobrecarga requerida para terminar una conexión dedicada de Clase 1 ya establecida.

El soporte de Intermix es opcional, al igual que lo es el soporte para todas las otras clases de servicio. Este soporte se indica durante el periodo de inicio de sesión, mientras los N\_Puertos y la estructura, si está presente, determina la configuración de la red. Para poder utilizar Intermix, es preciso que los dos N\_Puertos de una conexión dedicada lo soporten, así como la estructura.

Si la estructura soporta Intermix es obligatorio que esté disponible todo el ancho de banda de Clase 1 durante una conexión dedicada.

**Clase 4.** Otro problema diferente con la Clase 1 es que sólo permite conexiones dedicadas desde un único origen a un único destino, utilizando el ancho de banda completo del canal. En muchas aplicaciones, resulta útil asignar una fracción de los recursos entre los N\_Puertos, de modo que la porción restante pueda ser asignada a otras conexiones. En la Clase 4, se establece un circuito bidireccional con un "circuito virtual" (Virtual Circuit, VC) en cada dirección, con unas garantías negociadas de calidad de servicio en lo que respecta al ancho de banda y a la latencia para la transmisión a través del circuito virtual correspondiente a cada dirección. Un N\_Puerto de origen o de destino puede soportar hasta 254 circuitos de Clase 4 simultáneos, dedicando una parte de su ancho de banda de enlace a cada uno. La Clase 4 no especifica cómo deben multiplexarse los datos entre los diferentes circuitos virtuales, ni como debe implementarse dicho servicio en las estructuras: estas funciones están determinadas por la implementación concreta de la estructura que soporte el tráfico de Clase 4.

**Clase 6.** Un área principal de aplicación para la tecnología Fibre Channel se encuentra en los centros de datos de tipo corporativo o en los proveedores de servicios Internet, donde es preciso soportar un transporte y almacenamiento de datos de alta fiabilidad. En estas áreas de aplicación, la duplicación de datos es un requisito bastante común, e impone una alta carga para la red SAN. La Clase 6 esta pensada para proporcionar eficiencia adicional en el transporte de datos, al permitir que los datos sean duplicados por la estructura sin

modificación, y entregados a cada uno de los N\_Puertos de destino de un grupo de multidifusión. La Clase 6 difiere de la multidifusión de Clase 3 en que se garantiza el ancho de banda completo del canal, y en que cada uno de los N\_Puertos de destino genera respuestas, que son recopiladas por la estructura y entregadas al N\_Puerto de origen como una única trama de respuesta consolidada.

### **3.3.7 Comandos de servicio de enlace básicos y avanzados.**

Además de la tramas utilizadas para transferir datos, el propio protocolo Fibre Channel utiliza una serie de tramas, secuencias e intercambios para inicializar las comunicaciones, vigilar la transmisión, permitir la notificación de estado, etc. Estos tipos de funciones se denominan "servicios de enlace"; se definen dos tipos de operaciones de servicio de enlace.

1) Los "comandos de servicio de enlace básicos" se implementan como mensajes de una única trama que se transfiere entre los N\_Puertos para gestionar operaciones de alta prioridad. Dichas operaciones incluyen una trama de solicitud de secuencia de cancelación (Abort Sequence, ABTS), que puede utilizarse para determinar el estado de (y posiblemente para cancelar) las secuencias y/o intercambios actuales existentes, de cara a la recuperación de errores. La cancelación (y posible retransmisión) de una secuencia o intercambio es el método principal de recuperación para los errores de nivel de secuencia y de nivel de trama. La aceptación o rechazo del comando de cancelación de secuencia (ABTS) se indica devolviendo una respuesta de aceptación básica (Basic Accept, BA\_ACC) o de rechazo básico (Basic Reject, BA\_RJT). Una solicitud de eliminación de conexión (Remove Connection, RMC) permite terminar de manera disruptiva una conexión dedicada de Clase 1, terminando cualesquiera secuencia que haya actualmente activas. El comando de no operación (NOP) no contiene datos, pero permite implementar una serie de funciones de control, como la de indicar conexiones dedicadas de Clase 1, transferir la iniciativa de secuencia y llevar a cabo la terminación normal de la secuencia, mediante opciones indicadas en la cabecera de trama y en los delimitadores de trama.

2) Los "comandos de servicio de enlace ampliados" implementan operaciones más complejas, generalmente mediante el establecimiento de un intercambio completamente nuevo. Estas operaciones incluyen el establecimiento de parámetros iniciales de operación y de configuración de estructura o topología mediante los comandos de inicio de sesión de estructura (Fabric Login, FLOGI) e inicio de sesión de N\_Puerto (N\_Port Login, PLOGI), y el comando de fin de sesión (Logout, LOGO). El comando de cancelación de intercambio (Abort Exchange, ABTX) permite terminar un intercambio actualmente existente mediante la transmisión del comando ABTX en un intercambio separado. Diversos comandos permiten solicitar el estado de un intercambio, secuencia o conexión concretos, o leer valores de temporización y estados de error de enlace desde un puerto remoto, y un cierto comando permite solicitar la iniciativa de secuencia dentro de un intercambio ya existente. Hay definidos diversos comandos para ser utilizados como parte de un protocolo para establecer el mejor valor de crédito extremo-extremo entre dos puertos. Hay una serie de comandos de servicio de enlace ampliados para gestionar el inicio de sesión, el fin de

sesión y el estado de inicio de sesión para los "procesos". La implementación del inicio de sesión de proceso y las funciones relacionadas permiten dirigir la comunicación a una de múltiples entidades independientes detrás de un mismo N\_Puerto. Esto permite la multiplexación de operaciones de múltiples procesos, o "imágenes", a través de un mismo N\_Puerto, incrementando así la eficiencia de uso de hardware. Una serie de comandos de servicio de enlace ampliados permiten la gestión de identificadores de alias, los cuales permiten que un cierto N\_Puerto o un grupo de N\_Puertos sean conocidos por otros N\_Puertos y por la estructura por un identificador diferente, permitiendo gestionar así de forma distinta el tráfico entregado a un mismo puerto físico de destino. Finalmente, un conjunto de comandos de servicio de enlace ampliados permiten informar del estado o capacidades de un puerto de la estructura, o consultar dicha información.

### 3.3.8 Funciones de bucle arbitrado.

La gestión de la topología de bucle arbitrado requiere algunas operaciones y comunicaciones extra, además de las requeridas para las topologías punto a punto y de estructura. Entre ellas podemos citar nuevas definiciones de secuencias primitivas y señales primitivas para la inicialización y el arbitraje en bucle; un esquema de inicialización adicional para la determinación de direcciones en el bucle; y una máquina de estados extra que controla el acceso al bucle y las capacidades de transmisión y monitorización.

### 3.3.9 Protocolos.

Los protocolos son intercambios de conjuntos específicos de datos para realizar ciertas funciones definidas. Dichas funciones incluyen operaciones para gestionar el entorno operativo, para transferir datos y para negociar funciones específicas de gestión de bajo nivel. Fibre Channel define los siguientes protocolos.

**Protocolos de Secuencias Primitivas:** los protocolos de secuencias primitivas están basados en conjuntos ordenados de secuencias primitivas de una única palabra, y realizan la sincronización y negociación de bajo nivel para los protocolos de Fallo de enlace, de Inicialización de enlace, de Restablecimiento de enlace y de Desconexión.

**Protocolo de Inicialización de bucle arbitrado:** en una topología de bucle arbitrado, la asignación de las 127 posibles direcciones de bucle a los diferentes puertos conectados al bucle se realiza mediante la transmisión de una serie de secuencias alrededor del bucle, recopilando y difundiendo alternativamente asignaciones de direcciones a los nodos.

**Protocolo de Inicio de Sesión de estructura:** en el protocolo de inicio de sesión de estructura, el N\_Puerto intercambia secuencias con la estructura, si está presente, para determinar los parámetros de servicio que determinan el entorno operativo. Esto especifica parámetros tales como el crédito de búfer de control de flujo, el soporte de las diferentes clases de servicio y el soporte de diversos servicios Fibre

Channel opcionales. Se puede llevar a cabo un equivalente de este procedimiento mediante un mecanismo de "inicio de sesión implícito", en el que un agente externo, como un administrador del sistema o un programa de inicialización precargado notifica a un puerto cuál es el tipo de entorno al que está conectado. No existe ningún fin de sesión de estructura explícito, dado que la estructura no tiene recursos significativos dedicados a un N\_Puerto que pudieran ser liberados. La transmisión de las secuencias primitivas OLS y NOS causa un fin de sesión de estructura implícito, requiriendo un reinicio de la sesión de estructura antes de que pueda tener lugar ninguna comunicación adicional.

**Protocolo de Inicio de Sesión de N\_Puerto:** el protocolo de inicio de sesión de N\_Puerto realiza la misma función, con un N\_Puerto de destino particular, que el protocolo de Inicio de sesión de estructura realiza con la estructura.

**Protocolo Fin de Sesión de N\_Puerto:** un N\_Puerto puede solicitar la eliminación de sus parámetros de servicio en otro puerto realizando un protocolo de Fin de sesión de N\_Puerto. Esta solicitud puede ser usada para liberar recursos en el otro N\_Puerto.

### 3.3.10 Segmentación y recomposición.

La segmentación y la recomposición son las funciones FC-2 proporcionadas para subdividir los datos de aplicación que hay que transferir en fragmentos de datos útiles, insertar cada fragmento de dato útil en una trama individual, transferir dichas tramas a través del enlace o enlaces y recomponer los datos de aplicación en el extremo receptor. Dentro de cada secuencia, puede haber múltiples "categorías de información". Las categorías de información sirven como marcadores para separar diferentes lotes de datos dentro de una secuencia, que pueden ser gestionados de manera diferente en el receptor.

La asignación de los datos de aplicación a protocolos de nivel superior cae fuera del ámbito de Fibre Channel. Los protocolos de nivel superior mantienen el estado de los datos de aplicación transferidos. Los protocolos de nivel superior en el extremo emisor especifican al nivel FC-2:

- Los bloques o subbloques que hay que transferir dentro de una secuencia.
- La categoría de información para cada bloque o subbloque.
- Un espacio de desplazamiento relativo (Relative Offset) que comienza en 0, y que representa un origen definido por el protocolo de nivel superior para cada categoría de información.
- Un desplazamiento relativo inicial para cada bloque o subbloque que hay que transferir.

La relación de desplazamiento relativo entre los bloques que hay que transferir en múltiples secuencias es definida por un nivel superior y es transparente para FC-2, el desplazamiento

relativo es un campo transmitido en la cabecera de la trama de datos, que se emplea para indicar el desplazamiento en el extremo emisor del primer byte de los datos útiles de la trama dentro de un bloque o colección de bloques de una categoría de información. El desplazamiento relativo no es una función obligatoria en una implementación de Fibre Channel. Si el desplazamiento relativo no está soportado, se usa SEQ\_CNT para realizar la segmentación y la recomposición. Puesto que los tamaños de trama son variables, las tramas que no dispongan de un desplazamiento relativo no podrán ser colocadas en sus ubicaciones correctas del bloque de recepción hasta que todas las tramas con valores SEQ\_CNT inferiores hayan sido recibidas y colocadas.

El receptor de la secuencia indica durante el primer inicio de sesión su capacidad para soportar desplazamientos relativos aleatorios o desplazamientos relativos continuamente crecientes. Si sólo se admite el segundo tipo, cada categoría de información transferida dentro de una secuencia es tratada como un bloque por los niveles superiores. Si se admiten desplazamientos relativos aleatorios, una categoría de información puede ser especificada como subbloques por los niveles superiores, y los subbloques pueden ser transmitidos en un orden aleatorio.

### **3.3.11 Compresión de datos.**

Otra función incluida en Fibre Channel es la capacidad para la compresión de datos, pensada para incrementar el ancho de banda efectivo de transmisión de datos. Los datos de los protocolos de nivel superior pueden ser comprimidos para cada categoría de información dentro de una secuencia, utilizando el algoritmo Lempel Ziv-1 para compresión de datos adaptativa sin pérdidas. Cuando los motores de compresión y descompresión pueden operar a la velocidad de enlace o superior, la tasa efectiva de transmisión de datos puede multiplicarse por la inversa de la tasa de compresión.

### **3.3.12 Detección y recuperación de errores.**

En general, los errores detectados caen en dos categorías fundamentales: errores de trama y errores de nivel de enlace. Los errores de trama surgen como resultado de tramas ausentes o corruptas. Las tramas corruptas se descartan y el error resultante se detecta, y posiblemente se recupera, en el nivel de secuencia. En el nivel de secuencia, una trama ausente se detecta en el receptor debido a la falla de uno o más valores SEQ\_CNT, y en el indicador se detecta por la falla de una confirmación o el transcurso del correspondiente tiempo de espera. Una vez detectado un error de trama, la secuencia puede ser descartada o retransmitida, dependiendo de la política de error de intercambio vigente en el intercambio al que la secuencia pertenece. Si se utiliza una de las políticas de error de intercambio con descarte, la secuencia se aborta en el nivel de secuencia una vez que se detecta un error. Los errores de secuencia también pueden causar errores de intercambio, lo cual puede hacer a su vez, también, que el intercambio sea abortado. Cuando se utiliza una política de error de intercambio con retransmisión, puede realizarse una recuperación de errores dentro del intercambio o secuencia erróneos, con la participación del protocolo de nivel superior emisor. Otras secuencias que hayan transcurrido de forma adecuada no se verán afectadas.

Los errores de nivel de enlace se generan como resultado de errores detectados a un nivel menor de granularidad que las tramas, en los que las características básicas de las señales se ven comprometidas. Los errores de nivel de enlace incluyen errores tales como la pérdida de señal, la pérdida de sincronización y errores de fin de temporización de enlace, que indica que no existe actividad de tramas en lo absoluto. La recuperación de los errores de nivel de enlace se realiza mediante la transmisión y recepción de secuencias primitivas con uno de los protocolos de secuencia primitiva. La recuperación en el nivel de enlace perturba el flujo normal de tramas y puede introducir errores de secuencia que deben ser resueltos después de la recuperación de nivel de enlace.

La recuperación de errores puede ser descrita por la siguiente jerarquía, que va desde la menos a la más disruptiva.

1. *Abortar secuencia*: recuperación mediante la transmisión de tramas del protocolo de cancelación de secuencia.
2. *Abortar intercambio*: recuperación mediante la transmisión de tramas del protocolo de cancelación de intercambio.
3. *Restablecimiento del enlace*: recuperación de errores de enlace tales como un fin de temporización de secuencia para todas las secuencias activas, fin de temporización E\_D\_TOV sin recepción en una señal primitiva R\_RDI o desbordamiento búfer a búfer.
4. *Inicialización de enlace*: recuperación de errores graves de enlace tales como la necesidad de un puerto de desconectarse, o de detener la transmisión de bits.
5. *Fallo de enlace*: recuperación de errores de enlace muy graves, como la pérdida de señal, pérdida de sincronización o fin de temporización durante un protocolo de secuencia primitiva.

Los primeros dos protocolos requieren la transmisión de comandos de servicio de enlace ampliados entre los N\_Puertos. Los últimos tres protocolos son protocolos de secuencia primitiva que operan en el nivel de enlace; requieren el intercambio de bloques más fundamentales, denominados secuencias primitivas, para hacer posible una vuelta limpia y sincronizada al estado de actividad en aquellas situaciones en que un puerto (N\_Puerto o F\_Puerto) puede no saber el estado del puerto opuesto en el enlace.

### 3.4 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL NIVEL FC-3.

El nivel FC-3 está pensado para proporcionar un protocolo de entramado y otros servicios que gestionen operaciones sobre múltiples N\_Puertos situados en un mismo nodo. Este nivel está todavía bajo desarrollo, dado que los requisitos completos para operación sobre múltiples N\_Puertos de un nodo no están todavía claros. Una función de ejemplo sería la "división en bandas", en la que los datos podrían ser simultáneamente transmitidos a través de múltiples N\_Puertos para incrementar el ancho de banda efectivo.

Hay una serie de funciones relacionadas con FC-3, dichas funciones incluyen: (1) la difusión de información a todos los N\_Puertos conectados a la estructura, (2) valores identificadores de alias, para direccionar un subconjunto de los puertos mediante un único alias, (3) multidifusión, para realizar una difusión restringida a los puertos contenidos dentro de un grupo de alias y (4) grupos de captura (hunt groups), para permitir a cualquier miembro de un grupo gestionar solicitudes dirigidas al grupo de alias.

### 3.5 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL NIVEL FC-4.

El nivel FC-4 define asignaciones de los bloques sintácticos Fibre Channel a los protocolos de nivel superior. Actualmente, hay definidas una serie de asignaciones a varios protocolos significativos de canal, de interfaz de periféricos y de red, incluyendo:

- SCSI (Small Computer Interface, interfaz para sistemas informáticos de pequeño tamaño).
- IPI-3 (Intelligent Peripheral Interface-3, interfaz de periféricos inteligentes).
- HIPPI (High Performance Parallel Interface, interfaz paralela de alto rendimiento).
- IP (Internet Protocol, protocolo Internet): datos IEEE 802.2 (TCI/IP).
- ATM/AAL5 (nivel de adaptación ATM para datos informáticos).
- SBCCS (Single Byte Command Code Set, conjunto de códigos de comando monobyte) o ESCON / FICON / SBCON.

El escenario general es el de una asignación de los mensajes del protocolo de nivel superior que hay que transportar mediante los niveles Fibre Channel. Cada mensaje se denomina "unidad de información", y se asigna como una secuencia Fibre Channel. La asignación FC-4 para cada protocolo de nivel superior describe qué categoría de información se utiliza para cada unidad de información, y cómo se asocian las secuencias de unidades de información para formar intercambios.

#### 3.5.1 IP sobre Fibre Channel.

El establecimiento de comunicaciones IP con un nodo remoto a través de Fibre Channel se lleva a cabo estableciendo un intercambio. Cada intercambio establecido para IP es unidireccional. Si un par de nodos quieren intercambiar paquetes IP, debe establecerse un

intercambio separado para cada dirección. Esto mejora el rendimiento bidireccional, dado que las secuencias son no concurrentes dentro de cada intercambio, mientras que IP permite la comunicación bidireccional concurrente.

En el nivel Fibre Channel, un conjunto de paquetes IP que haya que transmitir se gestiona como una secuencia. La unidad máxima de transmisión, o máximo tamaño de paquete IP, es 64 kilobytes con hasta 255 bytes de sobrecarga.

El tráfico IP sobre Fibre Channel puede utilizar cualquiera de las clases de servicio, pero, en un entorno de red, la Clase 2 es la que más aproximadamente cumple con las características esperadas por el protocolo IP.

La política de error de intercambio utilizada de forma predeterminada es “abortar y descartar una única secuencia”, de modo que, en caso de error de trama, la secuencia se descarta sin retransmisión y las secuencias sucesivas no se ven afectadas. Los niveles IP y TCP se encargarán de gestionar la retransmisión de datos, si es necesaria, de forma transparente para los niveles Fibre Channel, y también gestionará la ordenación de las secuencias. Algunas implementaciones pueden especificar que la ordenación y retransmisión, en caso de error, sean gestionadas en el nivel Fibre Channel utilizando políticas de condición de cancelación de secuencia diferentes.

Será necesario implementar un servidor ARP (Address Resolution Protocol, protocolo de resolución de direcciones) para proporcionar una correspondencia entre las direcciones IP de 4 bytes y los identificadores de dirección Fibre Channel de 3 bytes. Generalmente, este servidor ARP se implementará en el nivel de estructura y será direccionado utilizando el identificador de dirección x “FF FFFC”.

### **3.5.2 SCSI sobre Fibre Channel.**

El escenario general es uno en el que los niveles Fibre Channel actúan como mecanismo de transporte de datos para la transmisión de bloques de control y bloques de datos en el formato SCSI. Un N\_Puerto Fibre Channel puede operar como un origen o destino SCSI, generando comandos SCSI, o aceptando y dando servicio a comandos SCSI recibidos a través del enlace Fibre Channel. La topología de estructura Fibre Channel es más flexible que la topología de buses SCSI, dado que pueden tener lugar múltiples operaciones simultáneamente. La mayor parte de las implementaciones SCSI se realizarán sobre una topología de bucle arbitrado, con el fin de incurrir en un coste mínimo al conectar múltiples puertos.

Cada operación SCSI-3 es aplicada sobre Fibre Channel como un intercambio bidireccional. Una operación SCSI-3 requiere múltiples secuencias. Un comando de lectura, por ejemplo, requiere: (1) un comando desde el origen al destino; (2) posiblemente, un mensaje desde el destino al origen indicando que está listo para la transferencia, (3) un conjunto de datos durante la “fase de datos”, que fluyen desde el destino al origen, y (4)

una secuencia de estado, que indica el estado de terminación del comando. En Fibre Channel, cada uno de estos mensajes de la operación SCSI-3 es una secuencia que forma parte del intercambio bidireccional.

Se pueden gestionar múltiples unidades de disco u otros destinos o iniciadores SCSI situados detrás de un único N\_Puerto mediante un mecanismo denominado "dirección de entidad". La dirección de entidad permite que los comandos, los datos y las respuestas sean encaminados hacia o desde el destino/iniciador SCSI correctos situados detrás del N\_Puerto. El entorno operativo SCSI se establece mediante un procedimiento denominado "inicio de sesión de proceso", que determina características del entorno operativo tales como el uso de ciertos parámetros no obligatorio.

### **3.5.3 FICON o ESCON sobre Fibre Channel.**

ESCON es el mecanismo estándar para conectar unidades de control de almacenamiento en sistemas mainframe S/390. ESCON sobre Fibre Channel es conceptualmente bastante similar a SCSI sobre Fibre Channel; dispone de un conjunto de unidades de información de datos y de control transmitidos como datos útiles de las secuencias Fibre Channel. Las "palabras de control de canal" (Channel Control Words, CCW) de FICON, que son bloques de control que contienen las solicitudes de E/S, son diferentes y más sofisticadas que los bloques de datos y de comandos SCSI, para tener en cuenta el diferente formato del almacenamiento de datos en estos sistemas, y los requisitos más estrictos de tasa de transferencia y de fiabilidad.

Los canales ESCON fueron la primera infraestructura de red de almacenamiento, dado que permitían que múltiples sistemas host accedieran a las mismas unidades de control de almacenamiento a través de estructuras conmutadas de larga distancia. El mapeado sobre Fibre Channel permite a estos sistemas operar a través de estructuras de conmutación Fibre Channel estándar ANSI, al mismo tiempo que preservan las características y funciones originales de los sistemas host y de las unidades de control de almacenamiento.

# Capítulo 4.

## LA FUTURA EVOLUCIÓN DE FIBRE CHANNEL.

Existen varias tendencias importantes que están catalizando el desarrollo actual de Fibre Channel y de otras tecnologías de conexión por red similares, entre las cuales podemos citar:

- En lo que respecta al área de silicio de los circuitos integrados o a las prestaciones de los procesadores, esta regla se suele denominar Ley de Moore, que predice un tiempo de duplicación de las prestaciones comprendido entre 18 y 24 meses, pero el mismo fenómeno puede ser observado también en muchas otras tecnologías, con velocidades de mejora comparables.
- Las distintas tecnologías tienen velocidades de mejora exponencial diferentes. Recientemente, la densidad de las unidades de disco ha estado creciendo incluso más rápido que la velocidad de los procesadores, y la Ley de Gilder establece que el tiempo de duplicación de prestaciones para las tecnologías de redes de larga distancia es incluso superior, entre 9 y 6 meses (o incluso 3 meses, en algunas áreas como la tecnología de multiplexación o división de longitud de onda, en algunos momentos). Algunas veces, estas distintas velocidades pueden causar cambios revolucionarios en la forma de utilización de las distintas tecnologías.
- Además, algunas veces puede percibirse que existen mejoras con crecimiento superior al exponencial, particularmente en sistemas complejos, a medida que una serie de desarrollos tecnológicos interrelacionados se refuerzan mutuamente. Un ejemplo de ésta situación es el área de la tecnología de almacenamiento de datos en Internet en caché, donde el ancho de banda utilizable de las redes WAN y de los servidores puede ser enormemente incrementado, en la práctica, simplemente con almacenar en caché la información frecuentemente utilizada en los diversos encaminadores intermedios de la Inter.-red.
- Esta mejora exponencial, o superior, de las tecnologías se verá equilibrada por un incremento igualmente rápido en la velocidad de uso de dichas tecnologías, en la mayor parte de las áreas. En otras palabras, las aplicaciones se expanden hasta rellenar las posibilidades que las tecnologías les ofrecen, haciéndose progresivamente más complicadas y distribuidas entre redes más fuertemente acopladas.

Todas las tendencias indican que la necesidad de un acceso de datos ampliamente distribuido a través de redes a gran escala se incrementará extremadamente rápido en el futuro previsible (es decir, de 3 a 5 años), lo que representa, obviamente, un conjunto de tendencias bastante positivo para el futuro de Fibre Channel como tecnología.

Por otro lado:

- Los efectos económicos de las redes se verán acelerados. En algunas áreas, este efecto se suele denominar Ley de Metcalfe, que establece que el valor de una red crece exponencialmente con el número de puertos, mientras que el costo por puerto permanece constante o se reduce. La consecuencia más obvia de ésta situación es un escenario de carácter monopolístico, donde las redes más grandes o con mayor aceptación crecen más rápidamente al entrar en competencia con redes más pequeñas o menos aceptadas. Un ejemplo importante a este respecto es IP, el protocolo Internet, que se ha acelerado en cuanto al número de puertos y en cuanto a aceptación, por comparación con otra serie de arquitecturas que proporcionan capacidades análogas. Este efecto será particularmente importante a medida que las redes se integren más estrechamente y compitan de forma más directa.

Unas cuantas observaciones importantes de carácter práctico que conviene tener en cuenta.

- A largo plazo, muchas tecnologías muestran una tendencia en una situación en la que el coste de hardware representa una fracción despreciable del costo total de un sistema. Es decir, los administradores, el software y la gestión, y en particular los servicios, son factores que cobran una importancia cada vez mayor con el paso del tiempo. Otra forma de expresar esto consiste en decir que los servicios y la gestión se hará cada vez más difíciles, y más importantes. En el área de Fibre Channel, esto incluye, claramente, la gestión de red, pero principalmente la gestión de los datos de cara a conseguir una adecuada coherencia y de cara a manejar aspectos tales como la ubicación, el estado y los derechos de acceso. Habrá muchos más recursos compartidos, multiplexados en el tiempo y programables, con procesadores distribuidos por doquier, de modo que todo el concepto de "propiedad de los datos" se hará cada vez más abstracto y los formatos de archivo y las estructuras de los sistemas de archivo tendrán que hacerse cada vez más interoperables y distribuidas.
- Linux cobrará una importancia cada vez mayor, gracias a estas tendencias, no tanto como tecnología de sistema operativo como en forma de metodología de desarrollo. Es decir, teniendo en cuenta las tendencias anteriores, será cada vez más sencillo para una amplia categoría de personas disponer de bloques componentes de gran complejidad con una inversión pequeña o nula, para posteriormente realizar mejoras de carácter incremental y distribuir ampliamente la versión modificada, de cara a recibir comentarios y continuar con las mejoras rápidas.

Finalmente:

- A largo plazo, las tecnologías de red triunfan no tanto por las capacidades o prestaciones específicas que proporcionan, si no por la interoperabilidad de ofrecen, dentro del área de aplicación a la que se dirigen

Tomadas globalmente, estas extrapolaciones de las tendencias actuales son bastante conservadoras. El resto de este capítulo describe varias posibilidades diferentes en lo que respecta a cómo afectarán éstas tendencias al futuro de la tecnología Fibre Channel durante los próximos años, en relación con otras tecnologías similares. Globalmente, estos escenarios son extremadamente prometedores para Fibre Channel como tecnología,

especialmente a corto plazo. aunque cabe entrever algunos riesgos en un horizonte a mas largo plazo.

#### **4.1 EL FUTURO DE FIBRE CHANNEL.**

En un futuro previsible, Fibre Channel continuará siendo la arquitectura estándar de facto utilizada para las redes de área de almacenamiento (redes SAN). Para que esto ocurra, son necesarios algunos prerequisites. Los fabricantes de conmutadores de Fibre Channel deben garantizar que se resuelvan razonablemente bien los problemas de interoperabilidad de los conmutadores, de modo que los clientes tengan la opción de seleccionar conmutadores de múltiples fabricantes. Asimismo sería extremadamente útil una definición más clara de qué opciones de Fibre Channel exactas pueden razonablemente esperarse, y de cómo podrán las redes Fibre Channel interoperar a través de Internet. Para satisfacer la necesidad de transmisión de datos, tendrá que haber disponible en algo menos de 5 años una versión a 10 Gb/s. Finalmente, será preciso desarrollar herramientas software de gestión de red que sean tan funcionales y simples de utilizar como las existentes para otras redes, dado que la gestión de red representará una parte muy importante del costo total de propiedad de las redes.

#### **4.2 ESCENARIO POSIBLE: ETHERNET UBICUA.**

El escenario del futuro Ethernet está avalado por la observación de que: a) Ethernet es la red predeterminada para las redes de área local, por lo que disfruta de grandes volúmenes de fabricación, bajos precios de hardware y un amplio soporte del sector industrial, b) los problemas de prestaciones asociados con Ethernet se verán en cierta medida aliviados una vez que estén disponibles Gigabit Ethernet y 10 Gigabit Ethernet; y c) en la práctica, las prestaciones de la red dentro de un entorno de redes SAN están dictadas principalmente por las capacidades de las tarjetas de interfaz de red y de las pilas de protocolos de máquinas host, y pueden optimizarse sobre una Estructura basada en Fibre Channel

El escenario de "Ethernet ubicua" se basa en la idea de que la infraestructura de red (conmutadores, enlaces, tarjetas de interfaz de red y protocolos host) estará basada en protocolos IP que se ejecuten sobre hardware Ethernet. El tráfico de las redes de área de almacenamiento, como los bloques de datos y comandos SCSI y sus correspondientes respuestas, se transportarían simplemente como un tipo diferente de paquetes a través de la misma red. Resulta razonable pensar esto porque: 1) los enlaces y conmutadores para una red SAN no son tan diferentes, al fin y al cabo, con respecto a los de una red LAN, 2) la principal diferencia hardware entre los dos tipos de redes se encuentran en las áreas de gestión, utilización e interfaces HCA o NIC; y 3) la principal diferencia software entre ellas es el tipo de tráfico que transportan y en los protocolos que tratan de ejecutar, los cuales pueden ser modificados.

El aspecto más controvertido en lo que a esto respecta es si se utilizará el protocolo TCP de nivel de transporte o un protocolo diferente sobre la red IP. TCP es un protocolo bien comprendido y muy estandarizado, pero su modelo de transporte fundamental (un flujo de

bytes unidireccional enviado por una máquina host y leído por otra) no se adapta particularmente bien ni a las redes de conmutación de paquetes ni al conjunto de comandos SCSI, el cual es un protocolo de solicitud-respuesta que utiliza mensajes de datos de comandos de tamaño variable. Esta diferencia básica en los modelos de transporte fundamentales es causa de algunas de las principales ineficiencias a la hora de implementar los protocolos.

El modelo consistente en transportar bloques de comandos SCSI y sus correspondientes respuestas mediante sockets TCP (denominado "iSCSI") ha sido ya probado, aunque no ha demostrado aún una alta eficiencia, en términos de ancho de banda de transmisión por cada instrucción de procesador. Este modelo podría ser mejorado si se pudiera desplazar una mayor funcionalidad desde la máquina host a la interfaz NIC o HBA que lo que actualmente resulta normal con las tarjetas de interfaz de red Ethernet. Este coprocesamiento TCP podría, idealmente, realizar funciones tales como la comprobación de errores, análisis de cabeceras y operaciones de segmentación y recomposición, para evitar que el procesador host realice estas funciones, e incrementar así el rendimiento. Algunos de los problemas de eficiencia pueden resolverse utilizando motores de coprocesamiento TCP, pero otros problemas son inherentes a la diferencia que existe en cuanto a modelos de transporte entre TCP y el conjunto de comandos SCSI.

Alternativamente, algún otro modelo de transporte nuevo podría reemplazar al nivel TCP dentro de la pila de protocolos basada en IP, proporcionando control de flujo y mecanismos de búfer para cada mensaje, con búferes de recepción preasignados, con el fin de adaptarse mejor a las características del tráfico SCSI.

Otro modelo muy interesante podría conceptuarse como una especie de "tunelización a través de IP". En este caso, un pequeño dispositivo de "pasarela de almacenamiento" se utiliza para realizar la traducción entre una interfaz física común de almacenamiento (SCSI o quizás, incluso IDE) y un enlace de red Ethernet, de modo que pueda usarse una red Ethernet para proporcionar un enlace con una serie de buses de interfaz de almacenamiento situados a grandes distancias. Si se colocan dos de estas pasarelas en cada extremo del enlace host/dispositivo de almacenamiento, la ruta intermedia puede ser un red Ethernet normal o, si se utilizan encaminadores, cualquier otra red en la que se empleen protocolos IP. La ventaja de este modelo es que las interfaces de host y de dispositivo son interfaces de almacenamiento completamente estándar y altamente optimizadas, y se puede hacer que las pasarelas sean tan rápidas como cualquier encaminador. Los problemas principales aquí son: 1) la gestión de las pasarelas, dado que tienen que actuar como proxy para el host o dispositivo de almacenamiento con respecto a la red basada en IP; y 2) la seguridad, para garantizar que todas las máquinas host conectadas a la red accedan a sus dispositivos de manera coherente. Estos problemas son análogos o idénticos a los problemas que pueden encontrarse en cualquier red LAN sofisticada, de manera que las pasarelas podrían gestionarse a través de su puerto o puertos Ethernet de forma similar a un conmutador Ethernet convencional. Otro problema común de administración de red que cobra aquí una particular importancia es la funcionalidad de asignación de recursos de red, para garantizar que cada nodo terminal disponga de una calidad de servicio adecuada.

Las ventajas de todas estas estrategias basadas en Ethernet serán que los enlaces de red y conmutadores se fabriquen en grandes volúmenes, lo cual resultará probablemente menos caro que los componentes Fibre Channel, así mismo dichos componentes resultarán familiares para los administradores de sistemas. De forma similar, la gestión de una red SAN basada en Ethernet, como la que aquí se ha descrito, sería bastante parecida a la gestión de una red LAN, y podría utilizar las mismas herramientas.

### **4.3 ESCENARIO DEL FUTURO: EXPANSIÓN DE INFINIBAND.**

La arquitectura InfiniBand es una tecnología bastante revolucionaria en el área de diseño de servidores y de la conexión de las computadoras a sus mecanismos de E/S, ya sean éstos tecnologías de red o tecnologías de canal. InfiniBand es una tecnología que incluye la interconexión de redes directamente en el corazón del sistema de E/S de un servidor; específicamente, lo que incluye es la tecnología de interconexión de redes IPv6.

La arquitectura InfiniBand trata de resolver un problema que se presenta en los dos escenarios futuros antes descritos, que es el de que la interfaz de red (la tarjeta de interfaz de red Ethernet o el adaptador de bus Fibre Channel) se conecta a un bus de E/S. Dado que los buses de E/S no están mejorando sus prestaciones a la misma velocidad que los subsistemas de procesador/caché/memoria, o que las redes, el bus de E/S y el bus PCI o PCI-X está constituyendo cada vez más un cuello de botella en los sistemas servidores.

En un sistema servidor que utilice un red IPC y E/S InfiniBand, el bus PCI-X punto a punto se reemplaza con una interfaz de red de muy alta eficiencia denominada “adaptador de canal host”, y una red de conmutación de paquetes sustituye al bus PCI como infraestructura de E/S para el servidor. Esto permite desacoplar el servidor no solo con respecto al almacenamiento, sino con respecto a toda la estructura de E/S. Actualizar el procesador en un servidor de éste tipo no requeriría actualizar ni incluso moverlas tarjetas de E/S: el nuevo servidor contendría simplemente un subsistema de procesador/caché y memoria, y se conectaría a la infraestructura de E/S a través de un enlace o un panel de interconexión.

Las redes InfiniBand se denominan “Redes de área de sistema”. La intención es que la red sea usada para conectar la E/S del sistema y para conectar cualesquiera otros dispositivos a los que el sistema necesite conectarse. En la Fig 17 se muestra un diagrama de ejemplo de una red de área de sistema InfiniBand.

Algunos de los aspectos más innovadores de la arquitectura InfiniBand son que combina una gestión de red basada en IP con una conmutación extremadamente eficiente y de baja latencia y con un ancho de banda muy escalable: cada enlace comprende 1,4 o 12 líneas transmitiendo datos con codificación 8b/10b a 2.5 Gb/s por línea, para conseguir 2, 8 o 24 Gb/s de datos de usuario en cada enlace; se requieren muy pocos o ningún cambio en la circuitería o en los empaquetados. Además, el nivel de transporte InfiniBand proporciona una funcionalidad casi equivalente a la de los niveles IP y TCP, pero aprovechándose de una serie de suposiciones sobre el rendimiento y funcionalidad de la red dentro de una red localizada y bien controlada, para optimizar en gran medida los protocolos globales de

comunicaciones y desplazar buena parte de los mismos a la interfaz HCA, descargando así al procesador host. Asimismo, la arquitectura InfiniBand describe un conjunto completo de empaquetados para los módulos de E/S que se basa en enchufar horizontalmente módulos con protección EMI en un sistema montado sobre un bastidor o sobre un panel de interconexión.

El diagrama siguiente muestra dos mecanismos diferentes para conectar recursos de almacenamiento a un servidor: bien mediante un adaptador TCA (Target Channel Adapter, adaptador de canal de destino) que conecte con discos o cintas a través de enlaces Fibre Channel o SCSI, o bien, directamente. El formato de los mensajes que crucen la Estructura InfiniBand será, naturalmente, diferente en los dos casos.

La conexión inicial de recursos de almacenamiento mediante InfiniBand se realizará mediante adaptadores TCA y enlaces Fibre Channel o SCSI. Existen algunas posibilidades de que se desarrollen el software, los controladores de dispositivos y el hardware de interfaz de discos necesarios para permitir conectar los discos directamente a InfiniBand. Si esto sucede, resulta probable que se convierta en un competidor directo de Fibre Channel, y las Redes de área de sistema InfiniBand realizarán el mismo conjunto de funciones que las redes SAN, con una integración más estrecha con la memoria de host.



#### 4.4 EL FUTURO PREVISIBLE.

Ciertamente, en dos o tres años, Fibre Channel será mucho más prevalente de lo que lo es en la actualidad.

Ethernet podrá ser una solución para el almacenamiento, pero el hecho es que la comunidad Ethernet está principalmente concentrada en las redes LAN, y buena parte de la comunidad 10 Gb/s Ethernet está centrada, concretamente, en desarrollar redes LAN Ethernet de área extensa, es decir, Ethernet sobre distancias de hasta 40 km. Fibre Channel concetra directamente en los aspectos de interconexión de redes de almacenamiento, por lo que puede ser optimizada para dicha área de aplicación y proporcionar capacidades que resultan vitales para estas aplicaciones.

InfiniBand tiene la ventaja de que, donde se instale, será la red más próxima a los procesadores y a la memoria, de modo que la conexión de recursos de almacenamiento directamente a InfiniBand implicará un nivel menos de adaptadores y de enlaces de Estructura que conectar con Ethernet o con Fibre Channel. Asimismo, InfiniBand ofrece un ancho de banda extremadamente alto sobre distancias relativamente cortas y un buen control de calidad de servicio, ambos aspectos resultan de gran utilidad para un a interfaz de almacenamiento. Sin embargo, InfiniBand no se dirige en forma directa a satisfacer las necesidades del almacenamiento.

Lo mas importante es que resulta bastante difícil predecir cuáles serán los requisitos de tráfico; lo único que sabemos con certeza es que serán altos.

El punto más importante que cabe resaltar es que el éxito de una tecnología concreta depende en cierta forma de la calidad de la tecnología actual, pero depende mucho más del esfuerzo y de la inversión que se realice para que la tecnología pueda ser utilizable en diversas aplicaciones. La tecnología ganadora será aquella para que haya más gente trabajando duro con el fin de convertirla en la mejor solución para una aplicación concreta.

En cualquier caso, podemos estar seguros, de nuevo, de que el futuro traerá cambios en la forma de abordar las tareas de computación, y de que Fibre Channel asumirá un papel creciente y de gran importancia en dicho futuro.

# BIBLIOGRAFÍA.

Redes SAN sobre Fibre Channel.

Alan F. Benner

McGraw-Hill

Introduction to Storage Area Networks.

IBM REDBOOKS

By Jon Tate, Angelo Bernasconi, Peter Mescher and Fred Schulten.

Comunicaciones y Redes de Computadores.

6° edición

William Stallings

Prentice Hall

Canal de Fibra: una Introducción Comprensiva.

Roberto W. Kembel

## RECURSOS WEB.

- [http://www.sun.com/storage/white-papers/fc\\_comp.html](http://www.sun.com/storage/white-papers/fc_comp.html)
- <http://www.enterprisestoragefromcom/technology/features/article.php/137841>
- [http://www.matrox.com/video/products/nbs\\_san.cfm](http://www.matrox.com/video/products/nbs_san.cfm)
- <http://www.ba-stuttgart.de/schulte/htme/ebuss12.htm>
- <http://www.amdahl.com/ext/CARP/FCA>
- <http://www.amdahl.com/ext/CARP/FCA/FCSI.html>
- <http://www.symbios.com/fclc>
- <http://www.ansi.org/docs/home.html>
- <http://www.t10.org/scsi-3.htm>
- [http://searchstorage.techtarget.com/sDefinition/0,,sid5\\_gci212114,00.html](http://searchstorage.techtarget.com/sDefinition/0,,sid5_gci212114,00.html)
- <http://www.seagate.com/support/kb/disc/fep.html>
- <http://www.spirentcom.com/analysis/index.cfm?ws=31&wt=1>
- <http://www.networkcomputing.com/1109/>
- <http://www.playstream.com/technology/storage.aspx>
- <http://www.intel.com.design/network/solutions/san/function.htm>
- <http://compnetworking.about.com/cs/sanforbeginners/>
- <http://www.infrastor.com/ftch/fsantech.htm>
- <http://www.storage.ibm.com>
- [http://www.brocade.com/san/Feature\\_Stories/advancing\\_security.jsp](http://www.brocade.com/san/Feature_Stories/advancing_security.jsp)

EX LIBRIS



SISTEMA DE  
BIBLIOTECAS  
U.A.S.L.P.

No. DE REG.

FMMT820