



Dispositivos de almacenamiento

Apellidos, Nombre	Rebollo Pedruelo, Miguel (mrebollo@dsic.upv.es)
Departamento	Sistemas Informáticos y Computación
Centro	Facultad de Administración y Dirección de Empresas



1. Resumen de las ideas clave

Los ordenadores necesitan dispositivos de almacenamiento para guardar de forma definitiva los datos con los que trabajan, ya que la información de la memoria principal se pierde cuando se interrumpe la corriente eléctrica.

Hoy en día podemos encontrar 3 tipos de dispositivos, basados en tecnologías distintas para almacenar la información: (i) dispositivos magnéticos, como cintas, disquetes (ya en desuso) y discos duros, que son los más empleados; (ii) dispositivos ópticos, como CD-ROM, DVD y discos Blu-ray; (iii) memoria de estado sólido, comúnmente conocida como memoria flash, empleada en memorias USB, tarjetas y recientemente en discos SSD. A pesar de llamarse "memoria", no debe confundirse con la RAM del ordenador: es un dispositivo de entrada/salida.

2. Objetivos

Cuando se hayan asimilado los contenidos de este documento, el alumno debe poder

- Describir cómo se almacena la información en un ordenador.
- Justificar la elección de un disco duro.
- Diferenciar cómo se almacena la información en dispositivos magnéticos y ópticos.
- Explicar las limitaciones de las memorias de estado sólido como dispositivos de almacenamiento.

3. Introducción

Los datos con los que trabaja el ordenador se almacenan de forma temporal en la RAM. Pero esta memoria necesita de corriente eléctrica para mantener la información y todos los datos alojados en ella se borran cuando se apaga el ordenador.

Para mantener los datos de forma definitiva, los ordenadores incorporan dispositivos de almacenamiento. El disco duro es el medio más empleado como dispositivo fijo. Adicionalmente, existen diversos dispositivos extraíbles, usados de forma complementaria a los dispositivos fijos, para intercambiar información entre equipos.

(pensar en algo más para contar aquí)

4. Dispositivos magnéticos

Los dispositivos magnéticos usan partículas cargadas sobre una superficie para almacenar la información, en **función** de su orientación, representan un cero o un uno. Los dispositivos cuentan con un cabezal de lectura/escritura que es un imán que se encarga de orientar las partículas al escribir o de determinar su posición al leer.

Los primeros dispositivos magnéticos empleados fueron las **cintas**. Es un dispositivo capaz de almacenar grandes volúmenes de información en un espacio muy pequeño a un coste muy bajo. Su principal inconveniente es que el método de acceso a los datos es **secuencial**. Esto quiere decir que, para acceder a un dato que se encuentre en cualquier posición de la cinta antes hemos tenido que leer todos los datos anteriores,



Figura 1. Detalle de un disco duro con su cabezal de lectura/escritura

desde el principio. También es muy complicada la tarea de insertar un dato en el centro: habitualmente sólo se escribe en el espacio libre al final o directamente se sobrescribe la cinta completa desde el principio. Sin embargo, pese a sus desventajas, sigue siendo un dispositivo muy útil para realizar copias de seguridad. Las cintas miniDV para la grabación de vídeo son también un tipo de cinta magnética.

Los discos resuelven el problema del acceso secuencial. La estructura de los discos permite acceder a cualquier área del disco directamente y acceder a cualquier dato, independientemente del orden en el que fueron grabados. A este tipo de acceso se le denomina acceso **aleatorio**. Realmente el tiempo de acceso varía ligeramente en función de la ubicación de la información en el disco, ya que es necesario que gire y que el cabezal se desplace a la nueva posición, en este nivel podemos considerarlo despreciable respecto al tiempo que dura la operación completa de lectura/escritura, especialmente en ficheros grandes. De esta forma, el acceso a los datos es más rápido y su manipulación más sencilla. Por este motivo se han convertido en los dispositivos de almacenamiento más populares.

Ya prácticamente en desuso, los discos flexibles o **disquetes** fueron los primeros discos usados en los ordenadores personales. Son una pieza de material magnético flexible cubierta por una capa de plástico a modo de sobre, rígida o semirígida. Para su lectura, los ordenadores disponen de una unidad para leer y escribir contenidos en ellos, denominada disquetera. El tamaño de los disquetes indica su diámetro en pulgadas. Se popularizaron en dos tamaños principalmente:¹ discos de 5,25", con una capacidad de 360 kb (si, has leído bien, menos de medio megabyte) y discos de 3,5", con una capacidad de 720 kb ó finalmente de 1,44 Mb. Actualmente, la mayoría de los ordenadores personales ya no incluyen disqueteras de serie y los únicos vestigios que quedan es el botón de grabar en numerosas aplicaciones, que sigue siendo el símbolo de un disquete.

El dispositivo magnético por excelencia hoy en día es el **disco duro** y todos los ordenadores incorporan al menos uno. Está formado por una pila de discos rígidos metálicos magnetizados en cuyas superficies se almacena la información. Esta pila de discos se encuentra encerrada en una carcasa metálica para protegerla del exterior (la más mínima mota de polvo puede inutilizarlos). La capacidad de los discos actuales se mide en terabytes (Tb). En función de cómo se conectan al ordenador, encontraremos discos **IDE** o **SATA** como discos internos y discos **USB**, **Firewire** o **Thunderbolt™** para dis-

¹ Inicialmente se fabricaron discos de 8" para los System 370 de IBM, pero que no llegaron al mercado doméstico de los PC.

cos externos. Por lo que a un usuario respecta, la diferencia entre los distintos tipos de conexión son distintas velocidades de transmisión de datos y se mide en múltiplos de bis por segundo.

Conexión	Velocidad
IDE (ATA)	100 Mb/s
SATA I	150 Mb/s
SATA II	300 Mb/s
SATA III	600 Mb/s
USB 1.1	1,5 Mb/s
USB 2.0	60 Mb/s
USB 3.0	600 Mb/s
Firewire 400	50 Mb/s
Firewire 800	100 Mb/s
Thunderbolt	1,2 Gb/s

Tabla 1. Tipos de conexión y velocidades máximas de transferencia

Otra medida de velocidad asociada a los discos viene dada por su velocidad de rotación: cuanto más rápido giren, antes se podrá acceder a los datos del disco (el disco tiene que ir girando para ir leyendo los bits de un archivo). Se mide en **revoluciones por minuto (rpm)** y las tasas actuales están en 5.400 rpm y 7.200 rpm.

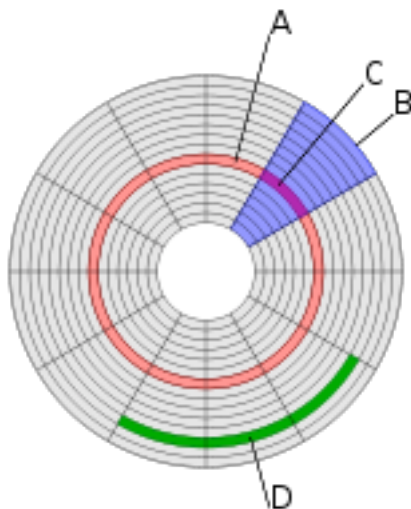


Figura 2. División de un disco en pistas (A) y sectores (B), que genera la división de un disco en bloques (D)

El tamaño de los discos duros, al igual que con los disquetes, se mide en pulgadas. Las medidas habituales son 3,5" para los discos de sobremesa y para los discos internos de los ordenadores de escritorio, 2,5" para los discos externos portátiles y los discos internos de los portátiles y 1,8" para los reproductores multimedia o cámaras de vídeo que incorporan discos duros.

Para localizar la información en un disco, éste se encuentra dividido en **pistas**, que es una división en círculos concéntricos, y **sectores**, que es una división en forma de «quesitos» o gajos. El resultado es una división del disco en bloques que tiene el aspecto de una diana. Un archivo ocupará



un número determinado de estos bloques. Esta operación es la que se realiza al **formatear** un disco duro y crear las particiones.

El problema surge después de varias operaciones de escritura y borrado: en lugar de mantenerse en bloques consecutivos, los nuevos archivos se empiezan a guardar en los huecos que han dejado archivos antiguos que hemos borrado. El resultado final es un disco fragmentado, es decir, un disco en el que los archivos no ocupan bloques contiguos, sino que se encuentran esparcidos en distintas partes del disco. Cuando esto ocurre, para acceder a un fichero el disco debe moverse de unas zonas a otras y entonces el tiempo que necesita para desplazarse a la nueva posición deja de ser despreciable y afecta al rendimiento del ordenador. Para evitar este efecto, algunos sistemas operativos optimizan la estructura del disco continuamente, pero esto conlleva un coste extra en las operaciones de escritura. Otra solución es usar periódicamente un programa, denominado **defragmentador**, que restaure el orden en el disco.



Actividad: identifica los datos de tus discos duros: capacidad, tipo de conexión, velocidad de transferencia, velocidad de giro y tamaño

5. Dispositivos ópticos

Los discos ópticos emplean una luz láser en lugar de un imán para leer y escribir bits de datos en una capa reflectante. Esta capa está protegida por una superficie de plástico transparente que permite que la luz pase.² La capacidad de los discos ópticos varía en función de su tipo y del número de capas de datos que contengan. La velocidad de lectura y de escritura depende del dispositivo lector/grabador.

Los primeros medios ópticos empleados fueron los **CD-ROM** (*Compact Disc-Read Only Memory*). Son discos de sólo lectura, que sólo se pueden escribir una vez. Emplean la misma tecnología que los CD de audio. De hecho, las especificaciones técnicas de los distintos formatos están publicados en una serie de libros identificados por colores, entre los que tenemos:³

- Libro rojo CD-DA (*compact disc-digital audio*): son los discos de música
- Libro amarillo CD-ROM: discos compactos de sólo lectura
- Libro naranja CD-R y CD-RW: discos compactos grabables y regrabables.
- Libro blanco VCD: disco de vídeo, antecesor del DVD (e incompatible con él)

El CD es un estándar creado en 1985 por Sony y Philips para almacenar audio digital, si bien su uso se ha extendido como soporte de almacenamiento de datos, al ser un método económico y de capaz similar a los discos duros de la misma época. Además de como medio de distribución de contenidos por parte de la industria (discográfica en el

² **La capa protectora esta por debajo de lo discos**, no por encima. Si los vas a dejar sobre la mesa, es más seguro hacerlo sobre la superficie de plástico que dejarlo boca abajo. Una raya en la capa superior está dañando la capa reflectante y deja el disco inservible.

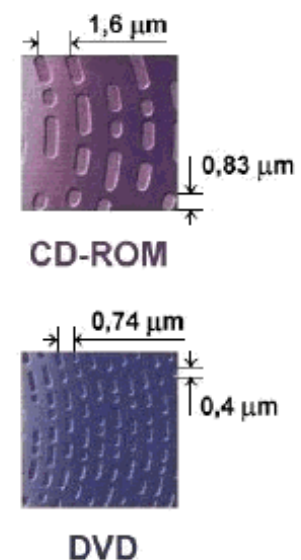
³ Hay tantos formatos distintos y colores de libros que a esta colección de estándares se le denomina *Rainbow Books* (Libros Arcoiris)

caso del CD), también se empezaron a emplear rápidamente (y todavía se sigue haciendo) como medio de distribución de software o incluso como medio para realizar copias de seguridad. Hoy en día, esta última ha quedado en desuso por la gran diferencia entre la capacidad de almacenamiento de medios magnéticos y ópticos en general.

La **capacidad** de los CD varía ligeramente. En primer lugar, encontramos 2 tamaños: discos de 8 cm (también llamados MiniCD) y de 12 cm. Este último es el tamaño más habitual, empleado también en los demás soportes ópticos. La capacidad estándar de estos discos es de 650 Mb o 74 min. de música. La historia detrás de esta decisión es cuando menos curiosa y tiene todos los ingredientes de una leyenda urbana. Inicialmente, Sony y Philips estaban trabajando en discos de 11,5 cm y 60 min. de duración. La razón para ampliarlo a 74 min. es que es el tiempo de una de las grabaciones de la 9ª sinfonía de Beethoven, dirigida por Herbert von Karajan⁴ y se consideraba que el nuevo formato debería permitir escuchar esta obra sin interrupciones. Aunque la explicación más creíble es que simplemente redondearon el tamaño de 11,5 a 12 cm y, según los resultados que provienen de la teoría de la información de Shannon en cuanto a la cantidad de información que se puede almacenar en un medio asegurando la ausencia de errores, 74 min. es la duración resultante para una señal de 16 bits a 44,1 kHz (que es calidad empleada en un CD de audio). Posiblemente, en la reunión en la que se establecieron definitivamente los 12 cm alguien diría «Además, así puede almacenarse completa una ópera o incluso la 9ª sinfonía de Beethoven». También hay otra leyenda que dice que es del tamaño máximo que cabe bolsillo superior de una camisa de hombre. De todas formas, recuerda que no debes creerte todo lo que lees en Internet. Leyendas al margen, además de los 640 Mb originales, posteriormente han aparecido CD de 700 Mb y de 800 Mb.

La **velocidad de acceso** a los datos depende del dispositivo lector/grabador. La velocidad de reproducción de audio en tiempo real equivale a una tasa de transmisión de datos de 150 kb por segundo. Pero para transmitir datos podemos incrementar la velocidad. Las medidas se dan como múltiplos de esta velocidad. Así, un lector de 2X duplica la velocidad y es capaz de leer datos a 300 kb por segundo. Las medidas que aparecen en los lectores/grabadores suelen especificar tres datos: la velocidad de lectura, la velocidad de grabación de discos CD-R y la velocidad de grabación de discos CD-RW.

Los **datos** en un disco óptico están grabados formando una espiral. Para representar unos y ceros lo que se hace es perforar la superficie usando un láser de una determinada frecuencia que hace que la temperatura se eleve por encima de los 600° C y el material pierda sus propiedades cristalinas,⁵ apareciendo un pozo o «*pit*» que refleja la luz de forma diferente. Las áreas que quedan intactas se denominan «*land*». La diferencia de capacidad existente entre CD, DVD y discos Blue-Ray se debe simplemente el tamaño de estas marcas: cuanto menores sean, más datos se pueden representar en la misma superficie y el resultado es un disco de más capacidad.



⁴ También se cita como posible grabación la que dirigió en 1951 W. Furtwängler, ya que las grabaciones de von Karajan son ligeramente inferiores a esta medida.

⁵ Por este motivo al acto de grabar de un CD se le suele denominar «quemar».



En el caso de DVD, tenemos una gran variedad de **formatos**. Inicialmente, aparecieron los formatos generados para la distribución de contenidos por parte de la industria en DVD de vídeo o, menos habituales, de audio. Estos discos, al igual que ocurre con los CD, son discos de solo lectura y se denominan **DVD-ROM**. Para los discos de datos (grabables) aparecieron varias opciones excluyentes e incompatibles entre sí: se trata de los **DVD-RAM**, los formatos **-R** y los **+R**. Los DVD-RAM se emplearon principalmente en cámaras de vídeo y grabadores de televisión. La diferencia con otros formatos es que en ellos la información está almacenada en círculos concéntricos, como en los discos magnéticos, en lugar de en espiral. Los discos -R y +R son propuestas de grupos de empresas distintas, agrupadas en el DVD Forum y en el DVD+RW Alliance respectivamente. En los inicios, los dispositivos lectores y grabadores solo soportaban uno de estos formatos. Poco a poco, se fueron fabricando dispositivos que podían leer cualquier tipo de disco, pero solo podían grabar uno de ellos. Actualmente, los dispositivos actuales pueden trabajar indistintamente con las dos tecnologías. El formato DVD-R es equivalente a los CD-R. Nunca ha existido un CD+R o CD+RW. Y al igual que en los CD, los discos DVD-R y DVD+R son discos que se pueden grabar una sola vez⁶ y los discos DVD-RW y DVD+RW pueden borrarse y grabarse varias veces. El número de veces que un disco se puede borrar tiene un límite físico impuesto por el material que se usa. Se estima que un disco grabable puede borrarse unas 1.000 veces.

Los DVD admiten la grabación en varias capas. Según si los discos tienen una capa o dos y si están grabados por una de las caras o por las dos encontraremos

- una cara, una capa (*SS SL single-side single-layer*) son los discos tradicionales de 4,7 Gb (DVD-5). Solo tienen una capa de material reflectante para almacenar los datos. La otra cara se suele usar para la portada
- doble cara, una capa (*DS SL double-side single-layer*) Aunque no son usuales, pueden crearse discos con una capa por cada lado. En ese caso, hay que darle la vuelta al disco en el lector para leer la otra capa. Se identifican fácilmente porque no llevan ningún tipo de serigrafía y las dos caras son exactamente iguales.
- una cara, doble capa (*SS DL single-side double-layer*) son los discos conocidos como de doble capa (DL). Tienen una capacidad de almacenamiento de 8,5 Gb y se denominan DVD-9. Las dos capas están superpuestas y se usa un láser con una frecuencia distinta que atraviesa la primera capa y lee sólo la segunda. Los DVD pregrabados comerciales son de este formato. En ocasiones, se puede percibir una pequeña pausa en un punto de la película cuando el láser cambia para leer la segunda capa.
- doble cara, doble capa (*DS DL double-side double-layer*) son discos en los que se colocan dos capas en cada una de las caras. Pueden almacenar hasta 18 Gb de información.

⁶ A veces también se les llama DVD-WORM, de *Write Once Read Many* (escribe una vez lee muchas)



Un nuevo movimiento en la industria hacia formatos de alta definición y el intento de mejorar la protección de los contenidos⁷ hizo aparecer dos formatos: **HD-DVD** (Toshiba) y **Blu-ray** (Sony). El formato de DVD-Video tiene una resolución máxima de 720 píxeles (en horizontal) y para el vídeo en alta definición era necesario aumentar la capacidad de los soportes. De las dos propuestas, Blu-ray es el formato que se ha mantenido al decidir Toshiba abandonar la fabricación en 2008. Recibe este nombre porque emplea un láser de color azul. Encontramos las mismas opciones que en los formatos anteriores: BD-ROM para contenidos pregrabados, BD-R (grabable) y BD-RW (regrabable) y también de una o dos capas. La capacidad de estos discos está en torno a los 20 Gb en una sola capa. Sin embargo, el alto precio de los soportes vírgenes comparado con los medios extraíbles basados en memorias de estado sólidos (flash) han hecho que su impacto en el almacenamiento de datos haya sido mucho menor al de sus antecesores.

6. Memorias de estado sólido

Una tecnología reciente que cada vez se esta expandiendo más rápidamente debido al aumento de la capacidad de los dispositivos que se pueden construir son las comúnmente conocidas como memorias *flash* y cuyo nombre técnico es el de memoria de estado sólido.

La **tecnología** está basada en materiales similares a los empleados en las memorias, pero con la salvedad de que son capaces de mantener la información de forma definitiva sin necesidad de corriente eléctrica. Este tipo de tecnología no ha desplazado a la memoria RAM en los ordenadores porque es más lenta y porque el número de ciclos de escritura está limitado, por lo que con el tiempo iríamos perdiendo capacidad de memoria (más rápidamente que en el caso de un disco).

Dentro de esta categoría de dispositivos de almacenamiento encontramos las **tarjetas de memoria** de diversos tipos: compact flash (CF), secure digital (SD), memory stick™ y multimedia card (MMC) entre otras, incluyendo también los cartuchos de las video consolas y la memoria interna de reproductores portátiles de audio y vídeo. Para el almacenamiento de datos extraíbles en un ordenador personal, el dispositivo rey es la **memoria USB**. Recientemente han empezado a comercializarse discos duros como los convencionales (magnéticos) que emplean esta tecnología. Se conocen como **Solid State Drives (SDD)** y su punto de entrada han sido los ordenadores portátiles, debido a la reducción del consumo y a la menor tasa de fallos al no incorporar partes móviles que puedan estropearse como consecuencia de golpes. Sin embargo, todavía son dispositivos demasiado caros, con menos capacidad que los discos duros magnéticos y con dos problemas importantes que todavía es necesario resolver: el tiempo de acceso para escritura y el número máximo de operaciones en una misma celda. Sin embargo, el acceso para lectura es mucho más rápido, lo que se nota especialmente en el proceso de arranque (en torno a los 20 segundos con la máquina dispuesta para trabajar) o en la carga de aplicaciones (prácticamente instantánea).

⁷ Esto último no se consiguió y la clave de cifrado fue descubierta y hecha pública por un hacker llamado Muslix64. Los intentos de la MPAA (la SGAE americana) por bloquearlo tuvo precisamente el efecto contrario (conocido como el efecto Streisand—http://es.wikipedia.org/wiki/Efecto_Streisand) y el código 09 F9 11 02 9D 74 E3 5B D8 41 56 C5 63 56 88 C0 se difundió rápidamente por todo internet, camisetas, fotos de las formas más insospechadas (fuente: <http://www.enriquedans.com/2007/05/09-f9-11-02-9d-74-e3-5b-d8-41-56-c5-63-56-88-c0.html>)



7. Cierre

Sin dispositivos de almacenamiento no podríamos guardar nuestra información de forma permanente y sería necesario cargar todos los programas y los datos cada vez que encendiéramos el ordenador.

Actualmente, los discos duros son el principal sistema de almacenamiento: una pila de discos rígidos magnetizados en cuya superficie la orientación de las partículas nos indican el valor de los bits: 0 o 1. En algunos dispositivos, como los portátiles, se están empezando a reemplazar los discos duros con tecnología magnética por discos en estado sólido, en los que no hay parte móviles. Estos discos tienen un menor consumo y son más rápidos. Sin embargo, esta tecnología es muy reciente y todavía son excesivamente caros y tienen algunos problemas adicionales, como la baja velocidad de escritura o la limitación en el número de veces que una determinada posición se puede reescribir.

Los dispositivos de memoria de estado sólido son el medio extraíble más frecuente hoy en día, en forma de memorias USB o tarjetas. Aunque se denominen memoria, debes tener presente que se trata de dispositivos de entrada/salida.

Los soportes ópticos están empezando a caer en desuso como medio de almacenamiento: no tienen la capacidad suficiente para ser un medio masivo y usarlo para copias de seguridad y es más cómodo usar memorias USB como medio extraíble para pasar la información de un ordenador a otro.

8. Bibliografía

BEEKMAN, George: Introducción a la Informática.- Ed. Pearson, Madrid, 2005