
Dispositivos de Almacenamiento

Jorge Juan Chico <jjchico@dte.us.es>, Julián Viejo Cortés <julian@dte.us.es>. 2012, 2014, 2019
Departamento de Tecnología Electrónica – Universidad de Sevilla

Usted es libre de copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra y de hacer obras derivadas siempre que se cite la fuente y se respeten las condiciones de la licencia Attribution-Share alike de Creative Commons.

Puede consultar el texto completo de la licencia en <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>

Objetivos

- Conocer dónde se almacena la información en un ordenador.
- Comprender la necesidad de tener distintos tipos de dispositivos de almacenamiento.
- Comprender la operación de los distintos tipos de dispositivos de almacenamiento.
- Hacer cálculos básicos sobre el rendimiento de dispositivos de almacenamiento.

Contenidos

- Jerarquía
- Memoria interna
- Memoria externa
- Discos magnéticos
- Otros dispositivos
- Sistemas de archivos

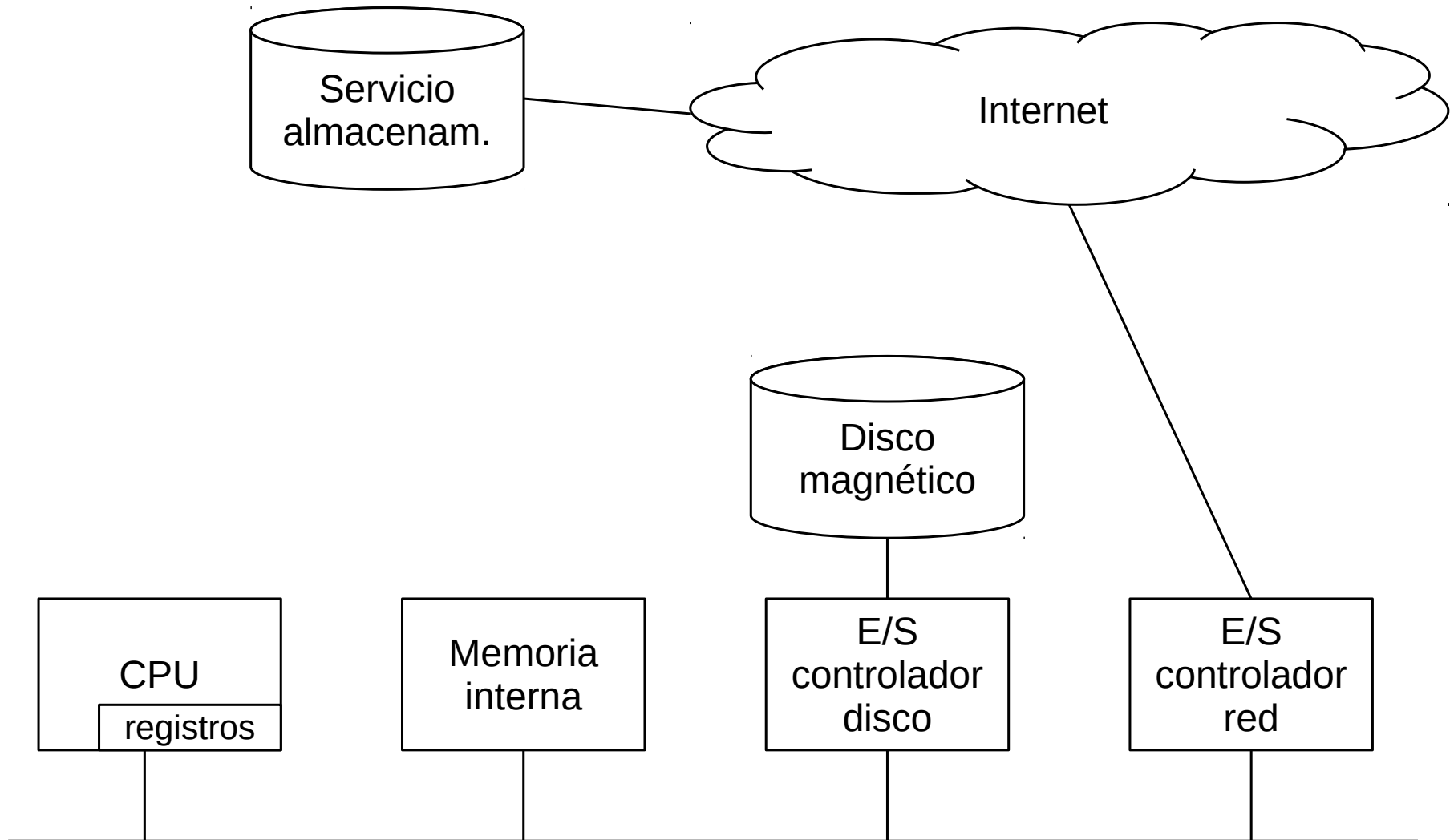
Clasificación de la memoria

- Conservación de la información
 - No volátil: conserva la información sin suministro de energía.
 - Volátil: la información se borra al interrumpirse el suministro de energía.
- Tipo de acceso
 - Aleatorio: se puede acceder a cualquier dato almacenado con la misma eficacia.
 - Secuencial: hay que recorrer el medio para acceder a un determinado dato.
- Tecnología de fabricación y operación
 - Semiconductores/estado sólido: circuitos electrónicos.
 - Magnética: magnetización de materiales ferromagnéticos y detección del campo.
 - Óptica: reflexión o alteración de haces de luz (laser).
 - Otros.

Almacenamiento. Ubicación

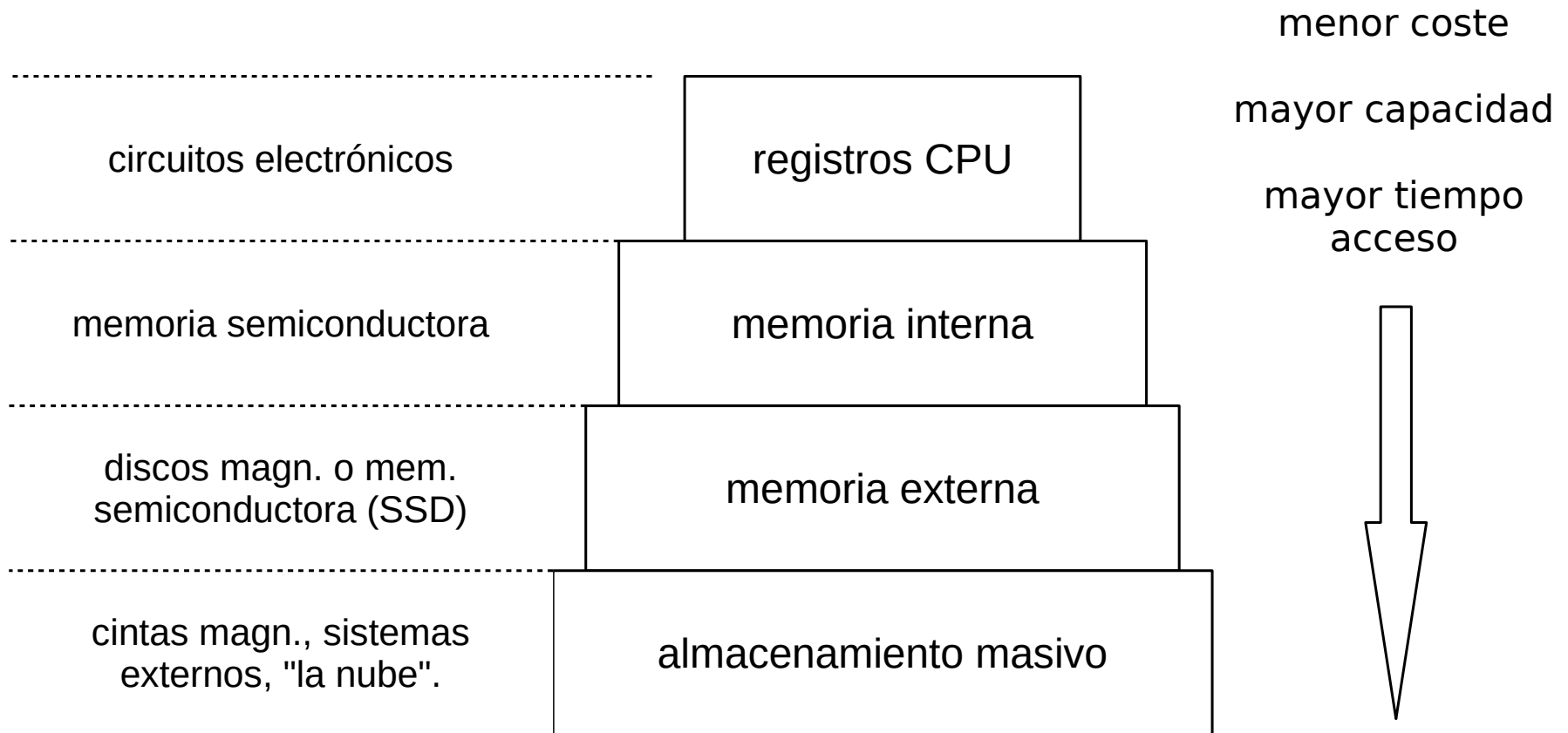
- Registros de la CPU
 - usados como argumentos en las operaciones lógicas, aritméticas, etc.
 - almacenamiento más próximo a la CPU y de acceso más rápido.
- Memoria Interna (o Memoria Principal)
 - accesible directamente por la CPU (instrucciones de acceso a memoria)
 - acceso rápido
 - medio semiconductor (circuito electrónico)
- Memoria externa (o Memoria Secundaria)
 - acceso indirecto: primero hay que transferir los datos a la memoria principal
 - accesible mediante dispositivos de entrada/salida
 - diferentes medios: discos magnéticos, medios ópticos, memoria semiconductor no volátil, etc.

Almacenamiento. Ubicación

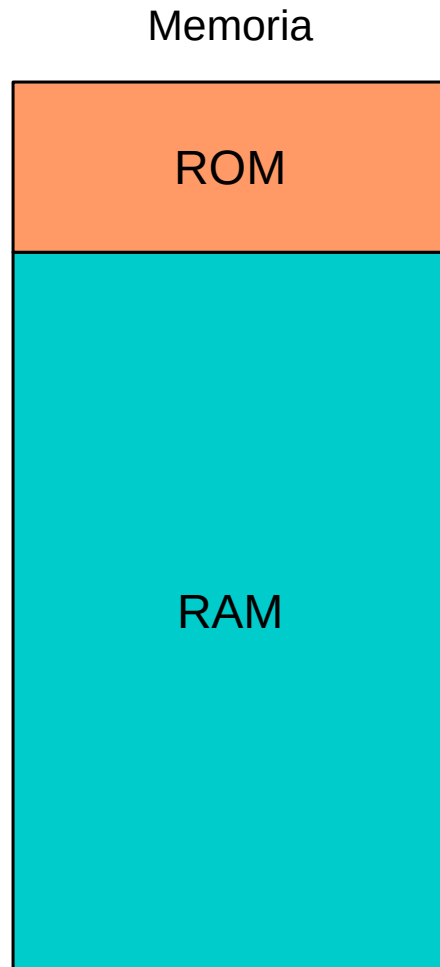


Almacenamiento. Jerarquía

- No hay un solo tipo de memoria que cumpla todos los requisitos: combinación de diversas tecnologías.



Memoria interna



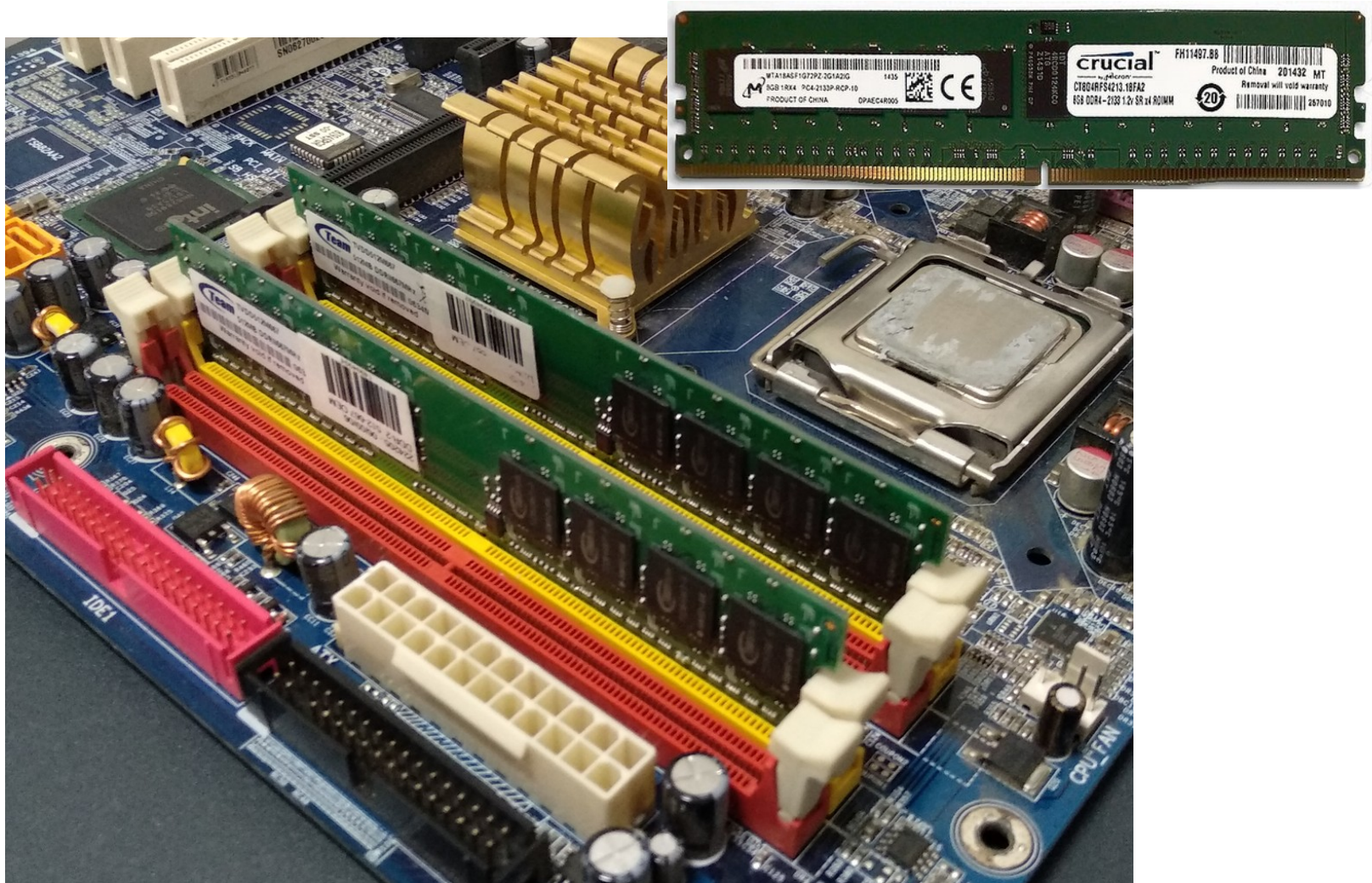
- ROM (Read-Only Memory)
 - sólo lectura o lectura preferente
 - no volátil
 - programas y datos de inicio (BIOS)
- RAM (Random-Access Memory)
 - lectura/escritura
 - volátil
 - programas y datos generales

Tipos de ROM

(memoria semiconductor no volátil)

- ROM: Read-Only Memory
 - El contenido de la memoria se decide al fabricar la memoria.
 - Una vez fabricada, la memoria sólo puede “leerse” y es no volátil.
- PROM: Programmable ROM
 - Programable una vez tras la fabricación mediante fusibles o anti-fusibles.
 - Hay que sustituir el componente para cambiar la programación.
- EPROM: Erasable and Programmable ROM
 - Borrable mediante luz ultravioleta.
 - Programable eléctricamente.
 - Hay que desmontar el componente para volverlo a programar.
- EEPROM: Electrically Erasable and Programmable ROM
 - Borrable y programable eléctricamente.
 - Se puede re-programar in-situ sin desmontar el componente.
 - Ejemplo: memoria Flash

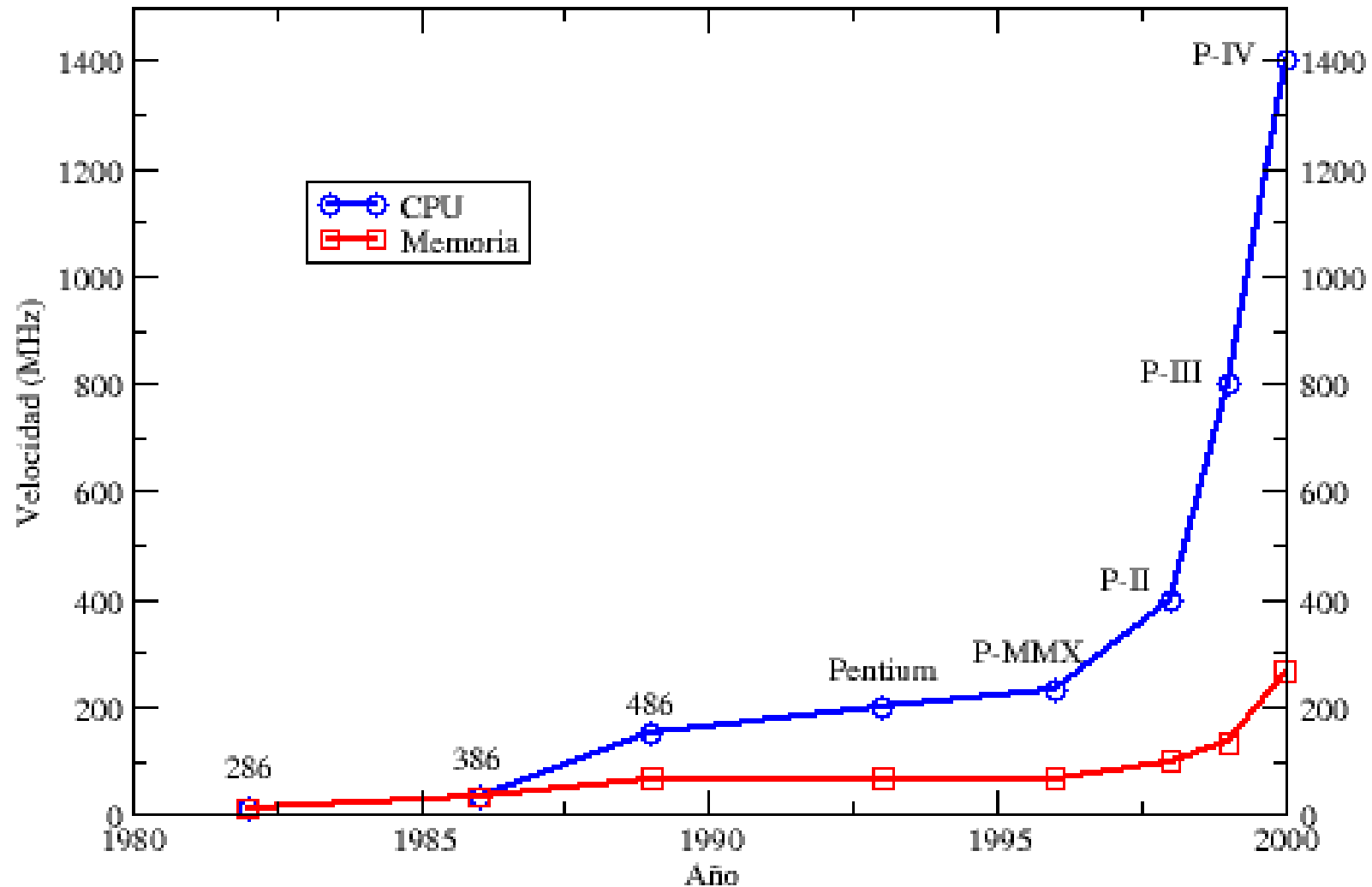
Memoria interna. RAM



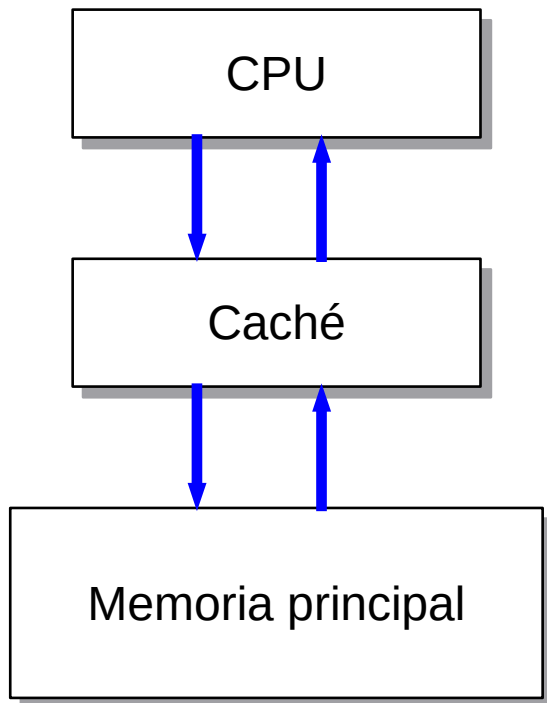
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Two_8_GB_DDR4-2133_ECC_1.2_V_RDIMMs_\(straightened\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Two_8_GB_DDR4-2133_ECC_1.2_V_RDIMMs_(straightened).jpg)

Memoria interna

Evolución de la velocidad



Memoria caché



- Memoria de alta velocidad situada entre la CPU y la memoria principal
- Guarda los datos más recientes y que serán accedidos por la CPU con mayor probabilidad.
- Se base en el "principio de localidad": los datos/instrucciones accedidos recientemente tienen mayor probabilidad de ser accedidos en el futuro.
- Permite que la CPU opera a su velocidad máxima.
- Puede haber varios niveles de caché: L1, L2, L3, ...

Memoria externa

- Proporcional almacenamiento no volátil de gran capacidad
- Tiempos de acceso mucho mayores que a la memoria interna
- Varios tipos de medios y tecnología:
 - Medios magnéticos
 - Alteración del campo magnético en una superficie ferromagnética.
 - Medios ópticos
 - Cambios de reflectividad en una superficie reflectante. Detección mediante láser.
 - Semiconductores
 - Uso de memorias semiconductoras no volátiles (Flash).

Memoria externa. Ejemplos

- Discos magnéticos
 - Gran capacidad, alta velocidad, acceso casi-aleatorio, muy fiable.
 - Históricamente, principal sistema de memoria secundaria.
- Almacenamiento de estados sólido (SSD)
 - Basados en memorias no volátiles (Flash).
 - Están sustituyendo a los discos magnéticos como memoria secundaria.
- Cintas magnéticas
 - Sistema tradicional de copias de seguridad a bajo coste.
- Discos ópticos: CD/DVD/Bluray
 - Capacidad moderada, velocidad media, acceso casi-aleatorio.
 - Distribución de programas y datos a bajo coste.

Discos magnéticos

- [Hard disk drive](#) (Wikipedia)
- Vídeos
 - [Hard drive Teardown](#)
 - [Cómo funciona un Disco Duro](#)
 - [How a Hard Disk Drive Works](#)



Discos magnéticos

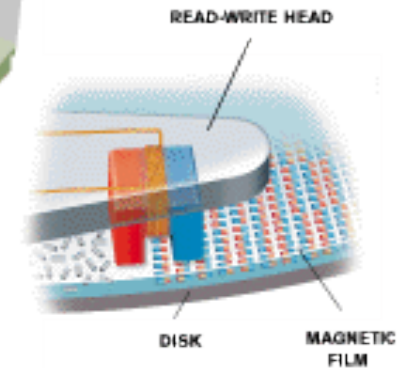
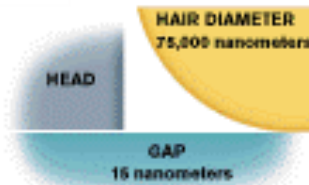
FILES are stored as magnetically encoded areas on platters. A single file may be scattered among several areas on different platters.

MAGNETICALLY COATED PLATTERS made of metal or glass spin at several thousand revolutions per minute, driven by an electric motor. The capacity of the drive depends on the number of platters (which may be as many as eight) and the type of magnetic coating.

HEAD ACTUATOR pushes and pulls the read-write head arms across the platters. It precisely aligns the heads with the concentric circles of tracks on the surface of the platters.

PROTECTIVE HOUSING

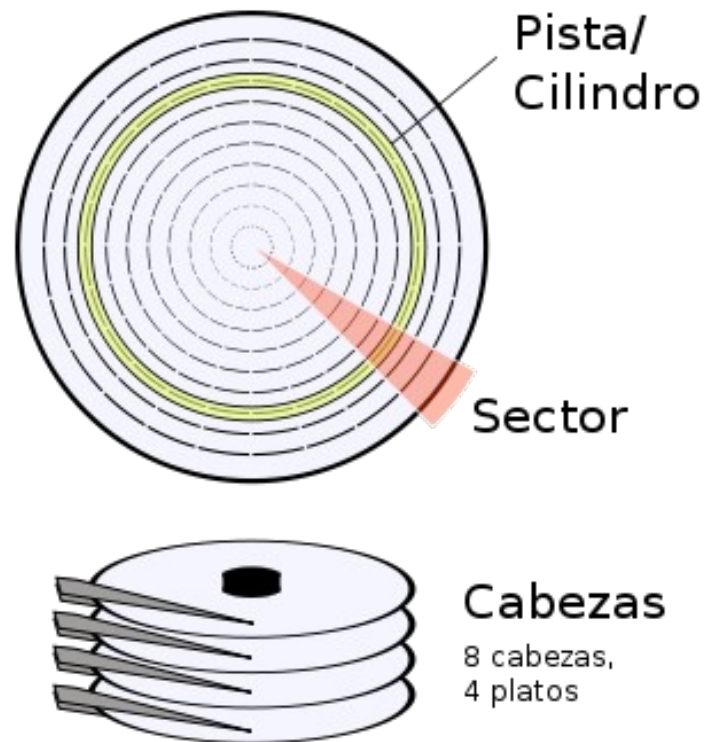
GAP between a read-write head and the platter surface is 5,000 times smaller than the diameter of a human hair.



READ-WRITE HEADS, attached to the ends of moving arms, slide across both the top and bottom surfaces of the spinning platters. The heads write the data to the platters by aligning the magnetic fields of particles on the platters' surfaces; they read data by detecting the polarities of particles that have already been aligned.

PRINTED CIRCUIT BOARD receives commands from the drive's controller. The controller is managed by the operating system and the basic input-output system, low-level software that links the operating system to the hardware. The circuit board translates the commands into voltage fluctuations, which force the head actuator to move the read-write heads across the surfaces of the platters. The board also controls the spindle that turns the platters at a constant speed and tells the drive heads when to read from and when to write to the disk.

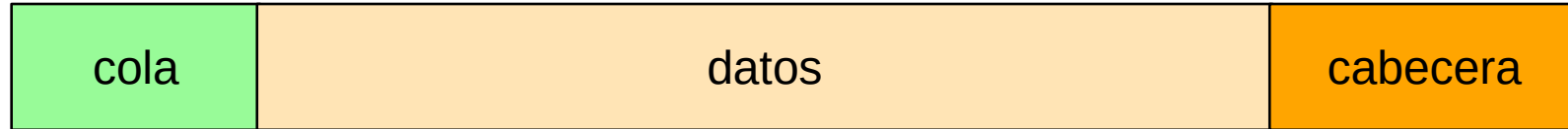
Discos magnéticos



- Cada sector se localiza con 3 parámetros:
 - Cilindro (C): proporciona la posición radial de las cabezas. El conjunto de cabezas se desplaza el cilindro seleccionado.
 - Cabeza (H - Head): activa una cabeza de lectura/escritura. Selecciona una cara concreta.
 - Sector (S): selecciona un sector dentro de una pista. El sector se lee al pasar por debajo de la cabeza de lectura/escritura.
- Direccionamiento LBA
 - Cada sector tiene un número único
 - La electrónica en el disco traduce la dirección LBA a CHS

http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:Cilindro_Cabeza_Sector.svg

Discos magnéticos. Sector



- Cabecera:
 - contiene información de localización y estado del sector
- Datos:
 - bloque de datos almacenados
- Cola:
 - código de detección y corrección de errores (CRC)
- Archivos
 - los archivos empleados por el Sistema Operativo se construyen a base de listas de sectores distribuidos por el disco de forma más o menos ordenada.

Discos magnéticos. Propiedades

- Tiempo medio de acceso
 - tiempo medio que se tarda en mover las cabezas y rotar el disco hasta comenzar a leer un sector
 - ~ 10ms
- Velocidad de transferencia máxima (burst rate)
 - velocidad de lectura de datos cuando se lee un sector
 - depende de la velocidad de rotación, el número de sectores en una pista y el tamaño del sector
- Velocidad de transferencia media
 - velocidad de lectura de datos media considerando tiempos empleados en cambiar de un sector a otro
 - disminuye cuando aumenta la “fragmentación”
 - ~ 20-200 MB/s

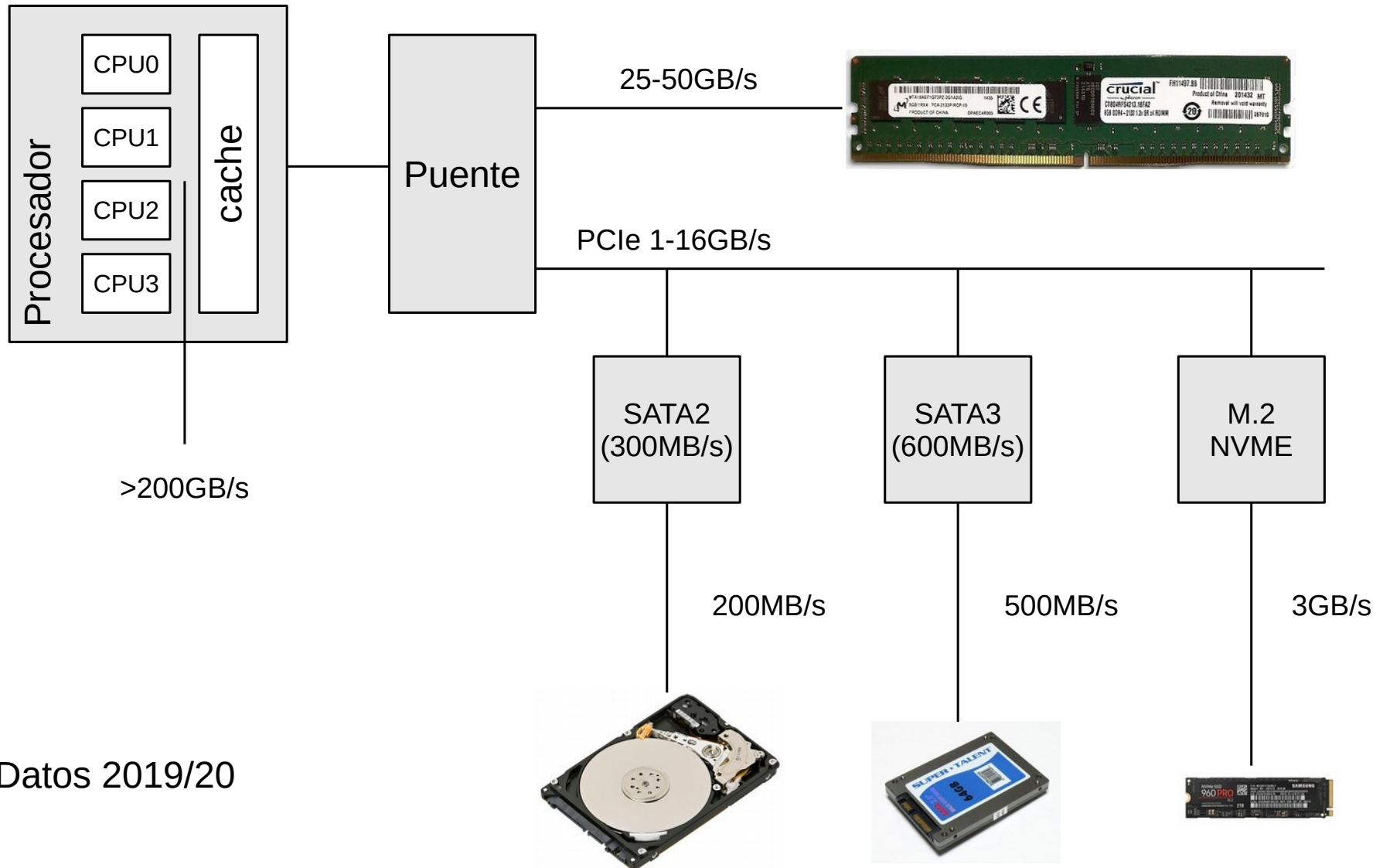
Almacenamiento de estado sólido (SSD)

- Memoria semiconductora no volátil (Flash)
 - muy alta velocidad de acceso
 - capacidad media, pero en aumento
 - alto coste, pero en descenso
 - almacenamiento temporal portátil (pen-drive)
 - memoria secundaria en dispositivos portátiles (teléfonos, etc.)
 - sustituyendo rápidamente a los discos magnéticos



https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Super_Talent_2.5in_SATA_SSD_SAM64GM25S.jpg
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ssd_960.jpg

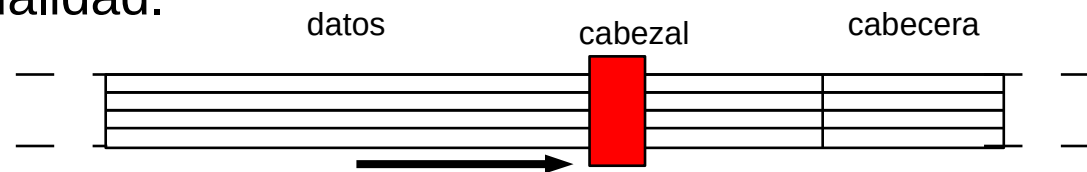
Almacenamiento. Tasa de datos



Datos 2019/20

Cintas magnéticas

- Gran capacidad, acceso secuencial, bajo coste.
- Sistema tradicional de copias de seguridad locales.
- Uso residual en la actualidad.

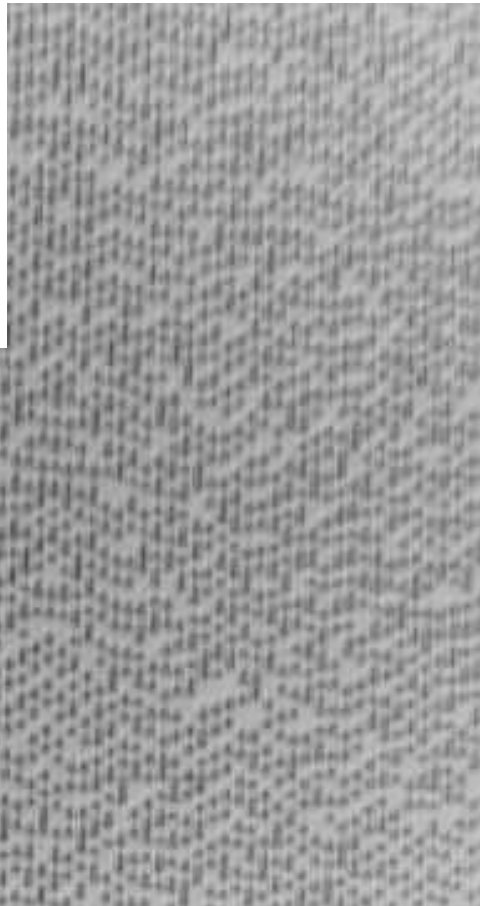


https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Control_Data_160-A.jpg
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Dds_tape_drive_01.jpg

Discos ópticos

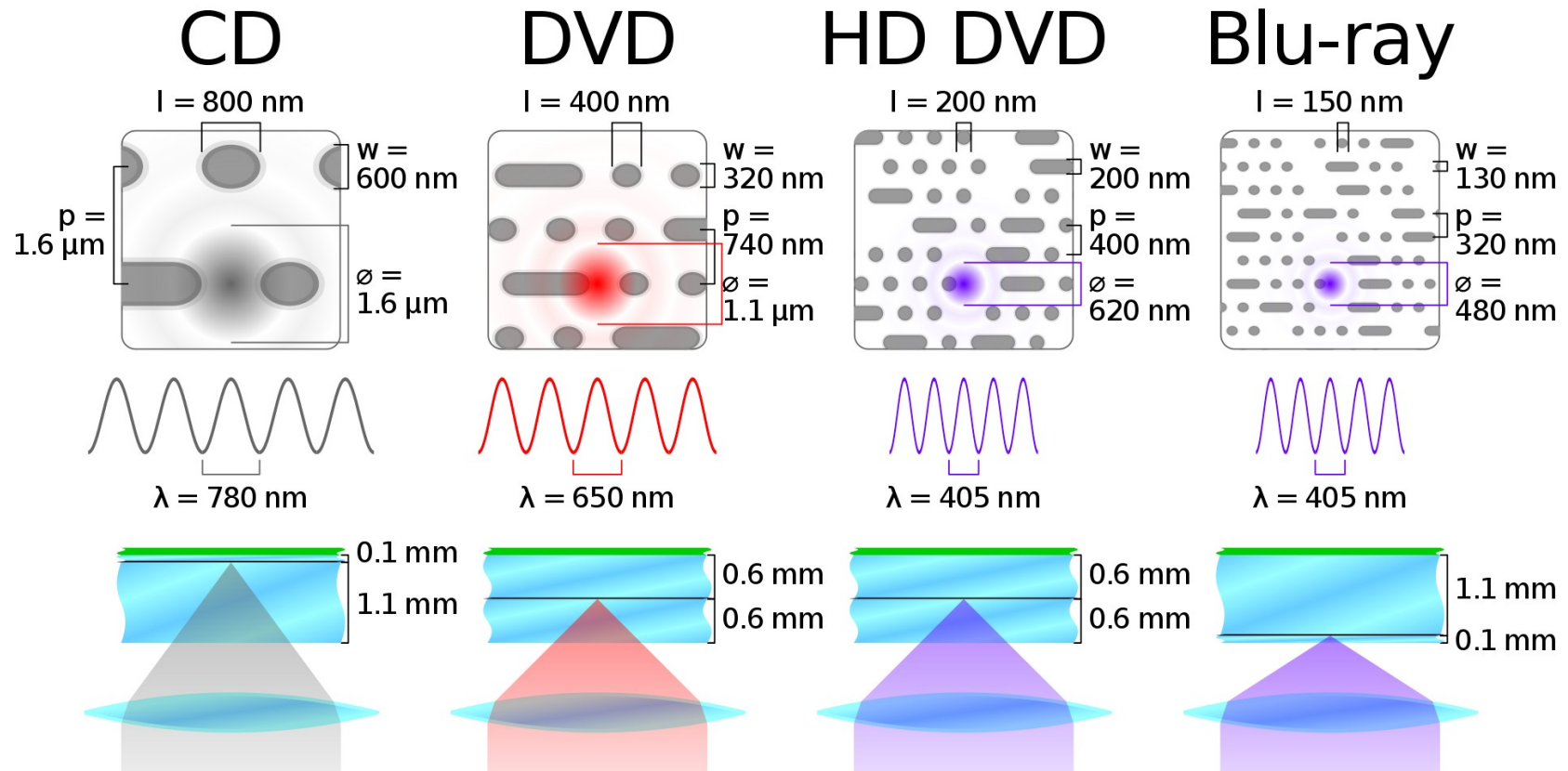
- Basados en la alteración de la reflexión de las superficies
- Características generales
 - Capacidad moderada, velocidad media, acceso casi-aleatorio.
 - Bajo coste de fabricación:
 - Distribución de programas, documentación, copias temporales, etc.
 - Poco fiable para copias de seguridad.
 - Importante papel en el mundo de los Videojuegos
 - En decadencia en la actualidad.
- Evolución:
 - Compact Disk (CD)
 - Distribución de música digital (primer formato de uso masivo)
 - Distribución de datos y almacenamiento externo.
 - Digital Versatile Disk (DVD)
 - Distribución de vídeo digital (primer formato de uso masivo)
 - Diseñado junto con varios formatos de audio/vídeo digital
 - ~~HD-DVD~~/Bluray/Ultra HD Bluray
 - Distribución de vídeo en alta definición.
 - Diseñados junto con varios formatos de audio/vídeo digital

CD-ROM/R/RW



- Una única pista en espiral (5km)
- 20000 pistas aparentes
- Disco original audio:
 - 1.2 m/s
 - 73 min
 - 774.57 MB
 - 176.4 B/s
 - (650MB efect.)
- CD-R
 - Versión grabable
- CD-RW
 - Versión re-grabable

Comparación CD-DVD-HD DVD-Bluray



Comparación CD-DVD-HD DVD-Bluray

Formato	Capas	Capacidad	Audio	Vídeo	Veloc.
CD	1	650-700MiB	74-80m	~80m (VCD)	0,15-10,5MiB/s
DVD	1	4,7GB	65-500m	>57m (SD)	1,4-30MB/s
DVD DL	2	8,5GB	-	>114m (SD)	1,4-30MB/s
HD DVD	1	15GB	-	>55m (HD)	9-18MB/s
HD DVD DL	2	30GB	-	>110m (HD)	9-18MB/s
Bluray	1	25GB	-	>62m (HD)	4,5-72MB/s
Bluray DL	2	50GB	-	>124m (HD)	4,5-72MB/s
Ultra HD Bluray		50-100GB	-	>81-104m (UHD)	?

VCD: calidad similar a VHS/BETA (240 líneas)

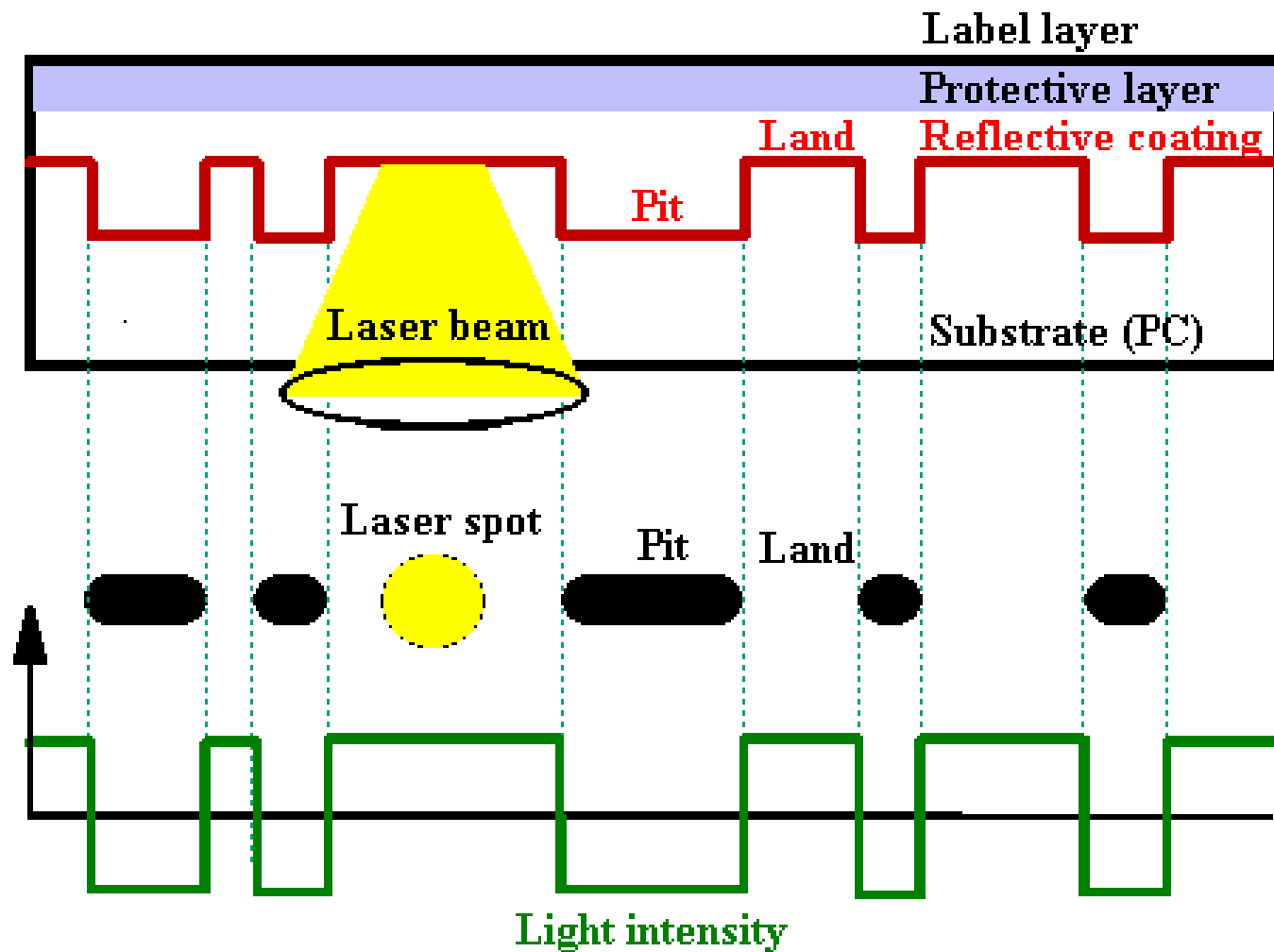
SD: Definición estándar. TV tradicional (576/480 líneas)

HD: Alta definición (720-1080 líneas)

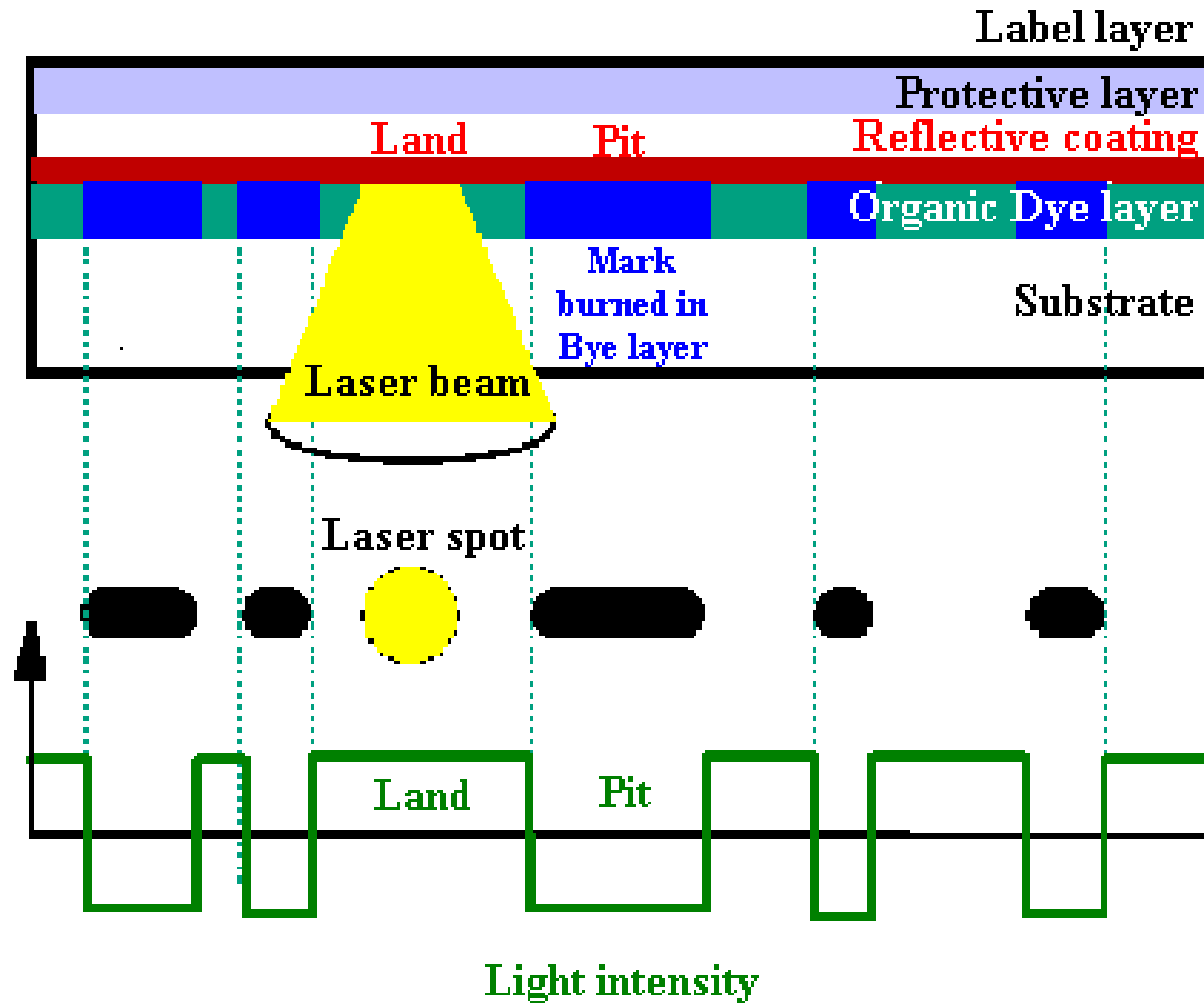
UHD: Ultra alta definición 4k (2160 líneas)

>: Duración mínima a la máxima calidad.

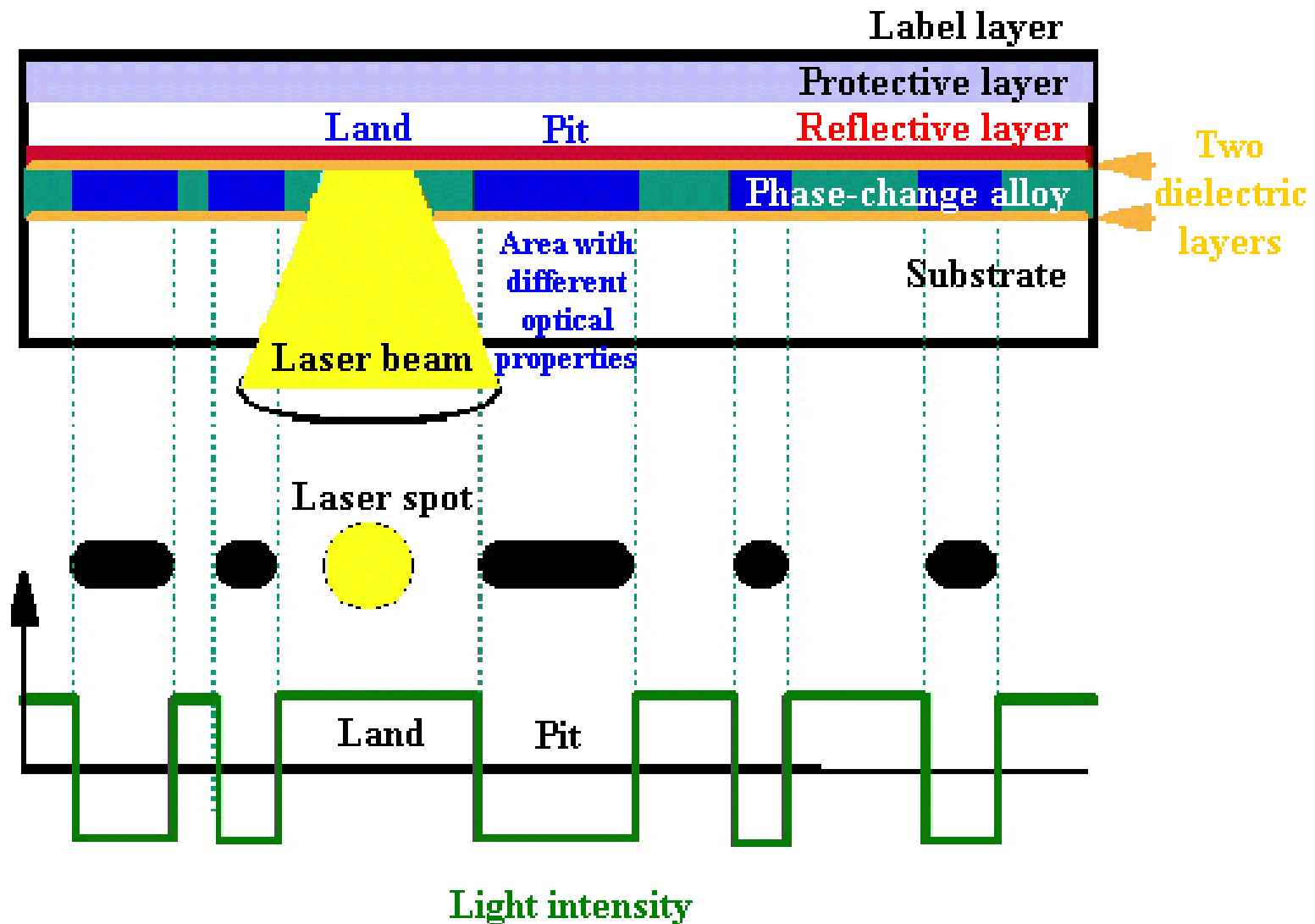
CD/DVD-ROM



CD/DVD-R



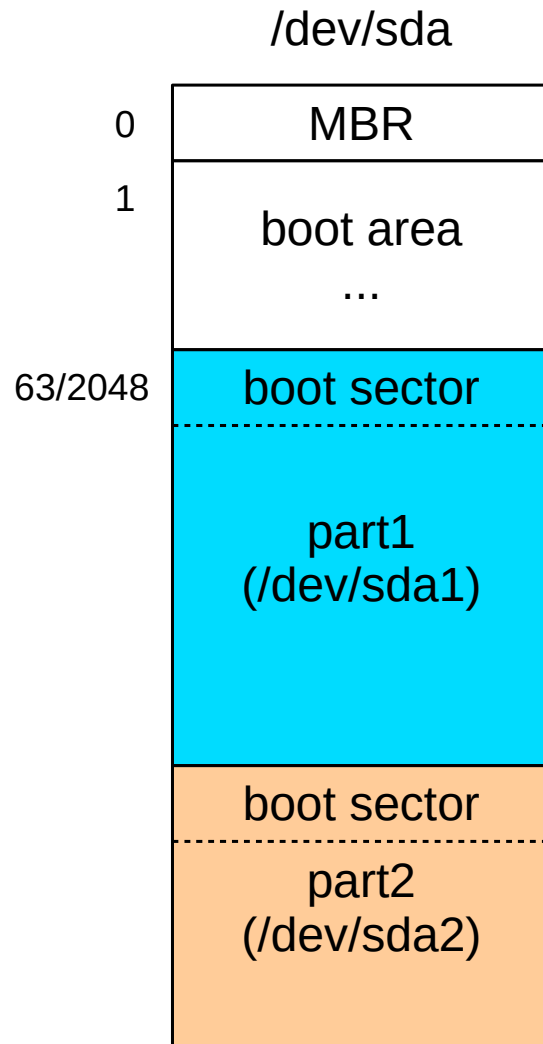
CD/DVD-RW



Dispositivos de bloques

- La mayoría de dispositivos de almacenamiento se comportan como listas de bloques de datos numerados (dispositivos de bloques).
- Tamaño de bloque:
 - Tamaño físico: 512/4096B
 - Tamaño lógico: 512B en la mayoría de los casos (compatibilidad).
- Los dispositivos pueden particionarse, definiendo zonas contiguas del disco como dispositivos de bloques independientes.
- Hay varios esquemas de particionado:
 - MBR: sistema tradicional en la familia IBM-PC (limitaciones)
 - GPT: nuevo sistema para dispositivos modernos (gran tamaño)

Esquema de particionado MBR

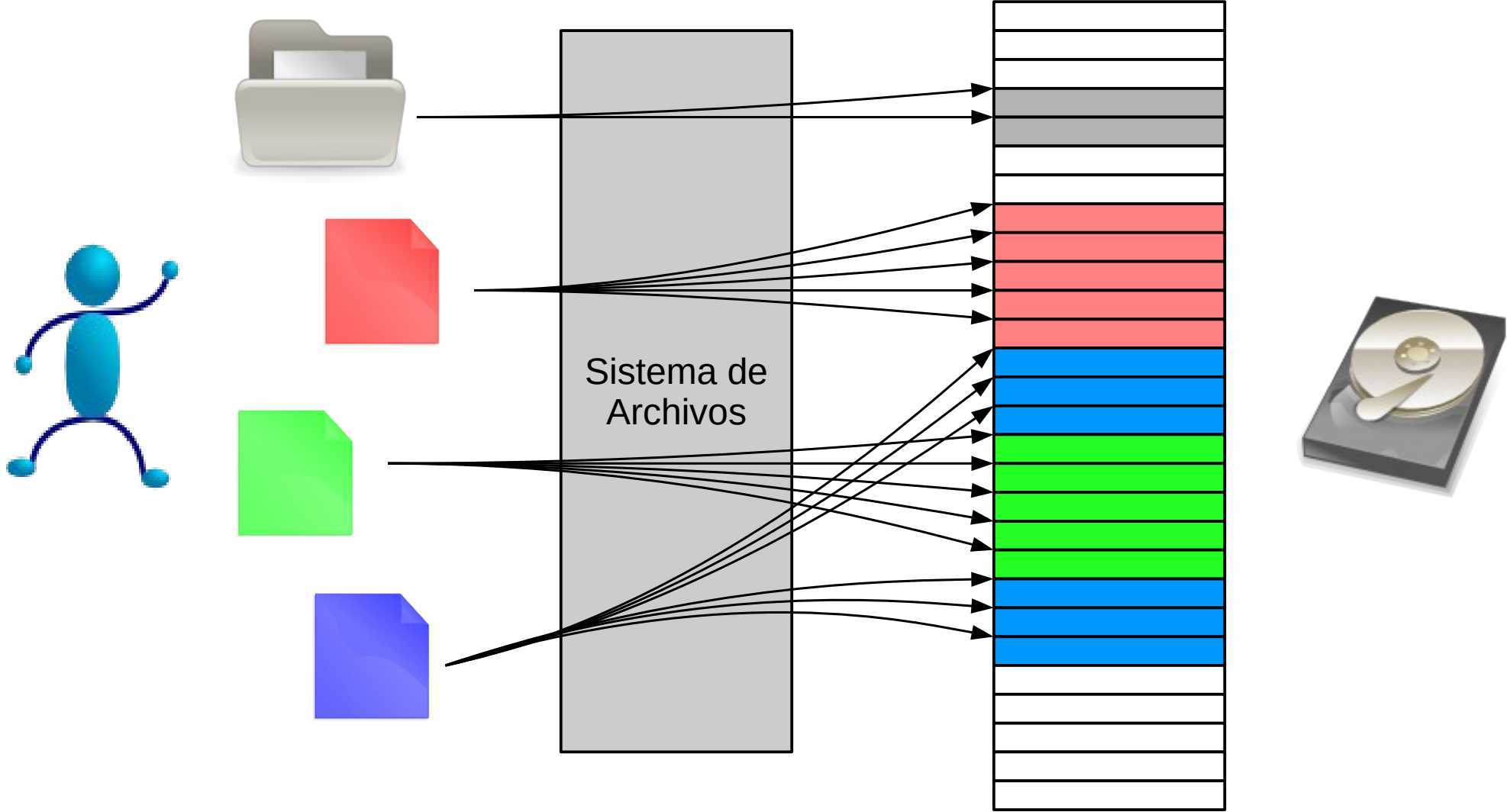


- Master Boot Record (MBR). Sector 0
 - Código cargador del sistema (etapa 1)
 - Tabla de particiones
 - 4 particiones primarias
 - más particiones dentro de particiones extendidas
- Boot area
 - Código cargador del sistema (etapa 2)
 - Cargador S.O.
 - Tamaño variable
- Cada partición tiene un sector de arranque propio
- Tabla de particiones
 - Nº de bloque “lógico” de inicio y fin de cada partición.
 - Es importante que cada partición comience en un bloque “físico” del dispositivo.

Sistemas de archivos

- **Sistema de archivos (SA):** organización de la información en un dispositivo de bloques que permite acceder a la misma a modo de archivos y carpetas.
 - Principalmente, el SA mantiene y actualiza las listas de bloques donde se encuentra la información de cada archivo.
- **Formato lógico** (creación del sistema de archivos): proceso que prepara un dispositivo de bloques para ser empleado como un sistema de archivos.
 - Parte de los bloques se emplean para almacenar información del S.A.: nombres de archivos, bloques que pertenecen a un archivo, etc.
 - Capacidad datos de usuario < capacidad nominal del dispositivo
- El tamaño de bloque empleado por el sistema de archivos no tiene por qué ser igual al tamaño de bloque lógico o físico del dispositivo
 - Importante que los bloques del SA estén alineados con los bloques físicos del dispositivo.

Sistemas de archivos



Tipos de sistemas de archivos

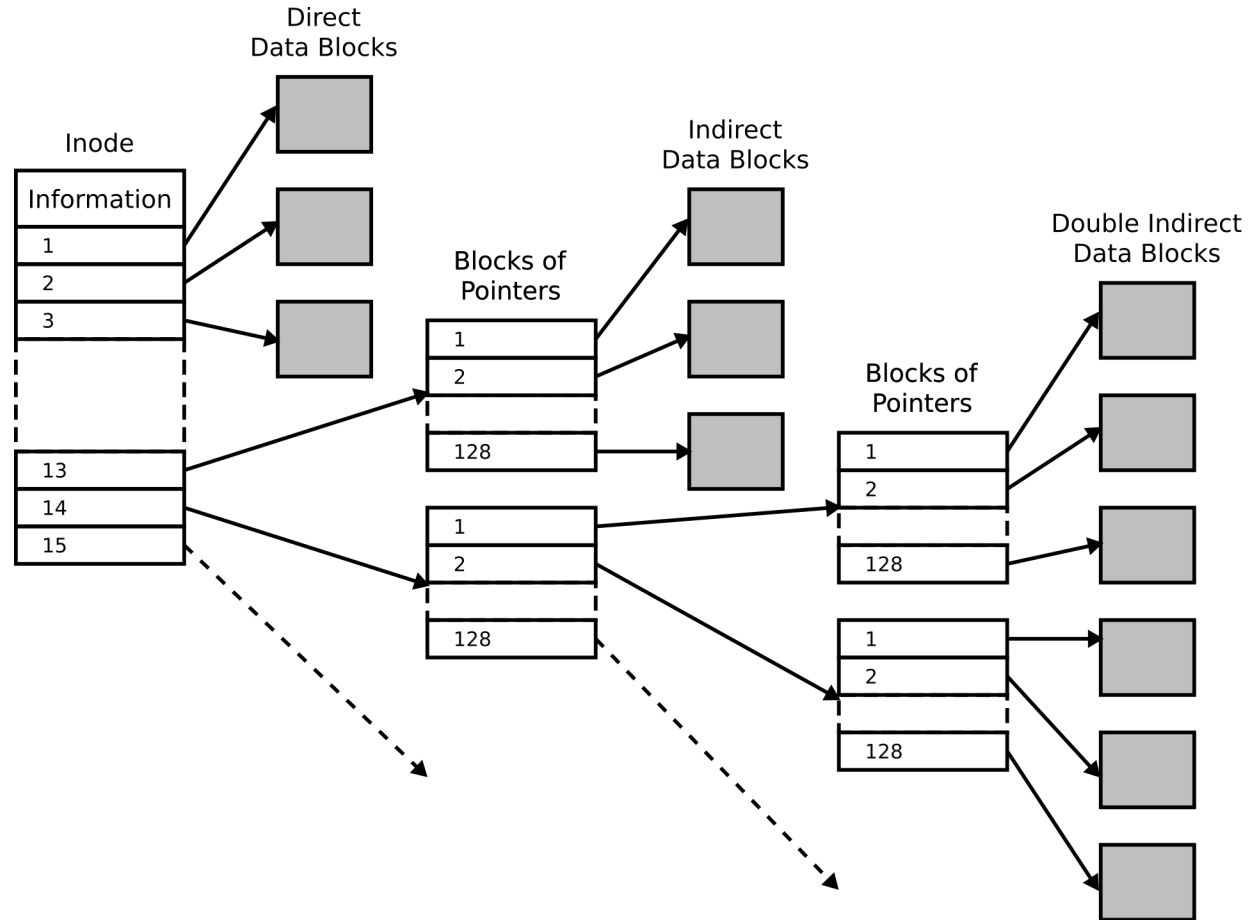
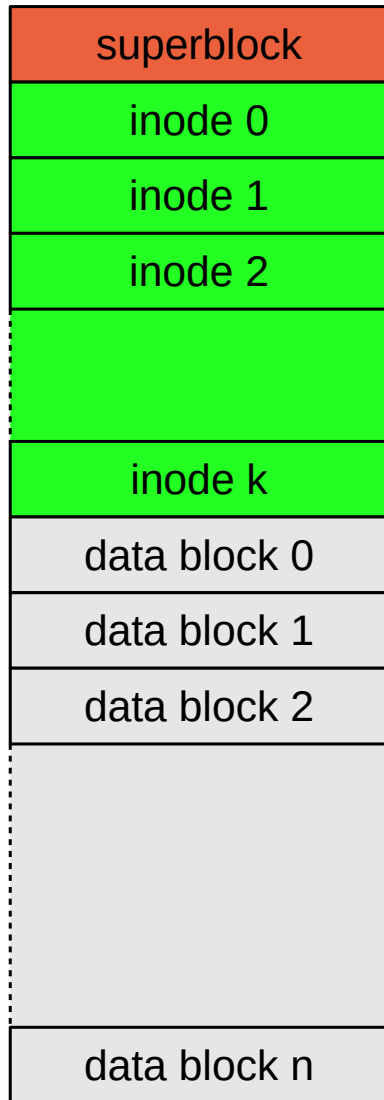
- Mundo UNIX/Linux
 - UFS: sistema de archivos original de los sistemas UNIX. Basado en “inodos”.
 - ext2/ext3/ext4: sistema de archivos principal usado en GNU/Linux.
 - Otros: reiserfs, xfs, jfs, btrfs, etc.
- Mundo MS-Windows™
 - FAT12, FAT16, FAT32 (vfat): Sistema de archivos poco eficiente pero simple empleado por Microsoft, comenzando con MS-DOS. Basado en tablas de localización de archivos (FAT).
 - NTFS: Sistema de archivos avanzado de Microsoft empleado a partir de MS-Windows NT.
- Otros
 - ISO9660/UDF: Sistemas de archivos usados en CD-ROM y DVD

Comparación de sistemas de archivos

Retos de los sistemas de archivos

- Minimizar la información de gestión (estructuras de datos) necesaria
 - Adaptarse a dispositivos de distinta capacidad
- Seguridad de los datos
 - Recuperación ante fallos eléctricos
 - Redundancia de la información importante
- Rendimiento
 - Reducir tiempos de acceso
 - Aumentar velocidad de transferencia
 - Gestión eficiente del espacio (fragmentación interna)
- En discos magnéticos
 - Limitar la “fragmentación”: uso de bloques no contiguos por los archivos.
 - Reducir el tiempo de acceso por movimiento mecánico.
 - Optimizar múltiples operaciones de lectura/escritura
- En dispositivos de estado sólido
 - Prevenir el desgaste prematuro de las memorias
 - Borrado eficiente de bloques no utilizados (“trimming”)

Ejemplo: ext2 (simplificado)



<https://en.wikipedia.org/wiki/Ext2>

Operaciones sobre sistemas de archivos

- Montar/desmontar
 - Montar: operación previa antes de usar el SA. Se carga en memoria la información de gestión del SA.
 - Desmontar: se guardan los cambios pendientes en el medio y se “desconecta” el SA del sistema operativo. Necesario antes de apagar el sistema.
 - Linux: al montar, el SA se asocia a una carpeta del árbol de carpetas
- Formatear/crear el SA
 - Se crean en el medio las estructuras de información de gestión del SA.
- Comprobar
 - Se comprueba la coherencia de los datos en el SA archivos. La comprobación completa requiere que el SA esté desmontado.
- Modificaciones varias (casi siempre con el SA desmontado)
 - Cambiar el tamaño del SA.
 - Mover/copiar el SA a otro medio o a otra posición.
 - Cambiar parámetros del SA
 - Algunos parámetros sólo pueden definirse al crear el SA.

Utilidades para SA (Linux)

- Escritorio
 - Discos: gestionar particiones y crear SA
 - Gparted: particiones, crear SA, operaciones sobre SA
- Comandos
 - fdisk/gdisk: gestionar particiones
 - mount/umount: montar/desmontar
 - df: espacio disponible en los SA montados
 - du: espacio ocupado por archivos y carpetas
 - blkid/lblk: listar dispositivos de bloques
 - mkfs.<tipo>: crear SA
 - fsck.<tipo>: comprobar SA
 - dumpe2fs: obtener información (ext2, ext3, ext4)
 - resize2fs: redimensionar SA (ext2, ext3, ext4)
 - dd: copiar/borrar/etc. dispositivos de bloques completos