

CDA. Almacenamiento en centros de datos

Requisitos típicos

Niveles RAID

Redes de almacenamiento

Copias de seguridad

Centros de datos

3º Grado en Ingeniería Informática

ESEI

Septiembre-2021

Contenido

- 1 Requisitos y necesidades típicas
- 2 Niveles RAID
 - Niveles RAID estándar
 - Niveles RAID anidados
- 3 Redes de almacenamiento
 - DAS vs SAN vs NAS
 - Elementos SAN
 - Protocolos SAN
 - Sistemas de ficheros sobre SAN
- 4 Copias de seguridad
 - Dispositivos
 - Estrategias de copia

Requisitos y necesidades típicas

Capacidad

- Muy variable en función del contexto → tendencia creciente
- **Importante:** aumento de tamaño transparente

Rendimiento

- Variable en función de los dispositivos empleados (tipos de disco, esquema de agrupación, protocolos de red, ...)
- Combinación/estructuración en niveles

Disponibilidad

- Acceso por red (protocolos)
- Tolerancia a fallos: replicación + recuperación ante fallos

Facilidad de gestión

- Crecimiento + tolerancia a fallos transparente
- **Tendencia:** virtualización del almacenamiento
 - Capas software (opc. asistidas por hardware) que abstraen el almacenamiento
 - Ejemplos: RAID, LVM (*Logical Volume Management*), protocolos SAN, (SDS: *Software Defined Storage*), ...

Requisitos

RAID

RAID estándar

RAID anidado

Redes Almac.

SAN/NAS

Elementos

Protocolos

Sist. Ficheros

Backup

Dispositivos

Estrategias

1 Requisitos y necesidades típicas

2 Niveles RAID

- Niveles RAID estándar
- Niveles RAID anidados

3 Redes de almacenamiento

- DAS vs SAN vs NAS
- Elementos SAN
- Protocolos SAN
- Sistemas de ficheros sobre SAN

4 Copias de seguridad

- Dispositivos
- Estrategias de copia

RAID

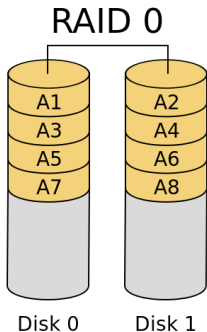
Redundant Array of Independent Disks (originalmente, *Redundant Array of Inexpensive Disks*)

- Combina múltiples dispositivos de almacenamiento (discos) en una única unidad lógica
- **Objetivos:** (cada esquema RAID prioriza uno o más)
 - dotar de redundancia a los datos almacenados (tolerancia a fallos)
 - aumento de capacidad
 - mejora del rendimiento (en lectura fundamentalmente)
 - facilidad de gestión
- **Mecanismos** utilizados
 - *data stripping*: esquemas de "reparto" de los bloques de datos sobre los dispositivos
 - *mirroring*: réplica de los bloques de datos en distintos dispositivos
 - *paridad*: uso de bloques/segmentos con datos de paridad para la recuperación ante errores
 - *spare disks* (discos de reserva): almacenamiento extra que reemplaza [automáticamente (*hot spare*) o de modo manual] a unidades fallidas (elemento adicional/complementario a los niveles estándar)
- Posibilidad de combinar niveles RAID (RAID anidado)
- Implementaciones hardware (controladoras, cabinas de discos) y software (RAID software en GNU/Linux)
- Influencia otras tecnologías de almacenamiento: modos RAID en LVM2

RAID 0: data stripping

Distribuye los **bloques** de datos **secuencialmente** entre los N dispositivos que forman el array.

- No realiza replicación de bloques ni control de paridad.



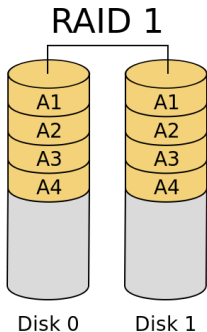
- Nº mínimo de discos: 2
- Capacidad efectiva: $N \times$ tamaño disco más pequeño
- No tolera fallos de discos
(prob. fallo = probabilidad de fallo del "peor disco")
- Mejora rendimiento en escrituras y lecturas
 - permite acceso concurrente a bloques adyacentes ("caen" en discos diferentes)

<https://en.wikipedia.org/wiki/>

Standard_RAID_levels

RAID 1: data mirroring

Replica cada bloque en cada uno de los N discos que forman el array



[https://en.wikipedia.org/wiki/](https://en.wikipedia.org/wiki/Standard_RAID_levels)

Standard_RAID_levels

- Nº mínimo de discos: 2
- Capacidad efectiva: tamaño disco más pequeño
- Tolera fallos de $(N - 1)$ discos
(prob. fallo = producto de la prob. de fallo de los discos del array)
- Mejora rendimiento en lecturas
 - permite lecturas concurrentes de bloques (una en cada disco)
 - en escritura no aporta ganancia

Otros niveles RAID estándar

- **RAID 2:** Distribuye datos entre los discos (+ calcula paridad) a nivel de bits
 - corrección de errores con códigos Hamming
 - no usado en la práctica
- **RAID 3:** Distribuye datos entre los discos (+ calcula paridad) a nivel de bytes
 - no permite lecturas en paralelo
 - no usado en la práctica
- **RAID 4:** Similar a RAID 5
 - Uno de los dispositivos dedicado en exclusiva a los bloques de paridad en lugar de distribuirlos por el array como en RAID 5
 - Escrituras en disco de paridad → cuello de botella
 - Menor tolerancia a fallos que RAID 5 (disco de paridad → punto único de fallo)
- **RAID 6:** Versión ampliada de RAID 5 con 2 bloques de paridad
 - Usa dos esquemas de cálculo de paridad distintos (cada uno en su propio bloque de paridad)
 - Permite recuperar el fallo de dos discos
 - N^º mínimo de discos: 4 (2 datos + 2 paridad)
 - Capacidad efectiva: $(N - 2) \times$ tamaño disco más pequeño

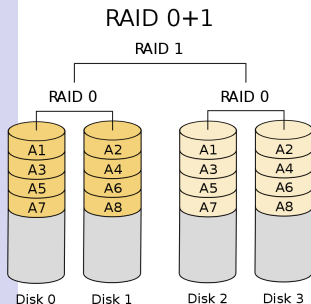
Niveles RAID no estándar

- **RAID L:** "RAID lineal" (no es parte del estándar RAID)
 - Distribuye los datos usando los N discos del array uno detrás de otro
 - No "reparte" los bloques secuencialmente sobre los discos como RAID 0 ("concatena" discos uno tras otro)
 - Capacidad efectiva = $\sum$ tamaño de cada disco
 - No tolera fallos de discos
 - Menor rendimiento en lectura que RAID 0 (no lectura concurrente de bloques contiguos)
 - Otros nombres: **JBOD** (*Just a Bunch Of Disk*)
- **RAID 5E:** RAID 5 con un *spare disk*
 - Dispone de un disco adicional (disco de reserva) que reemplaza el fallo de uno de los discos del array
 - Suele preferirse a RAID 6
 - también consume 2 discos extra y soporta el fallo de hasta 2 discos
 - el cálculo de paridad es menos costoso (sólo una vez)
- **RAID 6E:** RAID 6 con un *spare disk*
 - Dispone de un disco adicional (disco de reserva) que reemplaza el fallo de uno de los discos del array
 - Soporta el fallo de hasta 3 discos

RAID 01 (RAID 0+1)

Se replican (*mirror*) grupos de $N/2$ arrays RAID 0 (distribución de bloques) (*mirror of arrays*)

- Normalmente usa 4 discos (*mirror* de 2 arrays RAID 0), aunque son posibles más
- RAID 0 "interno" distribuye bloques
- RAID 1 "externo" replica los 2 RAID 0 "internos"



- Nº mínimo de discos: 4 (2 RAID 0 + 2 RAID 0)
- Capacidad efectiva: $(N/2) \times$ tamaño disco más pequeño
- Misma tolerancia a fallos que el RAID 1 "externo" (soportaría el fallo de hasta $N/2$ discos siempre que pertenecieran al mismo RAID 0)
- Normalmente la pérdida de un disco "degrada" el array a un RAID 0 ("inhabilita" el RAID 0 al que pertenece)

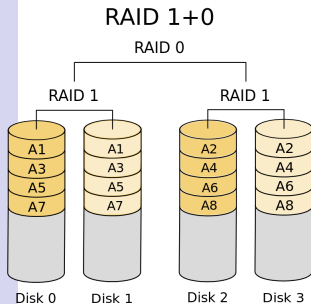
[https://en.wikipedia.org/wiki/](https://en.wikipedia.org/wiki/Nested_RAID_level)

Nested_RAID_level

RAID 10 (RAID 1+0)

Distribuye bloques sobre arrays RAID 1 (*mirroring*) contruidos empleando pares de discos (*array of mirrors*)

- Normalmente usa 4 discos (*mirror* de 2 arrays RAID 1), aunque son posibles más
- RAID 1 "interno" replica bloques
- RAID 0 "externo" distribuye bloques sobre los $N/2$ RAID 1 "internos"



<https://en.wikipedia.org/wiki/>

Nested RAID level

- Nº mínimo de discos: 4 (2 RAID 1 + 2 RAID 1)
- Capacidad efectiva: $(N/2) \times \text{tamaño disco más pequeño}$
- Soporta fallo de 1 disco en cada uno de los RAID 1 "internos"
- La pérdida de un disco sólo afecta a un RAID 1 "interno", el resto funciona con normalidad
 - Ligeramente mejor tolerancia a fallos en RAID 10 respecto a RAID 01.
- **Nota:** la implementación RAID 10 nativa de `mdadm` en GNU/Linux no usa anidado de niveles RAID (permite RAID 10 con sólo tres discos)

Otros RAID anidados

- **RAID 50** (RAID 5+0): RAID 0 que combina al menos 2 RAID 5
 - Alternativa para organizar RAID 5 sobre grandes cantidades de discos
 - N^º mínimo de discos: 6 (3 RAID 5 + 3 RAID 5)
- **RAID 100** (RAID 10+0): RAID 0 que combina al menos 2 RAID 10.
 - Añade un nivel adicional RAID 0 que agrupa varios RAID 10
 - Alternativa para organizar RAID 10 sobre grandes cantidades de discos

Requisitos

RAID

RAID estándar

RAID anidado

Redes Almac.

SAN/NAS

Elementos

Protocolos

Sist. Ficheros

Backup

Dispositivos

Estrategias

1 Requisitos y necesidades típicas

2 Niveles RAID

- Niveles RAID estándar
- Niveles RAID anidados

3 Redes de almacenamiento

- DAS vs SAN vs NAS
- Elementos SAN
- Protocolos SAN
- Sistemas de ficheros sobre SAN

4 Copias de seguridad

- Dispositivos
- Estrategias de copia

Redes de almacenamiento

Tres modelos de almacenamiento secundario

DAS (*Direct Attached Storage*) [Almacenamiento de conexión directa]

Modelo empleado internamente en los equipos.

- Dispositivos de almacenamiento conectados internamente
- Acceso a datos a **nivel de bloques**
- No requiere uso de redes de comunicación

SAN (*Storage Area Network*) [Red de área de almacenamiento]

Uso de una red específica (con protocolos propios) dedicada al acceso a los dispositivos de almacenamiento

- Dispositivos de almacenamiento "compartidos" conectados a través de una **red de almacenamiento dedicada** (red SAN)
- Acceso a datos a **nivel de bloques**
- Se implementan/emulan protocolos de acceso a dispositivos de almacenamiento (ATA, SCSI) que funcionan sobre una red de almacenamiento dedicada (Fibre Channel, TCP/IP, Ethernet) usando protocolos específicos (FCP, AoE, iSCSI, FCoE)

Redes de almacenamiento (cont.)

NAS (*Network Attached Storage*) [Almacenamiento conectado en red]

Uso de una red de área local (LAN) sobre la que se comparten ficheros/directorios

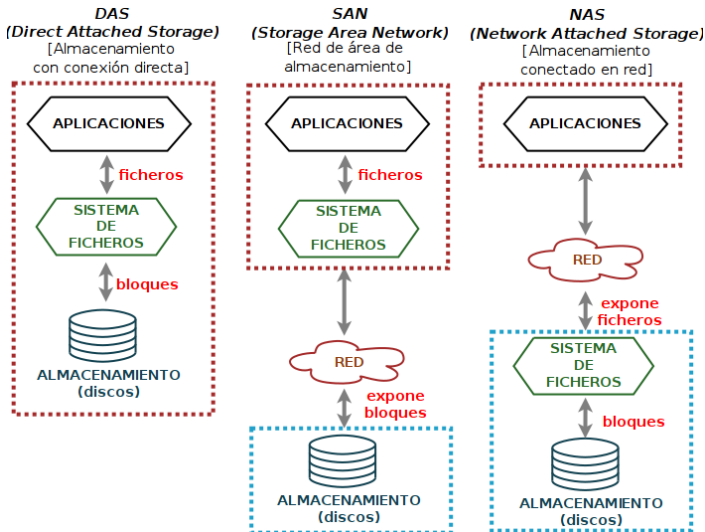
- Dispositivos de almacenamiento conectados a un "servidor NAS" (a través de una **red LAN convencional**)
- Acceso a datos a **nivel de ficheros**
- Uso (en el "servidor NAS") de **sistemas de ficheros de red** (NFS [*Network File System*], SMB/CIFS [*Server Message Block/Common Internet File System*,...]) y/o protocolos de compartición de archivos (FTP, SFTP, etc)

- Pueden darse combinaciones de NAS sobre SAN (híbridos SAN-NAS)

Otra alternativa: sistemas de almacenamiento distribuido sobre el cluster

- Usa el almacenamiento (normalmente local, tipo DAS) disponible en los nodos del cluster para conformar un sistema de almacenamiento "compartido" global
- Compatible con todos los esquemas anteriores
- Suelen incluir replicación de bloques en diferentes nodos
- Ejemplos:
 - DRDB (*Distributed Replicated Block Device*) [$\approx$ RAID1 "distribuido"], <https://www.drbd.org/>
 - HDFS (*Hadoop Distributed File System*) [usado en clusters Hadoop]
 - GFS (*Google File System*, también GooFS) [antecedente de HDFS]

DAS vs SAN vs NAS



Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Red_de_Área_de_almacenamiento

Beneficios/limitaciones SAN

Beneficios uso SAN

- Permite uso de múltiples discos de forma transparente desde varios equipos (servidores) [compartición + mejor aprovechamiento del espacio]
- Mejora rendimiento en acceso a datos [protocolos especializados + separación de redes [SAN vs LAN]]
 - uso de red dedicada a SAN, libera de tráfico de datos a la LAN "normal"
- Mejora tolerancia a fallos y recuperación ante desastres [arrays/cabinas de discos suelen implementar redundancia RAID, uso de discos de reserva (*spare disk*), alimentación redundantes, etc]
- Simplifica tareas de administración → centralizan gestión del almacenamiento
 - facilita redimensionamiento del espacio (incremento de capacidad [nuevos discos] de forma transparente)
 - facilita tareas recuperación y realización de backup (reducción tiempos de backup)
 - reduce costes de almacenamiento y gestión del almacenamiento
 - centraliza acceso a datos críticos
- Facilita construcción de clusters de servidores que requieran almacenamiento compartido (clusters de balanceo de carga, cluster de alta disponibilidad, clusters de alto rendimiento)
- Simplifica despliegue de soluciones de virtualización

Limitaciones uso SAN

- Coste de puesta en marcha alto (depende del tipo de protocolos e infraestructura de red empleada)
- No recomendable/aplicable en todos los escenarios: equipos de escritorio finales, servidores de infraestructura (DNS, DHCP, Serv. de dominio, ...), etc

Elementos y estructura típica SAN

Típicamente elementos de SAN estructurados en tres capas

- Capa de almacenamiento (*storage layer*)

- Formada por los dispositivos de almacenamiento (discos, cabinas de discos, cintas, bibliotecas de cintas, ...) donde residen los datos [*targets*]
- Incluye la infraestructura de esos dispositivos (racks, fuentes de alimentación, caches internas, controladores RAID, *spare disks*, etc)

-Capa de infraestructura (*fabric layer*)

- Formada por los dispositivos que dan soporte a la comunicación entre host finales y dispositivos de almacenamiento
- Incluye dispositivos (hubs, switches, routers, etc) y cableado específicos de la infraestructura de red utilizada
- Diversas alternativas dependiendo del protocolo SAN usado
- Posibilidad de definir múltiples rutas (*multipath*) entre equipos finales y dispositivos de almacenamiento

- Capa de hosts (*host layer*)

- Formada por los equipos finales (servidores) que hacen uso del almacenamiento de bloques proporcionado por la SAN [*initiators*]
- Incluye los HBA (*Host Bus Adapters*): dispositivos físicos (tarjetas + drivers) que conectan a los host finales con la red de almacenamiento (dependen de la tecnología SAN usada)
- También software adicional y drivers: sistemas de ficheros en "cluster", software *multipath* (gestión/balanceo de múltiples rutas "físicas" de acceso a los datos), etc

Protocolos SAN

Diversas alternativas en *capa de infraestructura*

- Típicamente: **encapsulación** de protocolos usados en conexión con dispositivos de almacenamiento físicos (discos) sobre protocolos de red
 - SCSI [*Small Computer System Interface*]
 - ATA [*Advanced Technology Attachment*]
- "Exponen" bloques sobre la red
- Protocolos de red específicos vs. adaptación de protocolos generalistas
- Convergencia hacia comunicación sobre redes Ethernet y/o TCP/IP

Protocolos SAN (cont.)

[FCP] (*Fibre Channel Protocol*)

- Usa como protocolo de red *Fibre Channel* (FC) [canal de fibra]
 - Velocidades de 1,2,4,8,16 Gbit (recientemente 32, 128 Gbit)
 - Habitualmente sobre fibra óptica, posible sobre par trenzado
 - Uso principal en SAN
 - Organizado en 5 capas: FC0 (física), FC1(≈enlace), FC2(≈red), FC3(servicios), FC4(mapeo de protocolo)
- FPC **encapsula** el protocolo **SCSI sobre FC** (en capa FC4)
- Diversas topologías

{	FC punto a punto (2 dispositivos) [FC-P2P]
	FC en anillo arbitrado [FC-AL]
	FC conmutada [FC-SW]
- **FCoE** (*Fibre Channel over Ethernet*): encapsula paquetes FC sobre tramas Ethernet
 - Permite encapsular FC sobre redes Ethernet
 - Ethernet reemplaza a las capas "físicas" de FC (FC0 y FC1)

Protocolos SAN (cont.)

[iSCSI] (*internet Small Computer System Interface*)

- Funciona sobre redes TCP/IP (en capa de aplicación) → permite enrutamiento
 - **Encapsula** protocolo **SCSI sobre** paquetes **TCP/IP**
 - Emula un dispositivo SCSI que funciona "sobre" la red TCP/IP
- No impone restricciones sobre la infraestructura de red
- Diversas variantes y/o implementaciones alternativas
 - HyperSCSI (encapsula SCSI sobre Ethernet)
 - iSER (*iSCSI Extensions for RDMA [Remote Access Memory]*)

[AoE] (*ATA over Ethernet*)

- Funciona sobre redes Ethernet (en capa de enlace de datos [nivel 2 OSI]) → no permite enrutamiento
 - **Encapsula** protocolo **ATA sobre** tramas **Ethernet**
 - Emula un dispositivo ATA que funciona "sobre" la red Ethernet
- Coste más reducido que soluciones sobre FCP o iSCSI (HBA $\approx$ tarjeta Ethernet)
 - Desarrollado por Coraid
 - Cuenta con implementaciones hardware y software (p.e. en GNU/Linux)

Resumen protocolos SAN

Requisitos

RAID

RAID estándar

RAID anidado

Redes Almac.

SAN/NAS

Elementos

Protocolos

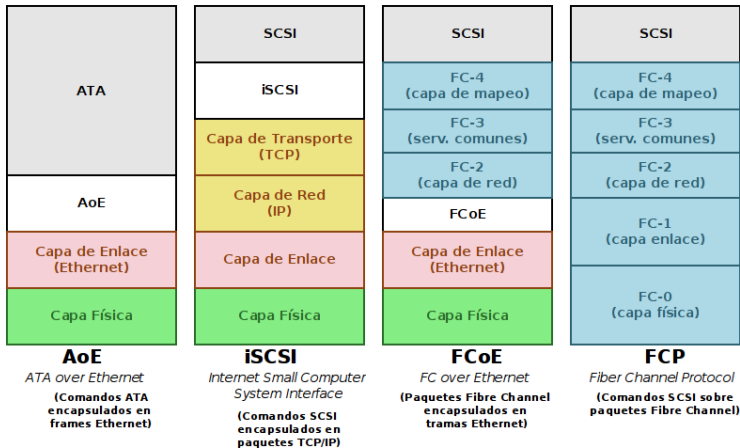
Sist. Ficheros

Backup

Dispositivos

Estrategias

SISTEMAS DE FICHEROS



Sistemas de ficheros sobre SAN

SAN expone sobre la red los datos almacenados a **nivel de bloques**

- Equipos finales (servidores) "ven" **dispositivos de bloques**
- Sobre esos dispositivos, equipos finales crean sistemas de ficheros

Sistemas de ficheros "convencionales" (`ext3`, `ntfs`, etc) no funcionan correctamente cuando el **dispositivo de bloques** SAN es **compartido** por más de un host

- **Asumen** dispositivo de bloques accedido por un **único equipo**
- Acceso concurrente no coordinado $\Rightarrow$ $\left\{ \begin{array}{l} \text{sobreescritura de datos} \\ \text{corrupción sistema de ficheros} \end{array} \right.$

Uso de **sistemas de ficheros de "cluster"**

- También sistemas de ficheros de "disco compartido"
- Equipos finales del cluster **coordinan** el **acceso** a los bloques de datos y a las estructuras del sistema de ficheros
- Uso de bloqueos distribuidos (*distributed locks*)
- OCFS2 (*Oracle Cluster File System*) [Desarrollado y mantenido por Oracle]
- GFS/GFS2 (*Global File System 2*) [Desarrollado y mantenido por Red Hat]
- Otros: https://en.wikipedia.org/wiki/Clustered_file_system#SHARED-DISK

Requisitos

RAID

RAID estándar

RAID anidado

Redes Almac.

SAN/NAS

Elementos

Protocolos

Sist. Ficheros

Backup

Dispositivos

Estrategias

1 Requisitos y necesidades típicas

2 Niveles RAID

- Niveles RAID estándar
- Niveles RAID anidados

3 Redes de almacenamiento

- DAS vs SAN vs NAS
- Elementos SAN
- Protocolos SAN
- Sistemas de ficheros sobre SAN

4 Copias de seguridad

- Dispositivos
- Estrategias de copia

Copias de seguridad

Un **backup** o **copia de seguridad** es una réplica exacta de la información resguardada

- instantánea de los datos en un momento determinado
- almacenada en un formato estándar
- es posible su seguimiento (trazabilidad) durante su ciclo de vida

Necesidad

- Elemento esencial en la recuperación ante catástrofes (DRP, *Disaster Recovery Plan*) y en los planes de continuidad del *negocio* (BCP, *Business Continuity Plan*)
 - Datos son un activo valioso y difícilmente recuperable (recuperación más sencilla con hardware o software)
 - En ocasiones, sujetos a restricciones legales (LOPD, etc)
- Engloba $\left\{ \begin{array}{l} \text{la copia en sí y su } \mathbf{soporte} \\ \text{planes y procedimientos de } \mathbf{copia} \\ \text{planes y procedimientos de } \mathbf{recuperación} \end{array} \right.$

Ventana de backup: Intervalo durante el cual es posible realizar copias de seguridad sin interrumpir/afectar a la operativa normal del sistema

- Tendencia a reducirse $\Rightarrow$ limita tiempo de copia y condiciona mecanismos y estrategias a usar

Copias de seguridad (cont.)

Aspectos a considerar

- Tiempo de creación (de copia)

- Tiempo necesario para realizar la copia de seguridad
- Acotado por la ventana de backup y la velocidad de los dispositivos de copia

- Tiempo de almacenamiento (de vida, de retención)

- Tiempo máximo que una copia permanece almacenada en un dispositivo
- Al finalizar, copia puede moverse a otro dispositivos (si se usan distintos niveles de backup) o eliminarse liberando espacio de almacenamiento

- Tiempo de restauración

- Tiempo necesario para regenerar el sistema a partir de las copias de seguridad una vez producido un fallo

- Ubicación de la copia (accesibilidad)

- Varias alternativas: $\left\{ \begin{array}{l} \textit{on-line} \text{ [con acceso en línea]} \\ \textit{near-line} \text{ [fuera de línea con acceso automático]} \\ \textit{off-line} \text{ [fuera de línea con acceso "manual"]} \\ \textit{off-site} \text{ [en ubicación separada]} \end{array} \right.$
- Uso de almacenamiento alternativo
 - Copias de seguridad adicionales en ubicaciones externas al sistema (centros de respaldo *off-site*)

- Protección ante fallos de dispositivos

- Posibilidad de replicar las copias e seguridad en distintos medios para reducir pérdidas de datos por fallos en dispositivos/soportes de almacenamiento de copias

- Coste (criterio clave)

- Diversos aspectos: coste de dispositivos/soportes de almacenamiento, costes de gestión de las copias, coste de la ventana de backup, costes de almacenamiento externo, etc

Dispositivos para copias de seguridad

Requisitos

RAID

RAID estándar

RAID anidado

Redes Almac.

SAN/NAS

Elementos

Protocolos

Sist. Ficheros

Backup

Dispositivos

Estrategias

Dispositivos/soportes magnéticos

- Unidades de cinta magnética:
 - Coste reducido, con gran capacidad de almacenamiento
 - Automatización: robots de cintas, bibliotecas de cintas (*tape library*)
 - **Aspecto clave:** acceso secuencial (condiciona modo de realizar copias)
 - Múltiples tecnologías: DDS/DAT (1-160 GB, 3-12 MB/s), LTO (100GB-6TB, 20-300 MB/s)
- Unidades de disco: discos duros y/o discos flexible (en desuso)
 - Acceso directo y mayor velocidad (discos duros > 0,5 GB/s)
 - Capacidad menor y mayor coste

Dispositivos/soportes ópticos

- CD-ROM, CD-R/RW, DVD-ROM, DVD+/-R/RW, BR, etc.

Otros

- Unidades magneto-ópticas: iomega ZIP (100 MB - 750 MB)
- Unidades de estado sólido: memorias USB, tarjetas de memoria, discos SSD
- Backups remotos (*cloud storage*)

Estrategias de copias de seguridad

Aspectos a definir en las estrategias de backup

- Datos a resguardar
 - depende de la importancia de la información para la organización
- Frecuencia del backup
 - depende de tiempo de creación, del coste de realizar la copia y de las consecuencias de la pérdida de datos no resguardados
- Tiempo de almacenamiento de las copias
 - depende fundamentalmente del dispositivo/soporte de almacenamiento y en parte de los requisitos de la información resguardada

[1] Copia de seguridad completa

- Es una copia exacta de todos los datos a resguardar en un momento dado
 - Copia y restauración simple
 - Requisitos de almacenamiento pueden ser costosos
 - Moderadamente vulnerable a fallos en los dispositivos/soportes de copia
- Sirve de base a las otras dos estrategias de backup

Estrategias de copias de seguridad (cont.)

[2] Copia de seguridad diferencial

- Parte de una copia de seguridad completa (**copia base**)
- Copias sucesivas **sólo** incluyen **cambios respecto a copia completa base**
- Restauración requiere: $\left\{ \begin{array}{l} \text{copia base} \\ \text{última copia diferencial} \end{array} \right.$
 - Usa sólo 2 copias $\Rightarrow$ falla recuperación sólo si fallan ambas
 - Posibilidad de crecimiento excesivo en el tamaño de las copias diferenciales (degenera en copias totales)

[3] Copia de seguridad incremental

- Parte de una copia de seguridad completa (**copia base**)
- Copias sucesivas **sólo** incluyen **cambios respecto a copia incremental previa**
- Restauración requiere: $\left\{ \begin{array}{l} \text{copia base} \\ \text{secuencia completa de copias incrementales} \end{array} \right.$
 - Necesita todas las copias $\Rightarrow$ falla recuperación si falla una de ellas
 - Tamaño contenido de las copias incrementales (menos datos y tiempo de copia)

Requisitos

RAID

RAID estándar

RAID anidado

Redes Almac.

SAN/NAS

Elementos

Protocolos

Sist. Ficheros

Backup

Dispositivos

Estrategias

Ejemplo

Datos	Copia completa	Copia diferencial	Copia incremental
-----	-----	-----	-----
a b c d e f g h	a b c d e f g h	a b c d e f g h	a b c d e f g h
a M c N e f g h	a M c N e f g h	. M . N	. M . N
a M c N e O g h	a M c N e O g h	. M . N . O . .	 O . .
Q M c N e O g P	Q M c N e O g P	Q M . N . O . P	Q P
Q M R S T O g P	Q M R S T O g P	Q M R S T O . P	. . R S T . . .
Q M R S T O U P	Q M R S T O U P	Q M R S T O U P	 U . .
V M R S T O U P	V M R S T O U P	V M R S T O U P	V
V M R X T O U P	V M R X T O U P	V M R X T O U P	. . . X
V M R X T O Y Z	V M R X T O Y Z	V M R X T O Y Z	 Y Z