

Grupo ARCOS

uc3m | Universidad **Carlos III** de Madrid

Tema 6: E/S y dispositivos periféricos

Estructura de Computadores

Grado en Ingeniería Informática
Grado en Matemática aplicada y Computación
Doble Grado en Ingeniería Informática y Administración de Empresas



Contenidos

1. Introducción

2. Buses

- ▶ Estructura y funcionamiento
- ▶ Jerarquía de buses

3. Periféricos

- ▶ Concepto y tipos de periféricos
- ▶ Estructura general de un periférico
- ▶ Módulos de E/S

4. Caso de estudio: disco duro y discos de estado sólido

5. Interacción E/S: técnicas de E/S

Contenidos

1. Introducción

2. Buses

- ▶ Estructura y funcionamiento
- ▶ Jerarquía de buses

3. Periféricos

- ▶ Concepto y tipos de periféricos
- ▶ Estructura general de un periférico
- ▶ Módulos de E/S

4. Caso de estudio: disco duro y discos de estado sólido

5. Interacción E/S: técnicas de E/S

Un poco de historia...



- ▶ El primer disco duro apareció en 1956
 - ▶ Encargo de las fuerzas Aéreas de EEUU
 - ▶ Se le llamó IBM RAMAC 305
 - ▶ 50 discos de aluminio de 61 cm (24") de diámetro
 - ▶ 5 MB de datos
 - ▶ Giraba a 3.600 revoluciones por minuto
 - ▶ Contaba con una velocidad de transferencia de 8,8 Kbps
 - ▶ Alquiler por año 35000 \$
 - ▶ Pesaba cerca de una tonelada

Un poco de historia...

- ▶ En 1980 aparece el primer disco de 5 1/4”
 - ▶ 5 MB
 - ▶ 10.000 \$



- ▶ En 1997 aparece el primer disco a 15000 RPM

Un poco de historia...



1956

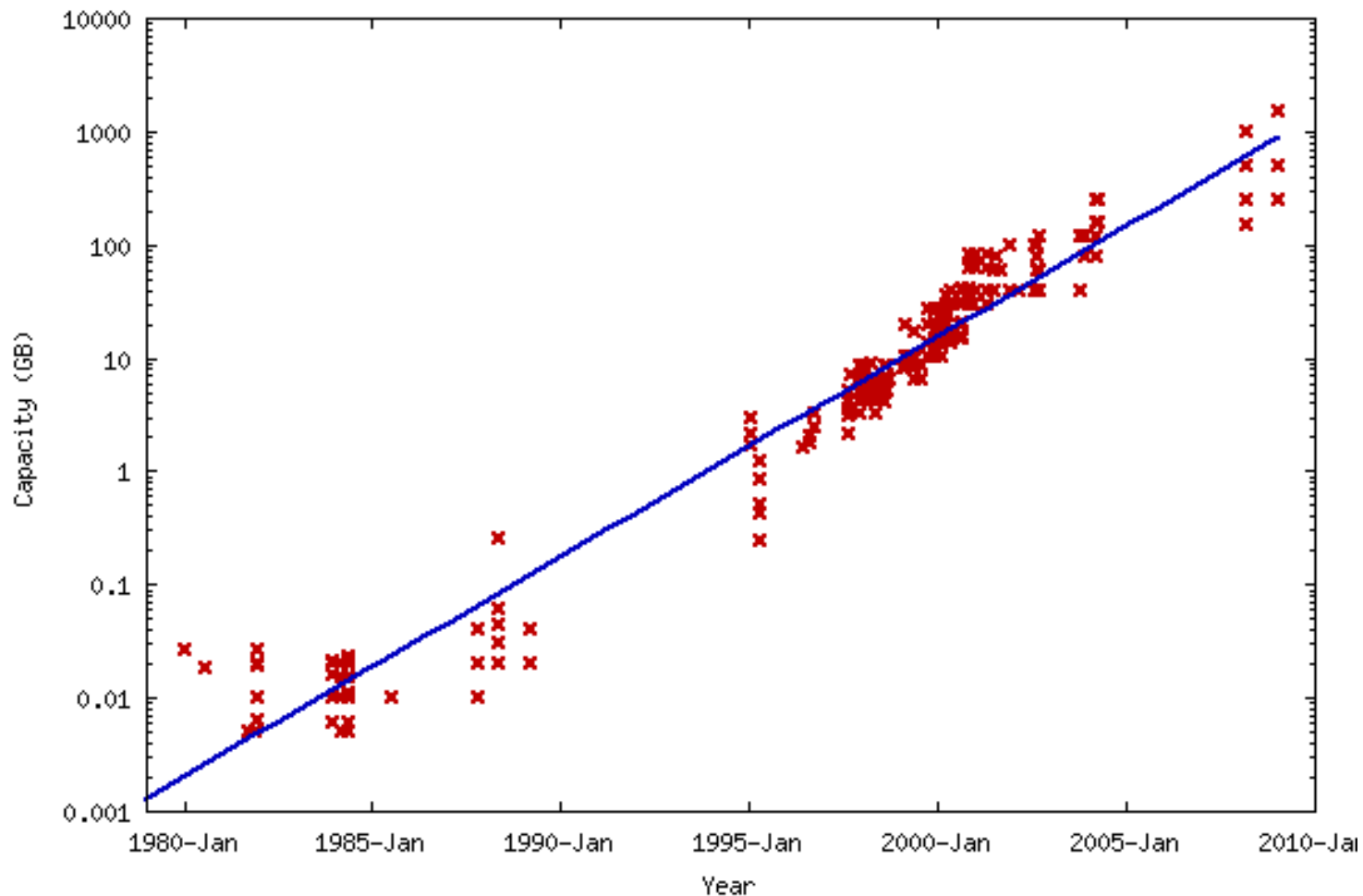


80's



2005

Un poco de historia...



http://en.wikipedia.org/wiki/File:Hard_drive_capacity_over_time.svg

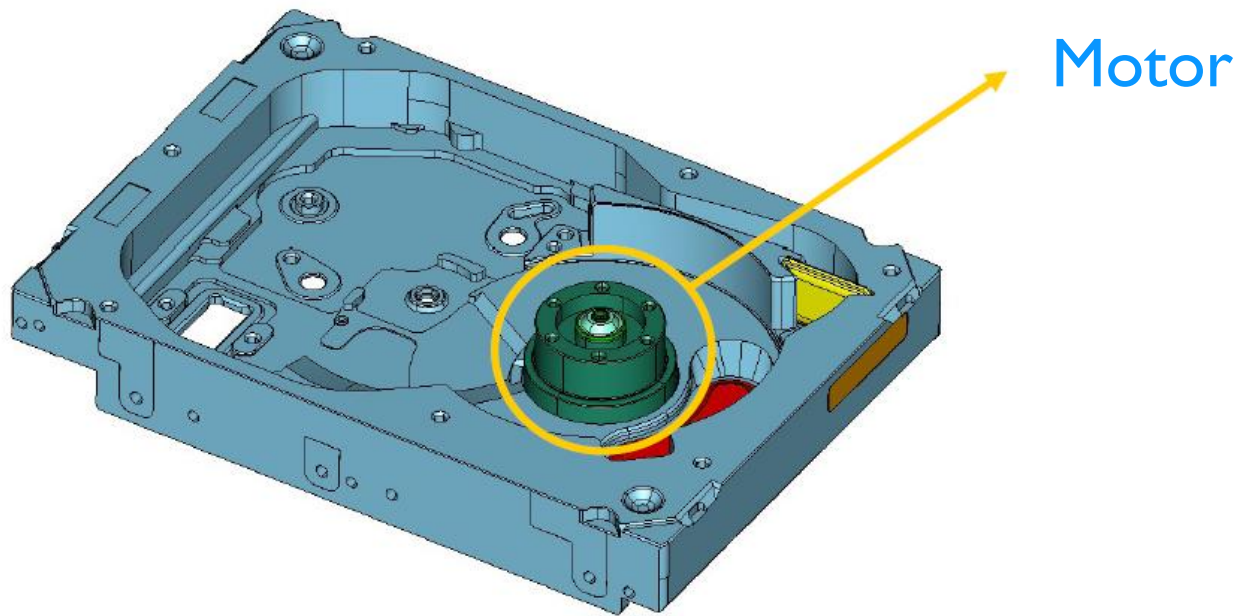
Evolución...

	Tasa de crecimiento por año
Capacidad	1.93 / año
Coste	0.60 / año
Prestaciones	0.05 / año



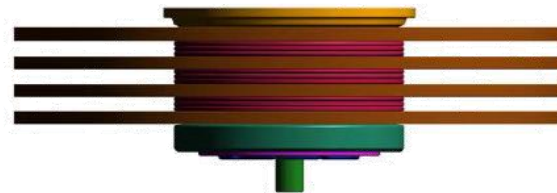
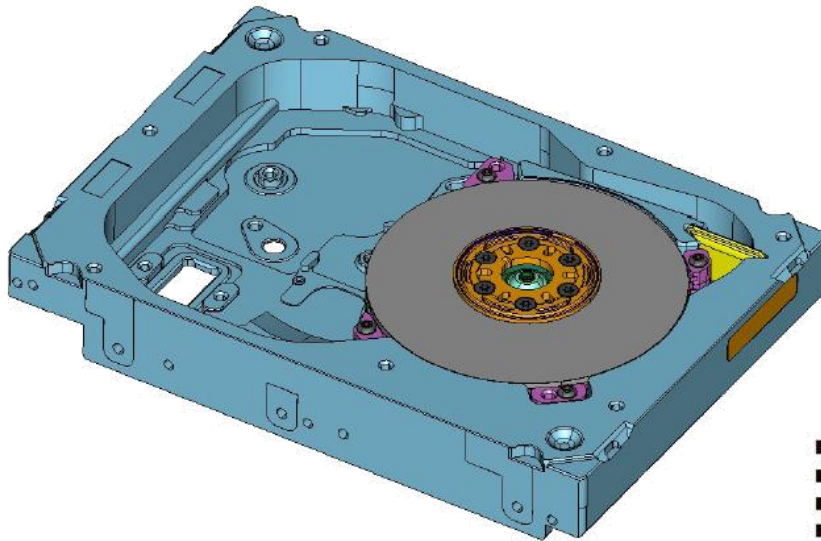
<https://www.pingdom.com/blog/amazing-facts-and-figures-about-the-evolution-of-hard-disk-drives/>

Anatomía de un disco duro



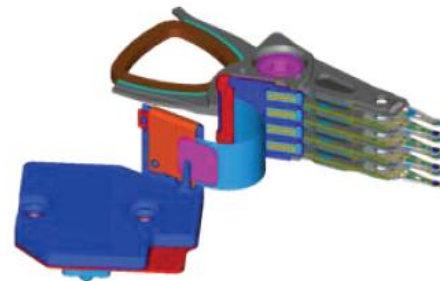
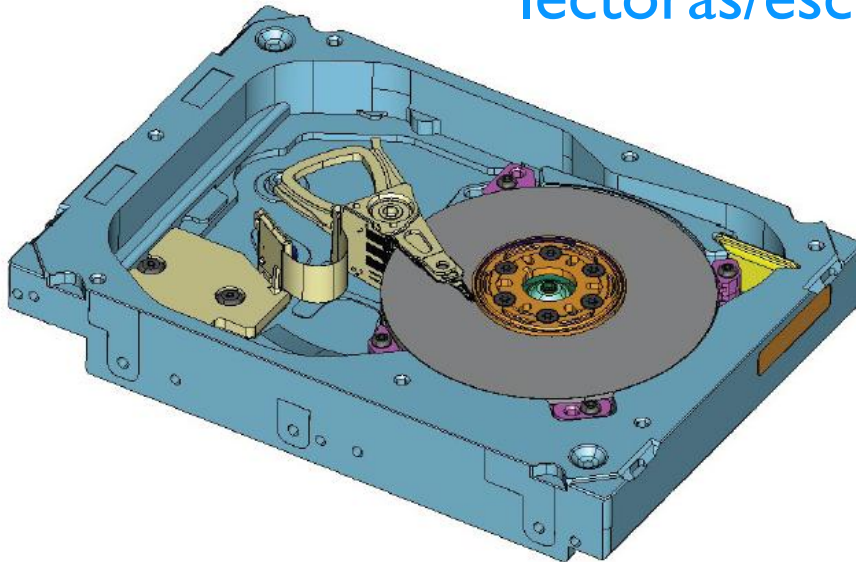
Anatomía de un disco duro

Discos

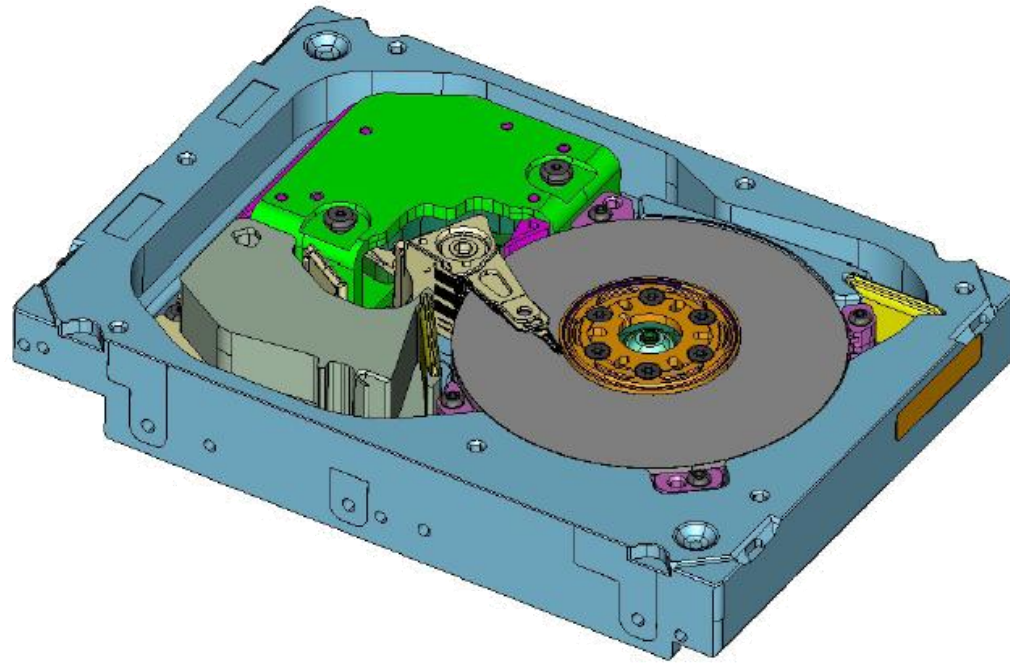


Anatomía de un disco duro

Cabezas
lectoras/escritoras



Anatomía de un disco duro



Módulo de control y
mecánica

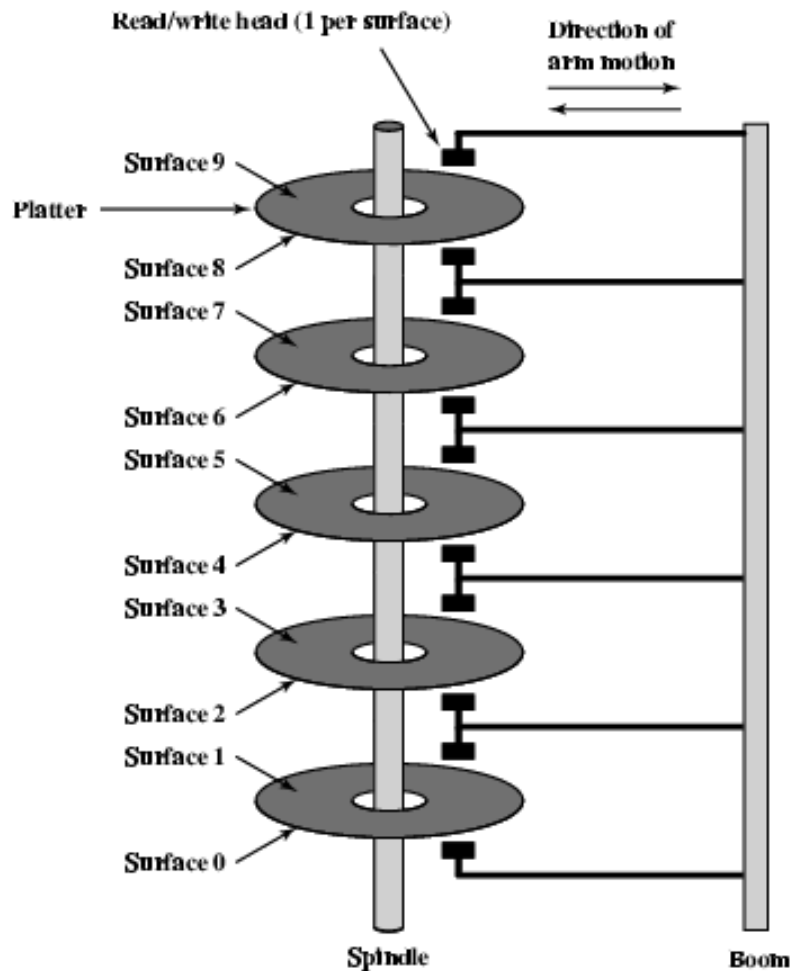
Anatomía de un disco duro



- ▶ **Controlador de disco**
 - ▶ Planificación de comandos
 - ▶ Corrección de errores
 - ▶ Optimización
 - ▶ Comprobación de integridad
 - ▶ Control de las revoluciones por minuto (RPM)
 - ▶ Caché de disco

<http://www.snia.org>

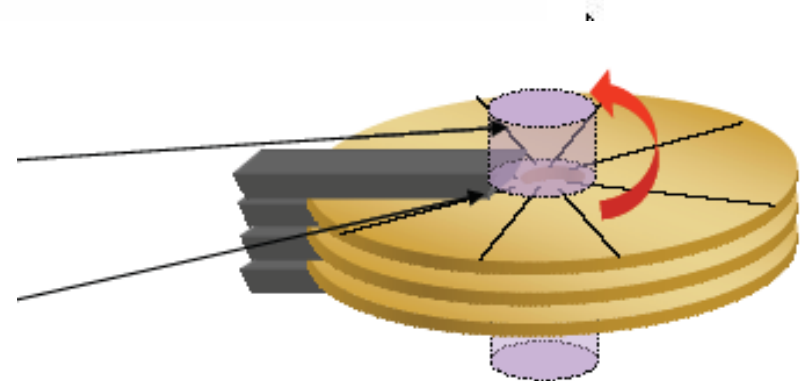
Múltiples platos



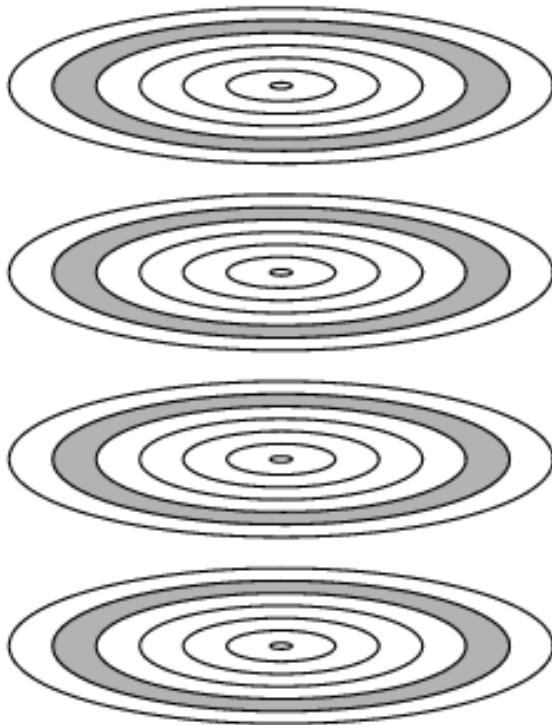
<http://www.snia.org>



Rotación

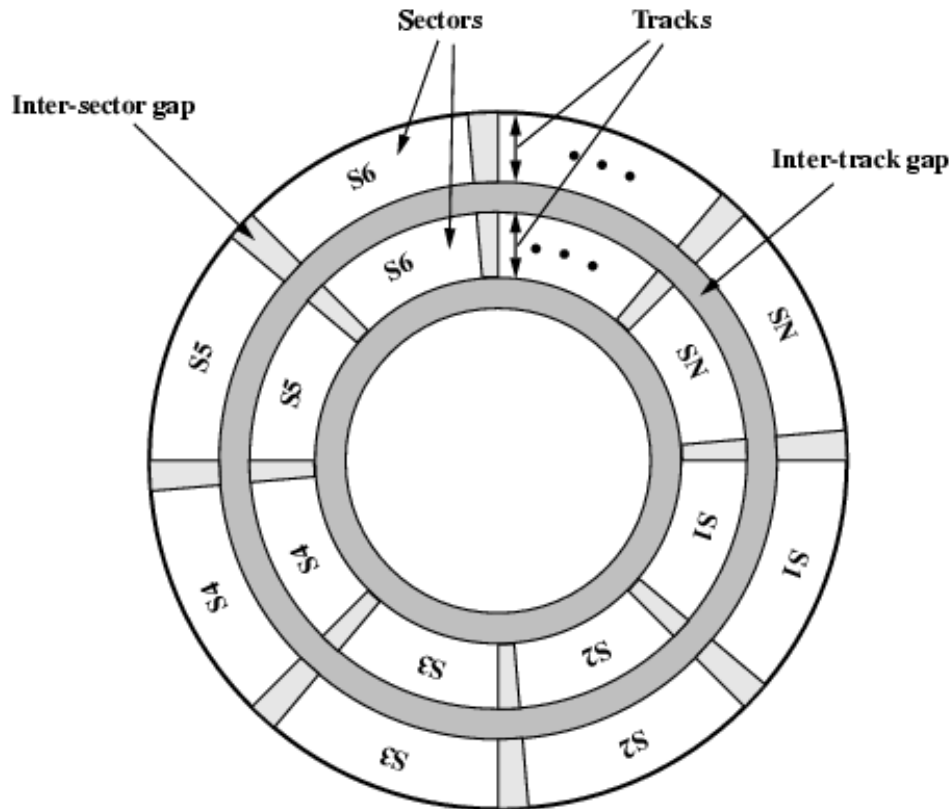


Cilindros



- **Cilindro:**
información accedida por
todas las cabezas en una
rotación

Almacenamiento: pistas y sectores



Pista:

- Un anillo del plato

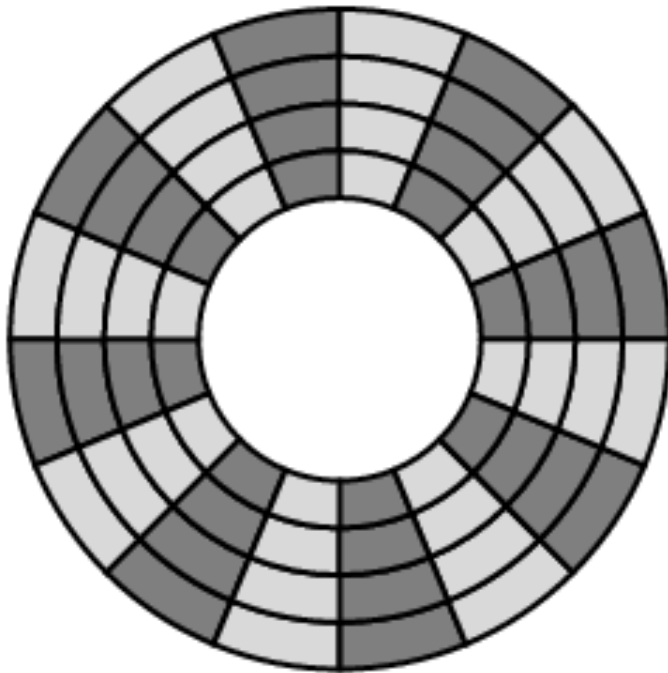
Sector:

- División de la superficie del disco realizada en el formateo (típicamente 512 bytes)

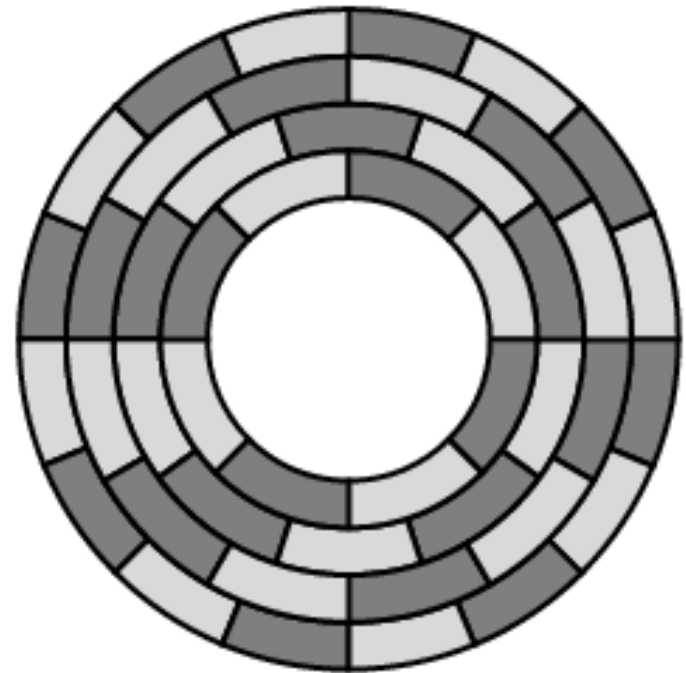
Bloques:

- El sistema de ficheros escribe en bloques
- Grupo de sectores

Distribución de sectores



(a) Constant angular velocity



(b) Multiple zoned recording

Medida de la capacidad

- ▶ Bits por pulgada cuadrada
 - ▶ Dependen de la cabeza de lectura/escritura, del medio de grabación, de la rotación del disco y de la velocidad a la que el bus puede aceptar datos.
- ▶ Pistas por pulgada
 - ▶ Dependen de la cabeza de lectura/escritura, el medio de grabación, la precisión con la que la cabeza puede posicionarse y la capacidad del disco para girar en un círculo perfecto

Capacidad de almacenamiento

- ▶ Para discos con velocidad angular constante

- ▶ n_s : número de superficies
- ▶ p : número de pistas por superficie
- ▶ s : número de sectores por pista
- ▶ t_s : bytes por sector

$$Capacidad = n_s \times p \times s \times t_s$$

- ▶ Para discos con múltiples zonas

- ▶ z : número de zonas
- ▶ p_i : pistas de la zona i
- ▶ s_i : sectores por pista de la zona i

$$Capacidad = n_s \times t_s \times \sum_{i=1}^z (p_i \times s_i)$$

Ejercicio

- ▶ ¿Cuántos bytes almacena un disco duro de 250 GB ?

Recordatorio

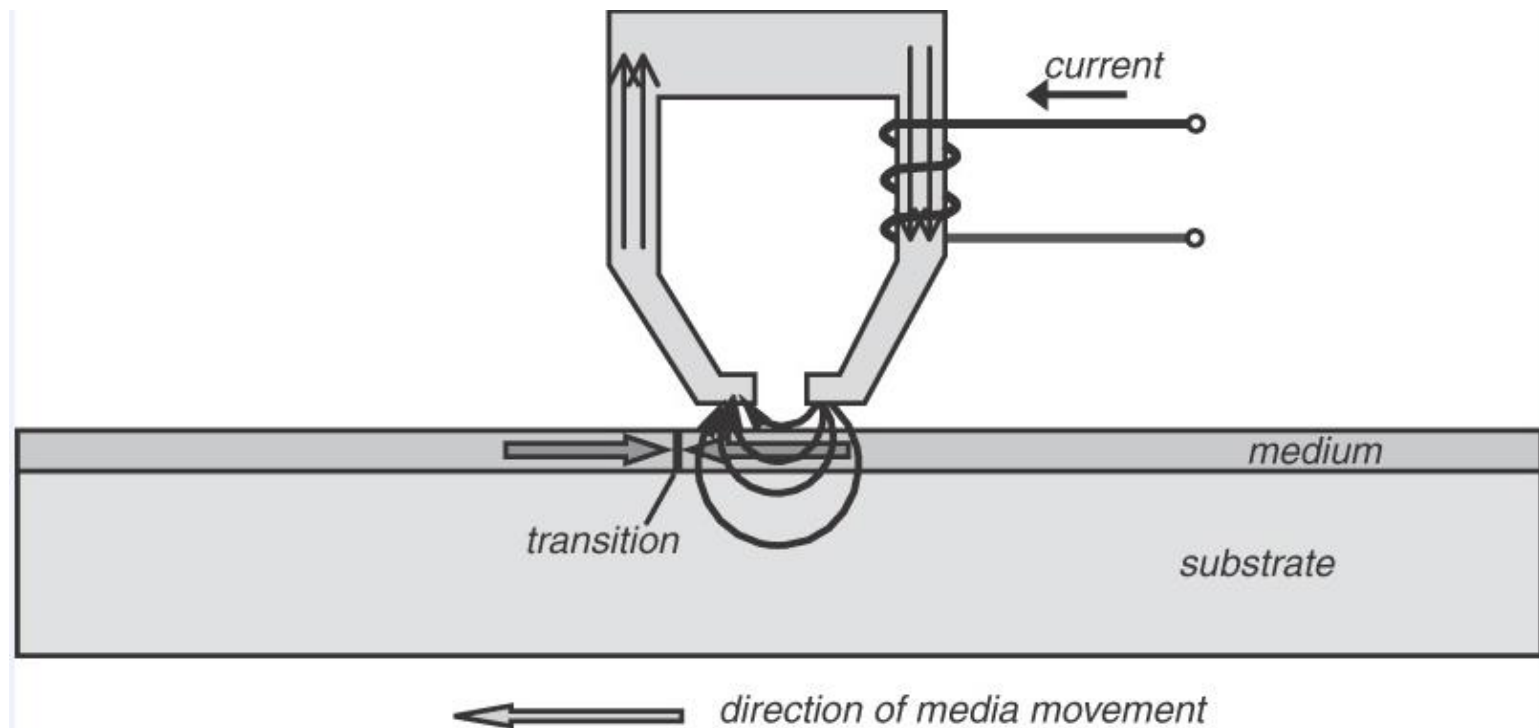
- ▶ 1 KB = 1024 bytes, pero en el SI es 1000 bytes
- ▶ Los fabricantes de disco duros y en telecomunicaciones emplea el SI.
 - ▶ Un disco duro de 30 GB almacena 30×10^9 bytes
 - ▶ Una red de 1 Mbit/s transfiere 10^6 bps.

Nombre	Abr	Factor	SI
Kilo	K	$2^{10} = 1,024$	$10^3 = 1,000$
Mega	M	$2^{20} = 1,048,576$	$10^6 = 1,000,000$
Giga	G	$2^{30} = 1,073,741,824$	$10^9 = 1,000,000,000$
Tera	T	$2^{40} = 1,099,511,627,776$	$10^{12} = 1,000,000,000,000$
Peta	P	$2^{50} = 1,125,899,906,842,624$	$10^{15} = 1,000,000,000,000,000$
Exa	E	$2^{60} = 1,152,921,504,606,846,976$	$10^{18} = 1,000,000,000,000,000,000$
Zetta	Z	$2^{70} = 1,180,591,620,717,411,303,424$	$10^{21} = 1,000,000,000,000,000,000,000$
Yotta	Y	$2^{80} = 1,208,925,819,614,629,174,706,176$	$10^{24} = 1,000,000,000,000,000,000,000,000$

Métodos de grabación

- ▶ En la última década se ha incrementando en un 100% la densidad de grabación
- ▶ Cada bit en una pista consta de múltiples granos magnéticos
- ▶ El tamaño de estos granos no puede reducirse por debajo de los 10 nanómetros debido a:
 - ▶ Efecto superparamagnético
 - ▶ La temperatura ambiente podría afectar a la estabilidad de los granos
- ▶ Técnicas de grabación:
 - ▶ Longitudinal: guardan datos de forma longitudinal sobre un plano horizontal
 - ▶ Perpendicular: los datos se alinean de forma vertical, lo que permite disponer de mayor espacio y guardar más información

Cabeza lectora/escritora



Memory Systems
Cache, DRAM, Disk
Bruce Jacob, Spencer Ng, David Wang
Elsevier

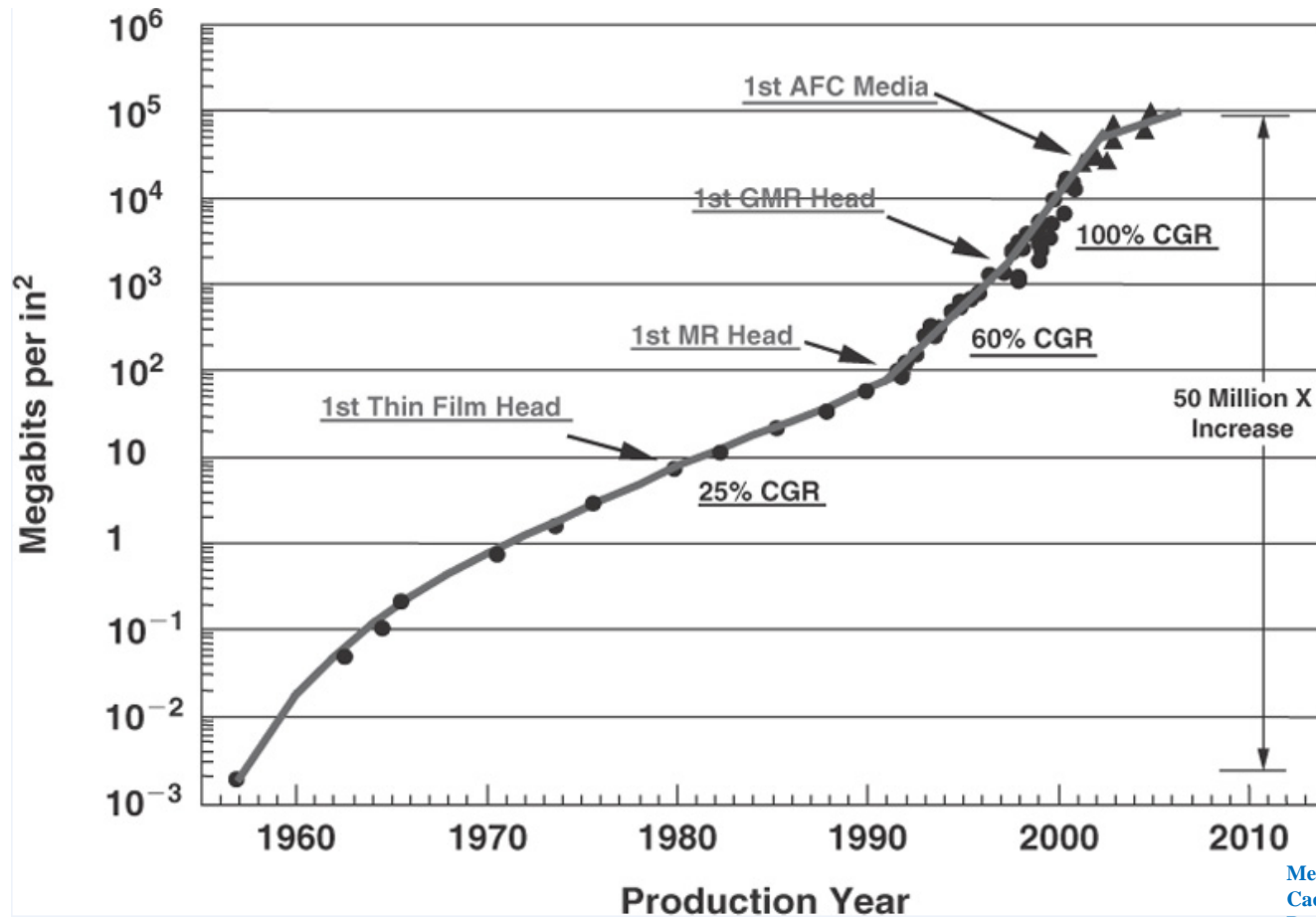
Densidad superficial

- ▶ Las mejoras en la capacidad de los disco se expresa como mejorar en la **densidad superficial**:

$$\text{Areal density (AD)} = \frac{\text{Tracks on a disk surface}}{\text{Inch}} \times \frac{\text{Bits on a track}}{\text{Inch}}$$

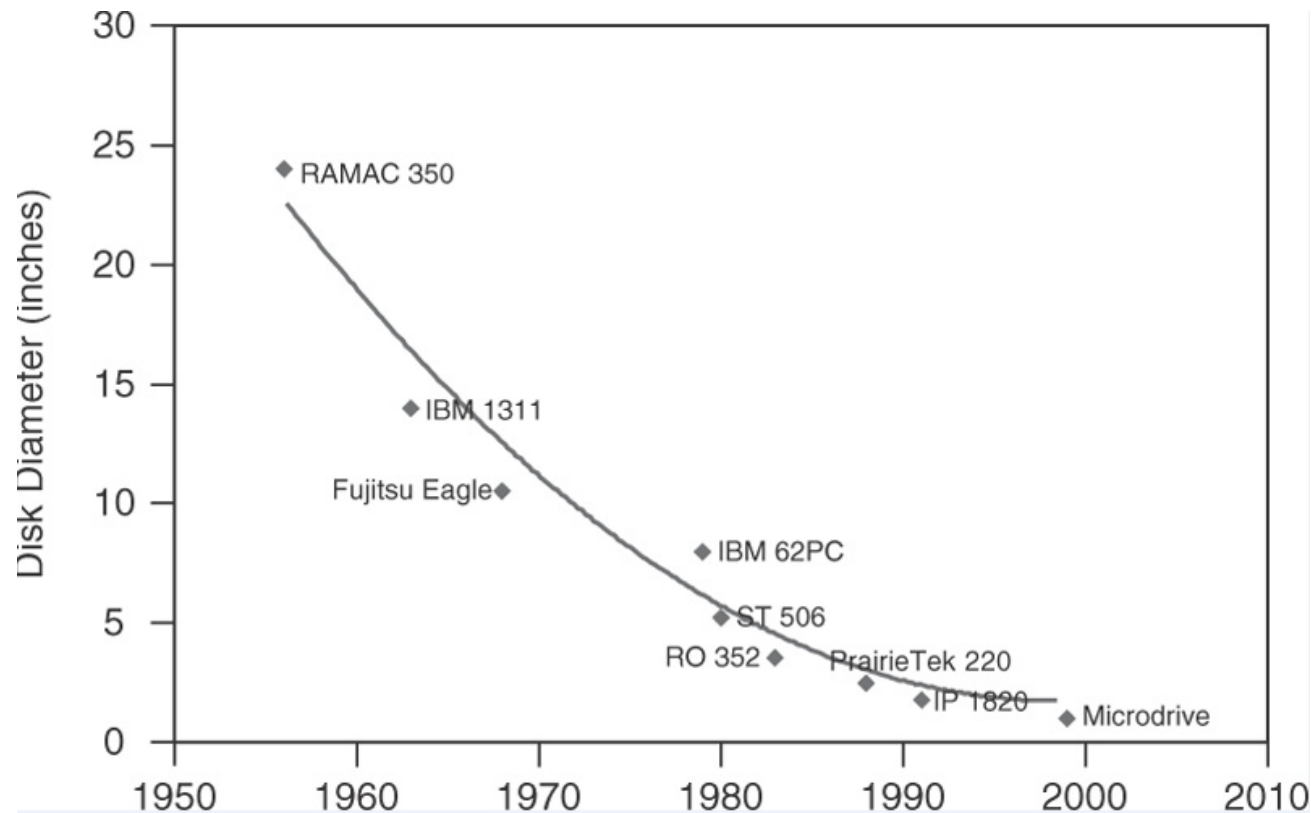
- ▶ Hasta 1988 la tasa de mejora anual en AD fue del 29%
- ▶ Entre 1988 y 1996 la tasa de mejora fue del 60% al año
- ▶ Entre 1997 y 2003 la tasa de incremento fue del 100% anual
- ▶ Entre 2003-2011 la tasa de incremento ha sido del 30% anual
- ▶ En 2011 la mayor densidad en productos comerciales fue de 400 billones de bits por pulgada cuadrada
- ▶ El coste por bit se ha mejorado en un factor de 1.000.000 entre 1983 y 2011

Evolución de la densidad



Memory Systems
Cache, DRAM, Disk
Bruce Jacob, Spencer Ng, David Wang
Elsevier

Evolución del tamaño de los discos

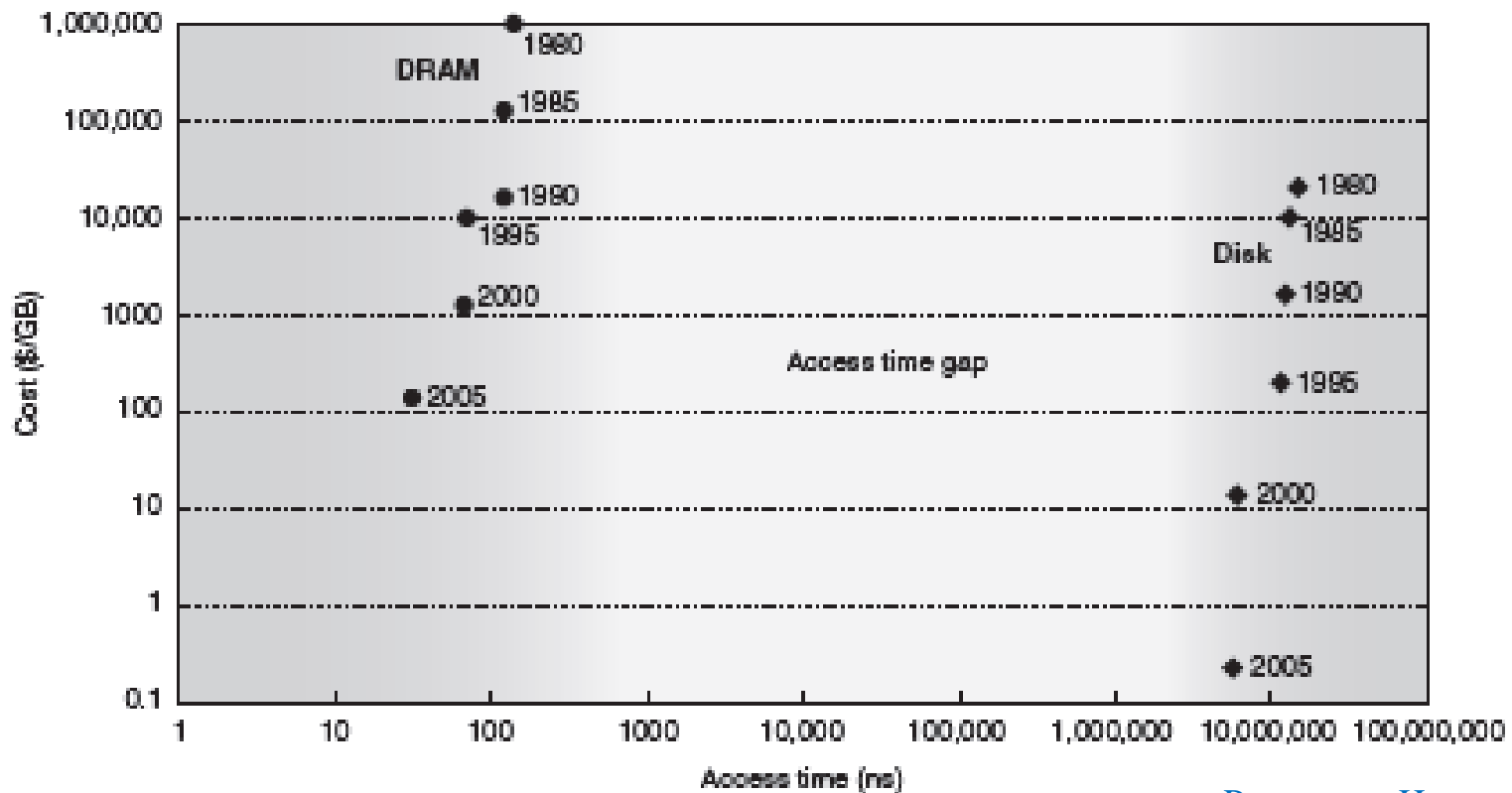


Memory Systems
Cache, DRAM, Disk
Bruce Jacob, Spencer Ng, David Wang
Elsevier

Discos y memoria principal

- ▶ La latencia de una memoria DRAM es 100.000 veces menor que la de un disco
- ▶ El coste por GB para una memoria DRAM está entre 30 y 150 veces el coste por GB de un disco duro
- ▶ En 2015 un:
 - ▶ Disco de 8 TB transfiere 190 MB/s costando 250\$
 - ▶ Módulo DDR4 de 8 GB transfiere 25 GB/s costando ~70\$

Discos y memoria principal

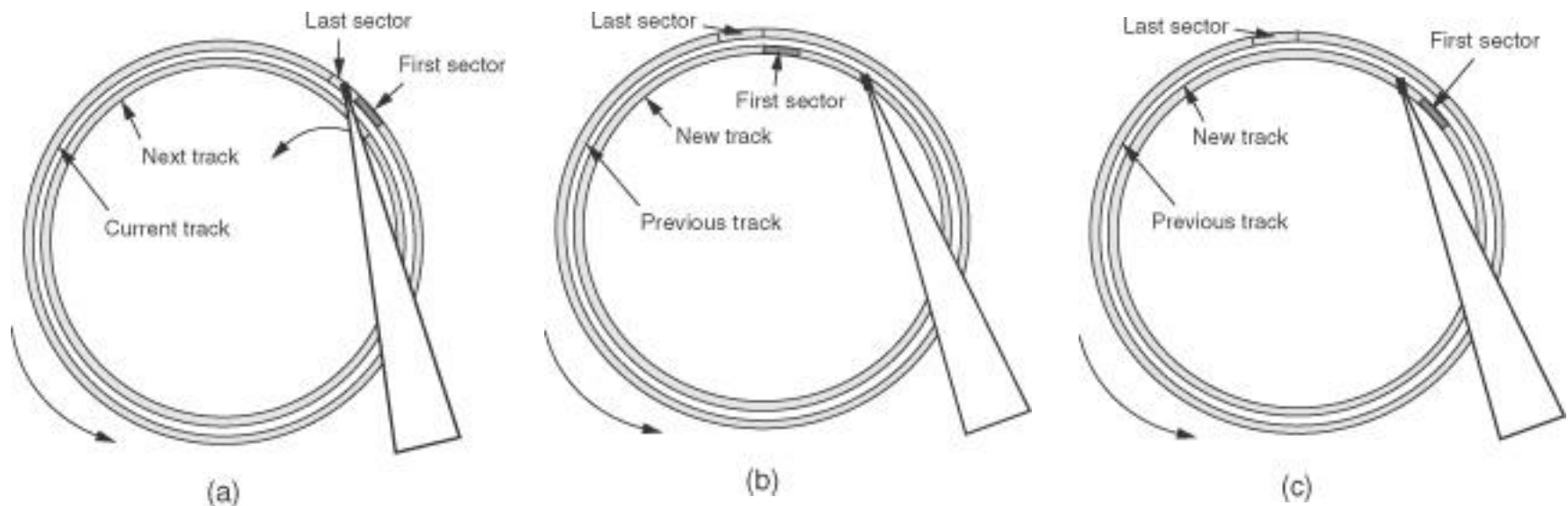


Patterson y Hennesy

Direccionamiento

- ▶ Tipos de direccionamiento:
 - ▶ Direccionamiento físico:
 - ▶ Cada sector se identifica por tres valores: cilindro-pista-sector.
 - ▶ Direccionamiento de bloques lógicos (LBN):
 - ▶ Cada sector se identifica con un bloque lógico y la correspondencia la hace el propio disco
- ▶ Los controladores de disco actuales realizan la traducción de LBN a dirección física

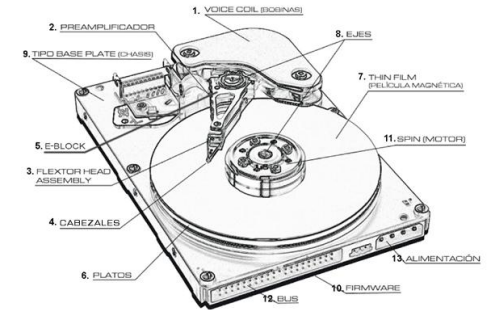
Posicionamiento y rotación



Memory Systems
Cache, DRAM, Disk
Bruce Jacob, Spencer Ng, David Wang
Elsevier

Tiempo de **acceso**

► $T_{\text{acceso}} = T_{\text{búsqueda}} + T_{\text{latencia}} + T_{\text{transferencia}}$

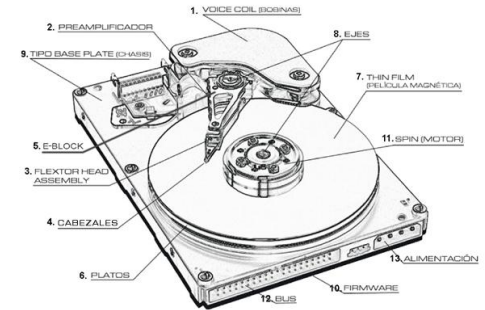


- **Tiempo de búsqueda** ($T_{\text{búsqueda}}$): tiempo necesario para mover la cabeza desde el cilindro actual al cilindro sobre el que se quiere operar
- **Latencia de rotación** (T_{latencia}): tiempo que pasa hasta que el sector deseado pasa por debajo de la cabeza de lectura/escritura
 - $T_{\text{latencia}} = \text{Tiempo medio para recorrer media pista}$
- **Tiempo de transferencia** ($T_{\text{transferencia}}$): tiempo necesario para recorrer un sector y transferir los datos de él

Tiempo de **posicionamiento**

► $T_{\text{acceso}} = T_{\text{búsqueda}} + T_{\text{latencia}} + T_{\text{transferencia}}$

- El aumento en la densidad de grabación da lugar a cilindros con mayor capacidad:
- Incrementa la probabilidad de reducir el número de posicionamientos de la cabeza.
 - Aumenta la probabilidad de que los siguientes datos a solicitar estén en el mismo cilindro lo que reduce los posicionamientos (que afectan al $T_{\text{búsqueda}}$).



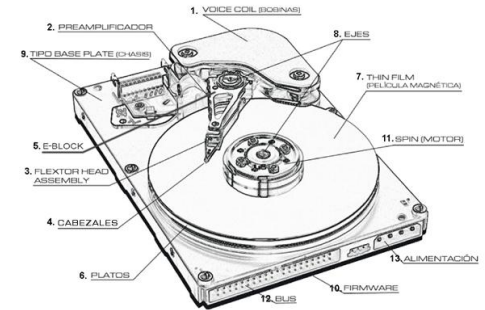
Latencia rotacional

► $T_{\text{acceso}} = T_{\text{búsqueda}} + T_{\text{latencia}} + T_{\text{transferencia}}$

► La latencia media es el tiempo en dar media vuelta

$$T_{\text{rotate}} = \frac{1}{2} \times \frac{60 \times 10^3}{RPM}$$

- Disco con latencia de acceso cero (*Zero-latency access*)
 - Transfieren los datos tan pronto como la cabeza se encuentra en la pista deseada a un buffer donde los bloques son después reordenados

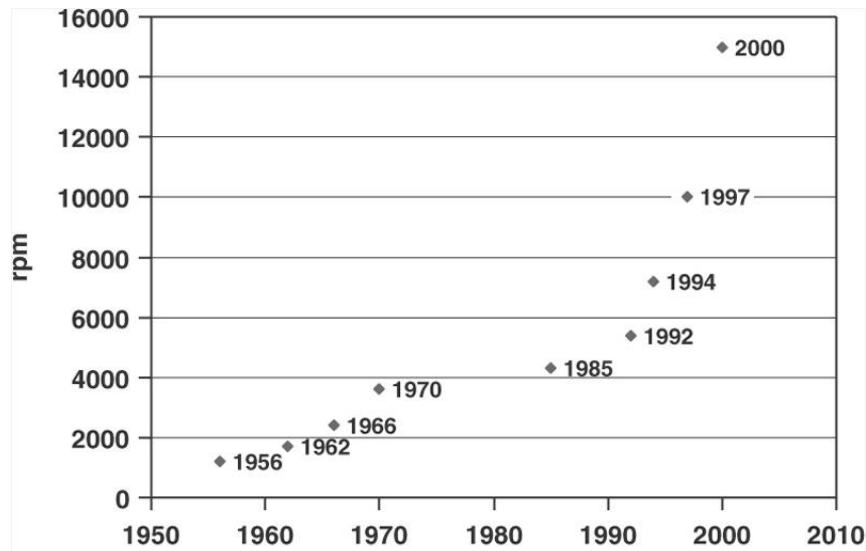


Velocidad y latencia

Rotational Speed	Rotational Latency (en ms)
5400	5.6
7200	4.2
10000	3.0
12000	2.5
15000	2.0

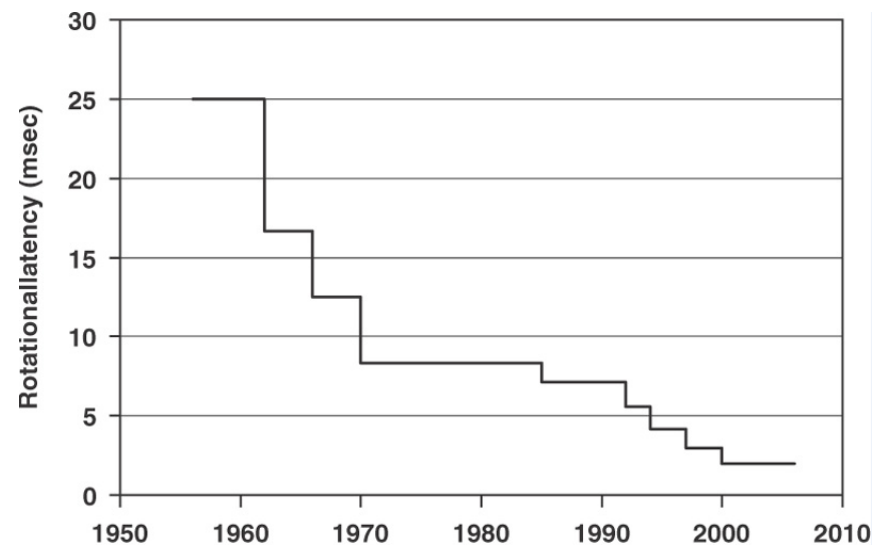
Evolución de las RPM y latencia rotacional

RPM



Memory Systems
Cache, DRAM, Disk
Bruce Jacob, Spencer Ng, David Wang
Elsevier

latencia rotacional



Memory Systems
Cache, DRAM, Disk
Bruce Jacob, Spencer Ng, David Wang
Elsevier

Tiempo de transferencia

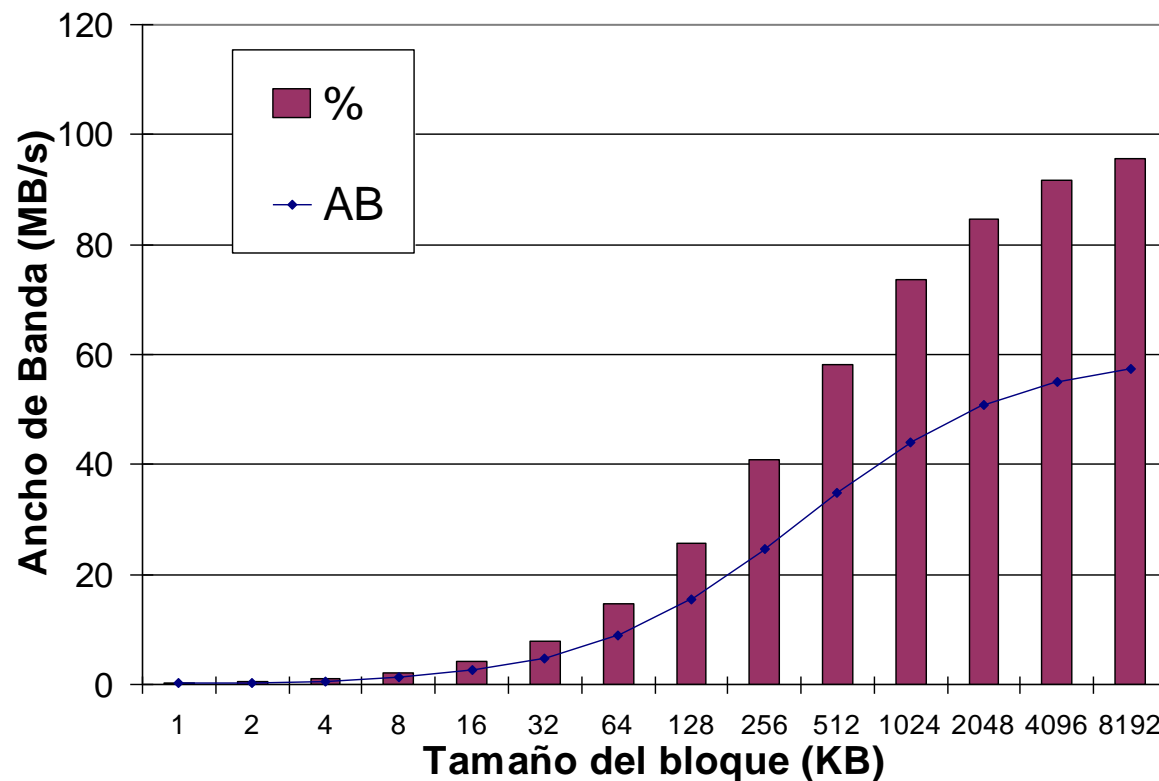
- ▶ Consta de dos partes:
 - ▶ Tasa de transferencia externa entre la memoria y la caché del disco
 - ▶ Tasa de transferencia interna entre la caché de disco y el medio de almacenamiento
- ▶ La tasa de transferencia interna se mide como:

$$T_{transfer} = \frac{N_{request}}{N_{track}} \times \frac{60}{RPM}$$

- ▶ Donde N_{track} es el número de sectores en una pista y $N_{request}$ la cantidad de datos solicitados en número de sectores.
- ▶ En los discos con pistas externas más densas la relación de sectores de las pistas más externas a las más internas suele estar entre 1.43 y 1.58.

Efecto del tamaño de la petición

- Efecto del tamaño de bloque ($t_a = 6$ ms y $AB = 60$ MB/s)



Controlador de disco

- ▶ Circuitos y componentes responsables de controlar el disco:
 - ▶ Interfaz de almacenamiento
 - ▶ Secuenciador de disco
 - ▶ Códigos correctores de errores (ECC)
 - ▶ Control del motor
 - ▶ Microprocesador
 - ▶ Controlador del buffer
 - ▶ Caché de disco

Caché de disco

- ▶ Explota la localidad
- ▶ Reduce los accesos físicos al disco
 - ▶ Reduce la disipación de calor
 - ▶ Mejora el rendimiento
- ▶ No suele exhibir localidad temporal debido a las cachés de datos de los SSOO
- ▶ Normalmente implementa lectura adelantada (*prefetch*) para mejorar la localidad espacial
- ▶ Las cachés de disco normalmente se dividen en segmentos independientes correspondientes a flujos secuenciales de datos

Caché de disco

- ▶ Algoritmos de reemplazo
 - ▶ *Random Replacement*
 - ▶ *Least Frequently Used* (LFU)
 - ▶ *Least Recently Used* (LRU)
- ▶ Su tamaño debería estar entre el 0.1 y el 0.3 % del tamaño del disco

Planificador de disco

- ▶ Los dispositivos actuales incluyen un planificador de las peticiones a disco cuyo objetivo es mejorar el tiempo de respuesta y minimizar el movimiento de las cabezas
- ▶ Políticas:
 - ▶ *First Come First Served* (FCFS)
 - ▶ *Shortest Seek Time First* (SSTF)
 - ▶ SCAN
 - ▶ C-SCAN
 - ▶ LOOK

Otros elementos del controlador

- ▶ **Secuenciador de disco**: gestiona las transferencias de datos entre la interfaz de almacenamiento y el buffer de datos
- ▶ **ECC**: comprueba y corrige errores mediante códigos de corrección
- ▶ **Control del motor**: detecta la posición actual de la cabeza y controla el avance a la pista futura
- ▶ **Microprocesador**: controla el funcionamiento global del disco
- ▶ **Controlador del buffer**: controla las señales para el buffer de memoria

Ejercicio

- ▶ Un disco duro tiene una velocidad de rotación de 7200 rpm y una densidad constante de 604 sectores por pista. El tiempo medio de búsqueda es de 4 ms.
- ▶ Calcular el tiempo de acceso a un sector

Ejercicio (solución)

- ▶ Capacidad:
 - ▶ $5 \text{ platos} * 2 \text{ caras/plato} * 30.000 \text{ pistas/cara} * 600 \text{ sectores/pista} * 512 \text{ bytes/sector} = 85,8 \text{ GB}$
- ▶ Latencia de rotación:
 - ▶ $L_r = \text{Tiempo de media vuelta a una pista}$
 - ▶ $7.200 \text{ vueltas/minuto} \rightarrow 120 \text{ vuelta/segundo}$
 $\rightarrow 0,0083 \text{ segundos/vuelta} \rightarrow 4,2 \text{ milisegundos (media vuelta)}$
- ▶ Tiempo de transferencia de un sector:
 - ▶ Hay 600 sectores por pista y la pista se lee en 8,3 milisegundos
 - ▶ $8,3 / 600 \rightarrow 0,014 \text{ milisegundos}$
- ▶ Tiempo de búsqueda:
 - ▶ Cada 100 pistas 1 ms, y hay que ir a la pista 600
 - ▶ $600 / 100 = 6 \text{ milisegundos}$

Ejercicio

- ▶ Sea un disco duro con tiempo medio de búsqueda de 4 ms, una velocidad de rotación de 15000 rpm y sectores de 512 bytes con 500 sectores por pista. Se quiere leer un fichero que consta de 2500 sectores con un total de 1,22 MB. Estimar el tiempo necesario para leer este fichero en dos escenarios:
 - ▶ El fichero está almacenado de forma secuencial, es decir, el fichero ocupa los sectores de 5 pistas adyacentes
 - ▶ Los sectores del fichero están distribuidos de forma aleatoria por el disco

Ejercicio

- ▶ Sea un disco con un solo plato con las siguientes características:
 - ▶ Velocidad de rotación: 7200 rpm
 - ▶ Platos: 5, con 2 superficies por plato
 - ▶ Número de pistas de una cara del plato: 30000
 - ▶ Sectores por pista: 600 (de 512 bytes)
 - ▶ Tiempo de búsqueda: 1 ms por cada 100 pistas atravesadas
- ▶ Suponiendo que la cabeza está en la pista 0 y se solicita un sector de la pista 600, calcular:
 - ▶ Capacidad del disco duro
 - ▶ La latencia de rotación
 - ▶ Tiempo de transferencia de un sector
 - ▶ Tiempo de búsqueda del sector pedido

Fiabilidad

- ▶ Sea T_{MF} el tiempo medio hasta el fallo
- ▶ Sea T_{MR} el tiempo medio de reparación
- ▶ Se define la disponibilidad de un sistema como:

$$disponibilidad = \frac{T_{MF}}{T_{MF} + T_{MR}}$$

- ▶ ¿Qué significa una disponibilidad del 99%?
 - ▶ En 365 días funciona correctamente $99 \cdot 365 / 100 = 361.3$ días
 - ▶ Está sin servicio 3.65 días
- ▶ Los fallos en los discos duros contribuyen al 20-55% de los fallos en el sistema de almacenamiento

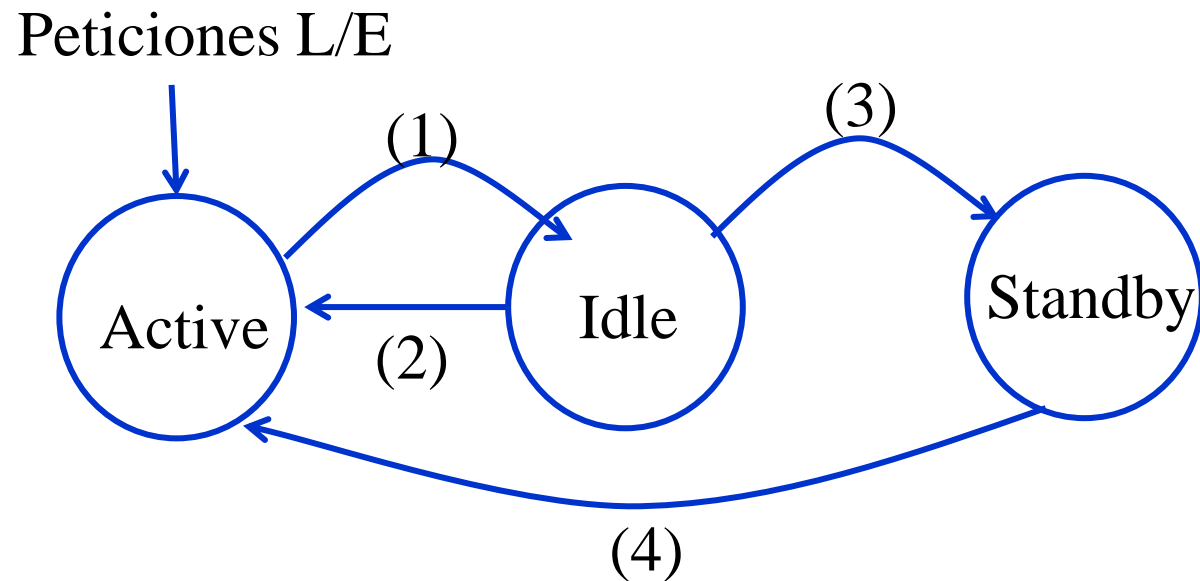
Consumo de energía

- ▶ Un típico disco ATA del 2011 consume:
 - ▶ 9 w cuando está inactivo
 - ▶ 11 w cuando está leyendo o escribiendo
 - ▶ 13 w en una operación de posicionamiento
- ▶ Estimación del consumo en un disco

$$Power = N_{platter} \times D_{platter}^{4.6} \times RPM^{2.8}$$

- ▶ Donde $N_{platter}$ es el número de discos y $D_{platter}$ el diámetro de los platos
- ▶ La temperatura es el factor que más afecta a la fiabilidad de los discos
 - ▶ Cada 10° de incremento por encima de los 21° reduce la fiabilidad de la electrónica en un 50%

Diagrama de transición de estados de consumo de energía



- ▶ (1): No hay peticiones pendientes pero los platos siguen girando, las cabezas se aparcan
- ▶ (2): El disco recibe una petición en el estado *idle*
- ▶ (3): Para reducir la energía el disco se para y las cabezas se sitúan fuera del disco
- ▶ (4): Nuevas peticiones, el disco tiene que activarse

Estrategias de ahorro de energía

- ▶ Basada en *timeouts*. Cuando el disco está en estado *idle* durante un cierto tiempo pasa a *standby*
- ▶ Predicción dinámica. Basada en el funcionamiento de las aplicaciones
- ▶ Mecanismos estocásticos.
- ▶ Gestión de la energía guiado por la aplicación
 - ▶ La aplicación informa sobre el patrón de acceso (en el código o generados por el compilador)

Problemas del apagado de los discos

- ▶ Se incrementa el consumo cuando los platos tienen que volver a girar
- ▶ Reduce la fiabilidad de los discos. Los fabricantes suelen indicar el número de ciclos de start/stop que puede soportar un disco. Por encima de este valor la probabilidad de fallos se incrementa en un 50%
- ▶ Los métodos de ahorro de energía se suelen aplicar a dispositivos portátiles y no se aplican a servidores por las cargas de datos intensivas.

Contenidos

1. Introducción

2. Buses

- ▶ Estructura y funcionamiento
- ▶ Jerarquía de buses

3. Periféricos

- ▶ Concepto y tipos de periféricos
- ▶ Estructura general de un periférico
- ▶ Módulos de E/S

4. Caso de estudio: disco duro y discos de estado sólido

5. Interacción E/S: técnicas de E/S

Discos de estado sólido

SSD (***S**olid **S**tate **D**rive*)

- ▶ Dispositivo de almacenamiento de bloques basado en semiconductores que actúa como una unidad de disco



HDD
con partes móviles

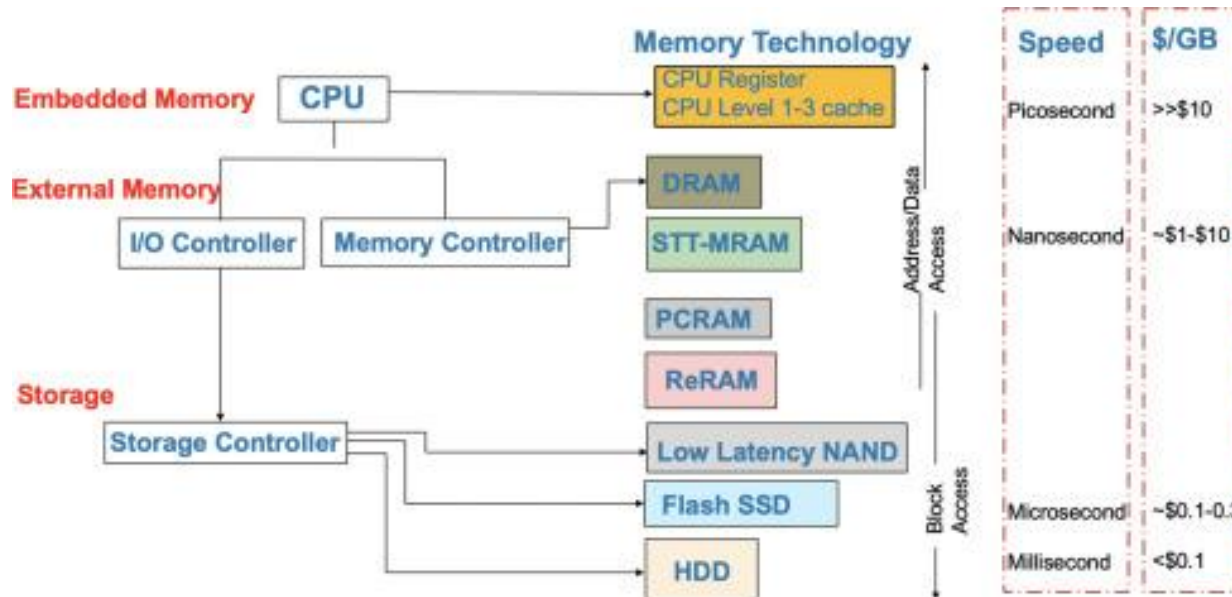
SDD
sin partes móviles

http://www.carm.es/edu/pub/04_2015/2_1_contenido.html

Discos de estado sólido

SSD (**S**olid **S**tate **D**rive)

- Dispositivo de almacenamiento de bloques basado en semiconductores que actúa como una unidad de disco



<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128207581000029>

Discos de estado sólido

SSD (**S**olid **S**tate **D**rive)

- ▶ Dispositivo de almacenamiento de bloques basado en semiconductores que actúa como una unidad de disco
- ▶ Basados en memorias DDR
 - ▶ Requiere baterías y copia de seguridad en disco para conseguir almacenamiento no volátil
- ▶ Basados en memorias Flash
 - ▶ Almacenamiento no volátil



https://wiki.neogeodev.org/index.php?title=Battery-backed_RAM

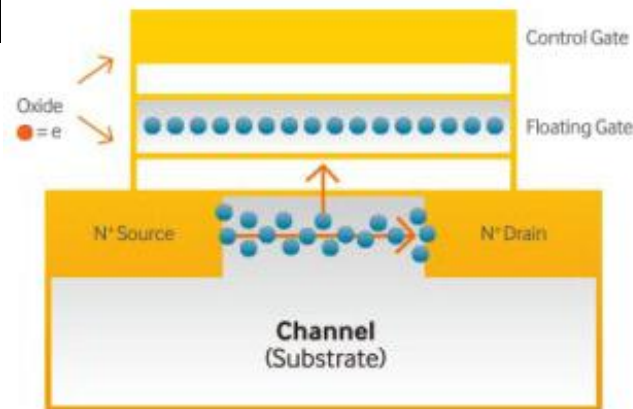
Memorias Flash

- ▶ Memorias no volátiles que se pueden borrar y grabar eléctricamente
- ▶ Tipos:

Flash NOR	Flash NAND
Basadas en puertas NOR	Basadas en puertas NAND
Permite acceder a datos de 1 byte	No puede acceder a bytes individuales
Buenas para accesos aleatorios de alta velocidad	Lee y escribe a alta velocidad en modo secuencial en tamaños de bloques
Menos densas y más caras.	Mayor densidad, más baratas y más duraderas
Operaciones de lectura más rápidas	Operaciones de escritura/borrado más rápidas
Usada en memorias BIOS (función de arranque)	Usada en SSD

Celdas de memoria

- ▶ Cada celda de almacenamiento está compuesta por un transistor MOS de puerta flotante
- ▶ Hay dos puertas aisladas por una capa de óxido
 - ▶ Puerta de control
 - ▶ Puerta flotante

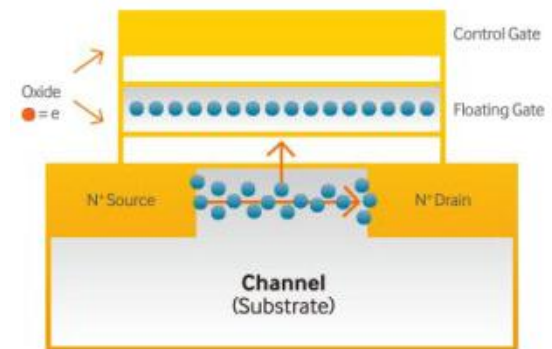
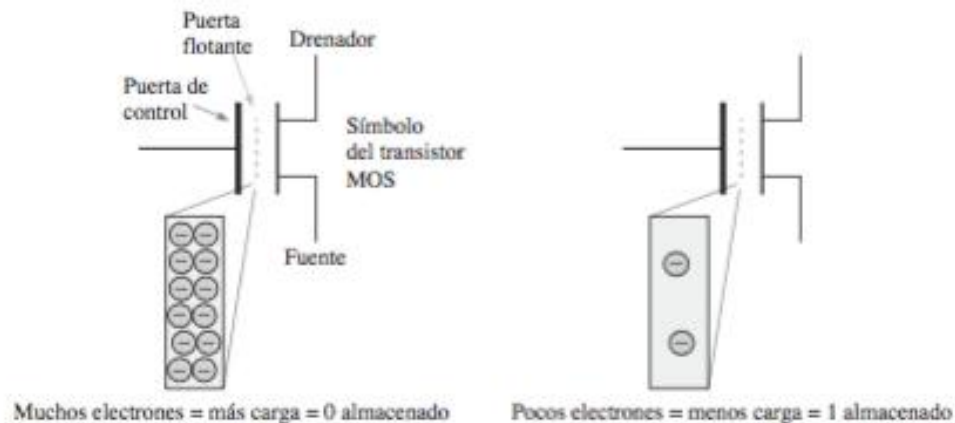


Fundamentos de Sistemas Digitales
Thomas L. Floyd

- ▶ Los electrones fluyen libremente entre ambas puertas
- ▶ La puerta flotante está eléctricamente aislada atrapando los electrones

Celdas de memoria

- El bit de datos se almacena como una carga o ausencia de carga en la puerta flotante, dependiendo de si se desea almacenar un 0 o un 1

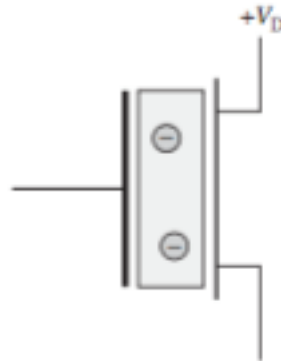
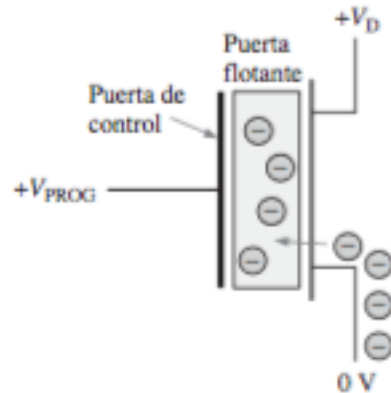


Fundamentos de Sistemas Digitales
Thomas L. Floyd

Operaciones básicas de una celda de memoria Flash

- ▶ Programación
 - ▶ Inicialmente todas las celdas están en el estado 1, porque la carga está eliminada
 - ▶ Solo se escriben los “0”
- ▶ Operación de lectura
- ▶ Operación de borrado

Programación de una celda de memoria Flash

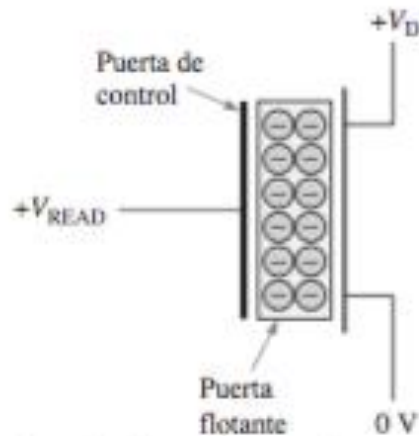


Fundamentos de Sistemas Digitales
Thomas L. Floyd

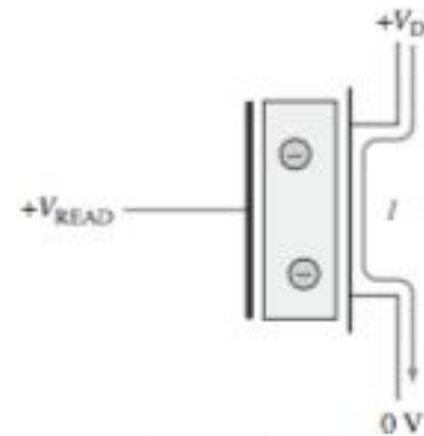
- ▶ Para almacenar un 0, se aplica a la puerta de control una tensión suficientemente positiva con respecto a la fuente, para añadir carga a la puerta flotante durante la programación (atrae los electrones)
- ▶ Solo se escriben “0”: en el proceso de escritura se añaden electrones a aquellas puertas que deban almacenar un 0 y no se añade a las que deben almacenar un 1.
- ▶ Para almacenar un 1, no se añade ninguna carga, dejándose la celda en el estado de borrado

Lectura de una celda de memoria Flash

- Se aplica una tensión positiva a la puerta de control



Cuando se lee un 0, el transistor permanece desactivado, porque la carga de la puerta flotante impide a la tensión de lectura exceder el umbral de activación.

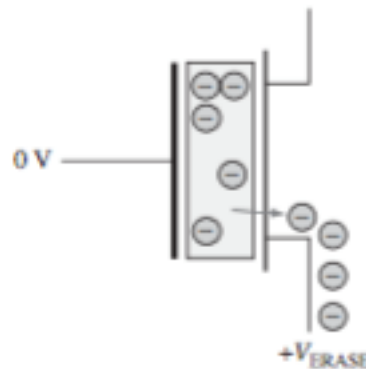


Cuando se lee un 1, el transistor se activa, porque la ausencia de carga en la puerta flotante permite que la tensión de lectura exceda el umbral de activación.

Fundamentos de Sistemas Digitales
Thomas L. Floyd

Borrado

- ▶ Durante el borrado se elimina la carga de todas las celdas de memoria. Se aplica un voltaje en sentido contrario para eliminar los electrones



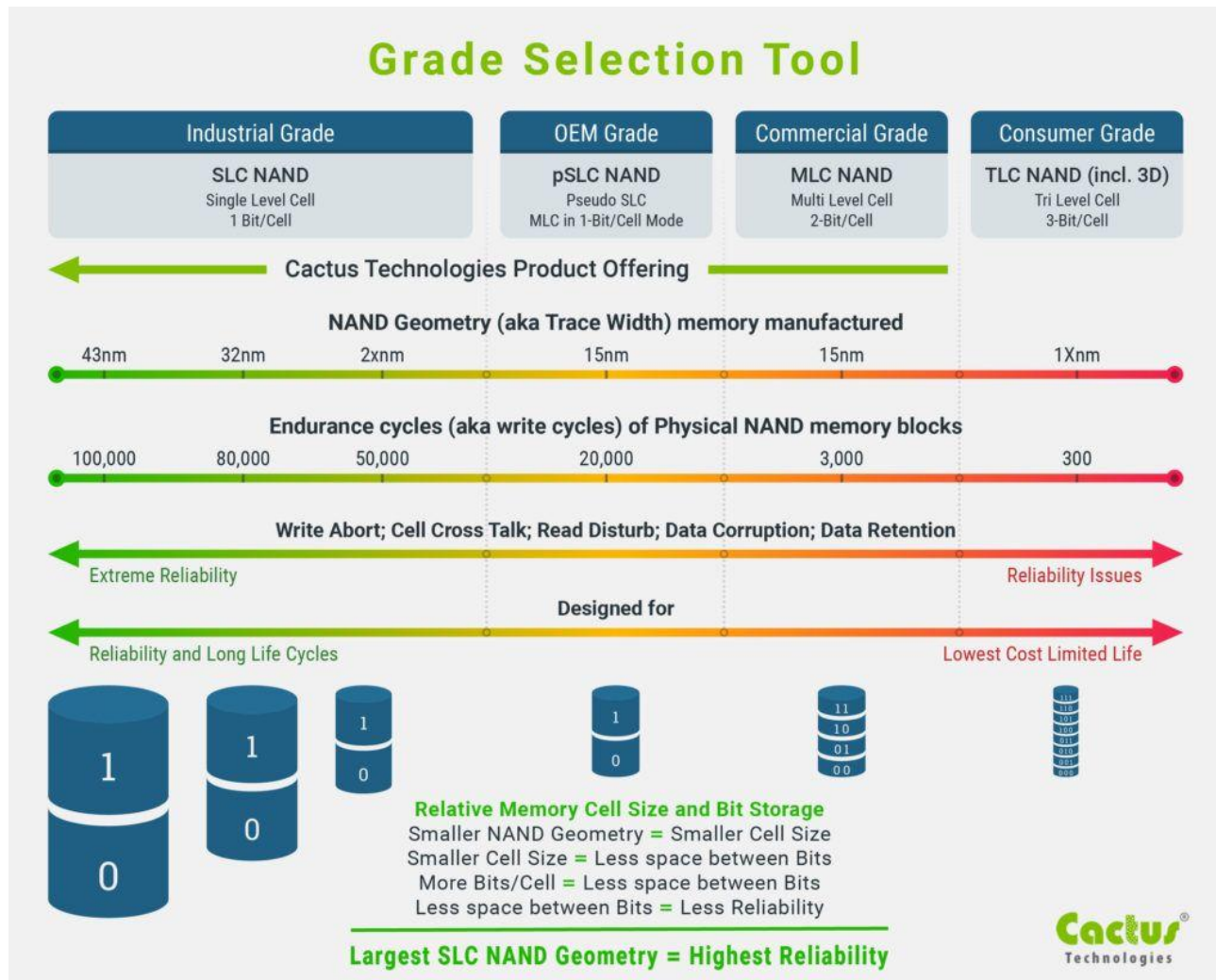
Para borrar una célula, se aplica a la fuente una tensión suficientemente positiva con respecto a la puerta de control, con el fin de extraer la carga de la puerta flotante durante la operación de borrado.

Fundamentos de Sistemas Digitales
Thomas L. Floyd

Tipos de memorias Flash NAND

- ▶ Flash de celdas de un nivel (SLC)
 - ▶ Almacenan 1 bit por celda
 - ▶ 50000 - 100000 escrituras por celda
 - ▶ Usado fundamentalmente en aplicaciones militares e industriales
- ▶ Flash de celdas de múltiples niveles (MLC)
 - ▶ Almacenan dos bits por celda, en función del número de electrones almacenados en la celda
 - ▶ < 10000 escrituras por celda
 - ▶ Usado en electrónica de consumo
 - ▶ Ofrecen más capacidad pero menos duración (se desgastan más)
 - ▶ Menor coste
 - ▶ Mitad de prestaciones que las SLC

Tipos de memorias Flash NAND



<https://www.cactus-tech.com/resources/blog/details/slc-pslc-mlc-and-tlc-differences-does-your-flash-storage-ssd-make-the-grade/>

Nivelación del desgaste (*wear leveling*)

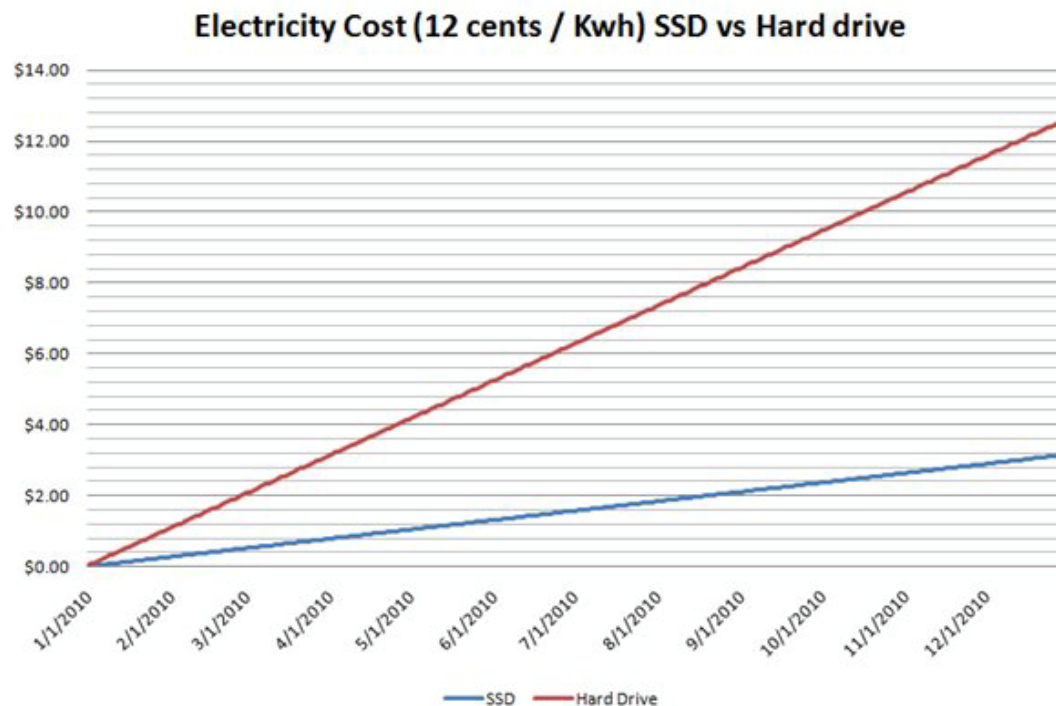
- ▶ Una memoria flash NAND solo puede escribir un determinado número de veces en cada bloque (o celda)
- ▶ Cuando se supera el límite, la celda se desgasta (su capa de óxido) y ya no almacena correctamente los electrones
- ▶ Nivelación del desgaste: proceso que usa el controlador de una unidad SSD para maximizar la duración de la memoria Flash
- ▶ Esta técnica nivela el desgaste en todos los bloques distribuyendo la escritura de datos por todos los bloques
 - ▶ Cuando se va a modificar un bloque se escribe en uno nuevo

Estructura de una Flash NAND

- ▶ Las flash NAND se dividen en bloques de 128 KB que se subdividen en páginas de 2KB
- ▶ El borrado se hace de un bloque completo
- ▶ La programación y lectura de una página

Comparativa SSD vs HDD

	SDD	HDD
Tiempo de acceso	0.1 ms	5-8 ms
Operaciones de E/S por segundo	6000 io/s	400 io/s
Consumo	2-5 vatios	6-15 vatios



Grupo ARCOS

uc3m | Universidad **Carlos III** de Madrid

Tema 6: E/S y dispositivos periféricos

Estructura de Computadores

Grado en Ingeniería Informática
Grado en Matemática aplicada y Computación
Doble Grado en Ingeniería Informática y Administración de Empresas

