



Estructura de Computadores:

Tema 4: ***Periféricos***

Objetivos

- Conocer el **funcionamiento** de los dispositivos periféricos más importantes o habituales de los computadores.
- Conocer y comprender los **parámetros** que los caracterizan.
- Comprender la gran **diversidad** que existe entre ellos y los problemas a los que tendrá que dar respuesta el computador para controlarlos e intercambiar información con ellos.

Bibliografía recomendada

- Stallings, W.: *Organización y arquitectura de computadores*. Prentice Hall. 7ª Edición. 2006.
- Patterson, D. A., Hennesy, J. L.: *Computer Organization and Design*. Morgan-Kaufmann. 4ª edición. 2009.
- de Miguel, P.: *Fundamentos de los computadores*. Paraninfo. 9ª edición. 2004
Capítulos 3 y 4.
- Y un abundante conjunto de información disponible en Internet...

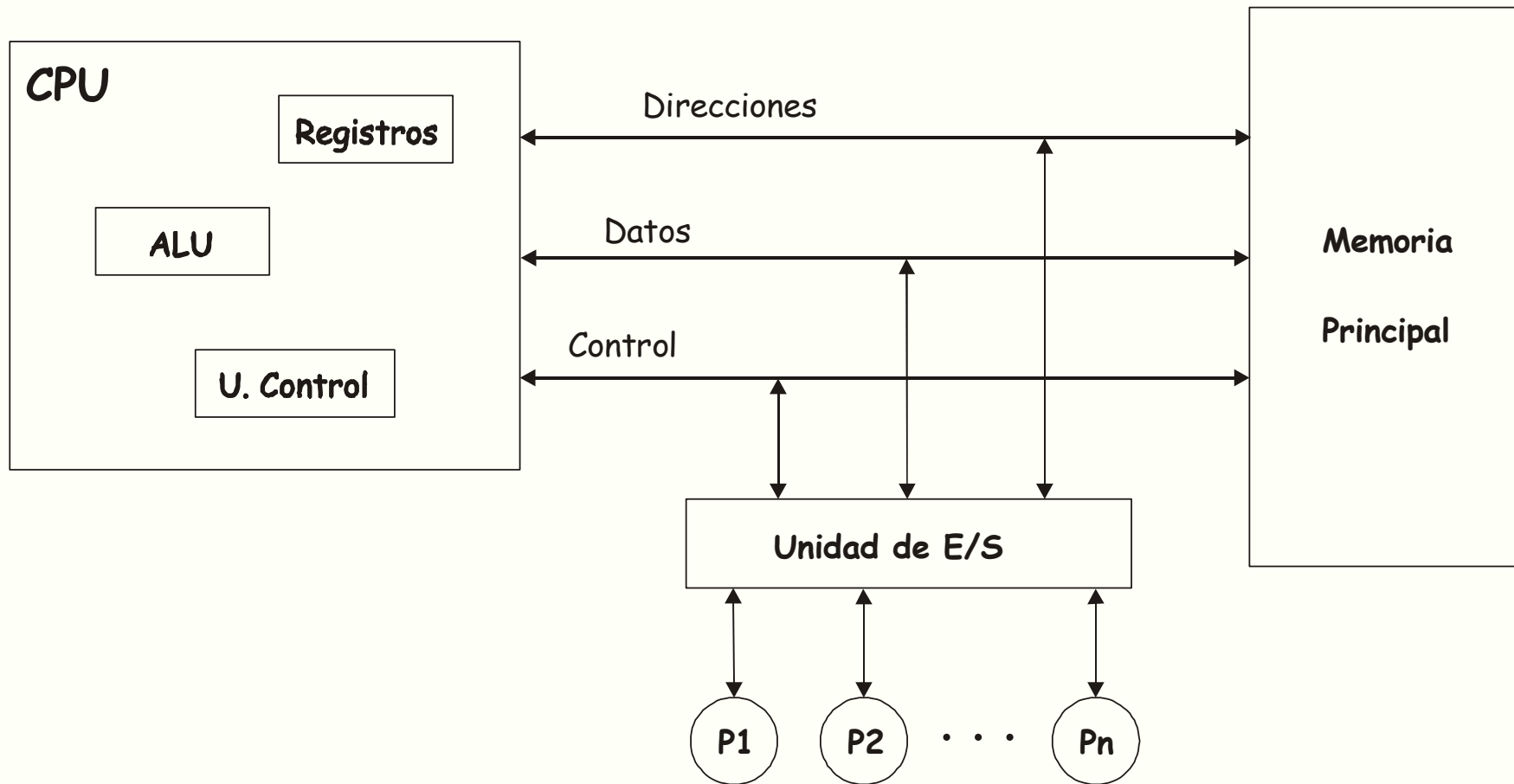
Sitios Web interesantes

- **Storage Review:** www.storagereview.com
- **IBM Storage:** <http://www.ibm.com/systems/storage/>
- **Sony Data storage:**
<http://www.sony.es/pro/products/archiving-storage>
- **HP Data storage:**
<http://www8.hp.com/us/en/products/data-storage/>
- **Pctechguide:** <https://www.pctechguide.com/hard-disks>
- **HDDmag.com:** <http://HDDmag.com/best-hard-drive>
[sept '17]
- **SanDisk: SSD:** <https://www.sandisk.es/home/ssd>

Índice

1. Introducción
 1. Situación en el computador
 2. Clasificación
 3. Características: V_{transf} , t_{acc} , formato, etc
2. Unidad de cinta magnética
3. Unidad de disco magnético
4. Unidades de Estado Sólido (SSD)
5. ~~Discos ópticos: CD-ROM, DVD, Blue Ray~~
6. Monitor LCD
7. Comunicación
 1. Transmisión en serie
 2. Ethernet

Periféricos



Periféricos

- Ejemplos:
 - “Domésticos”:
 - Ratón
 - Teclado
 - Impresora
 - Disco duro (HDD)
 - LANCE (Local Area Network Controller for Ethernet)
 - Etc., etc.
 - “Industriales”
 - Sensor de temperatura
 - Motores para la orientación de un telescopio
 - Sistema de control de actitud de un satélite artificial
 - Etc., etc.

Periféricos

- Gran diversidad:
 - Modo de funcionamiento
 - Formato y tamaño de los datos
 - Velocidad de transferencia
 - Tiempo de acceso
- Una posible clasificación:
 - Almacenamiento
 - Comunicación:
 - Humanos: Teclado, Ratón, Multimedia, *Brain interfaces*
 - Computadores: Redes: *cluster, Grid computing*
 - “Medio físico”: Sist. de control, *embedded systems*

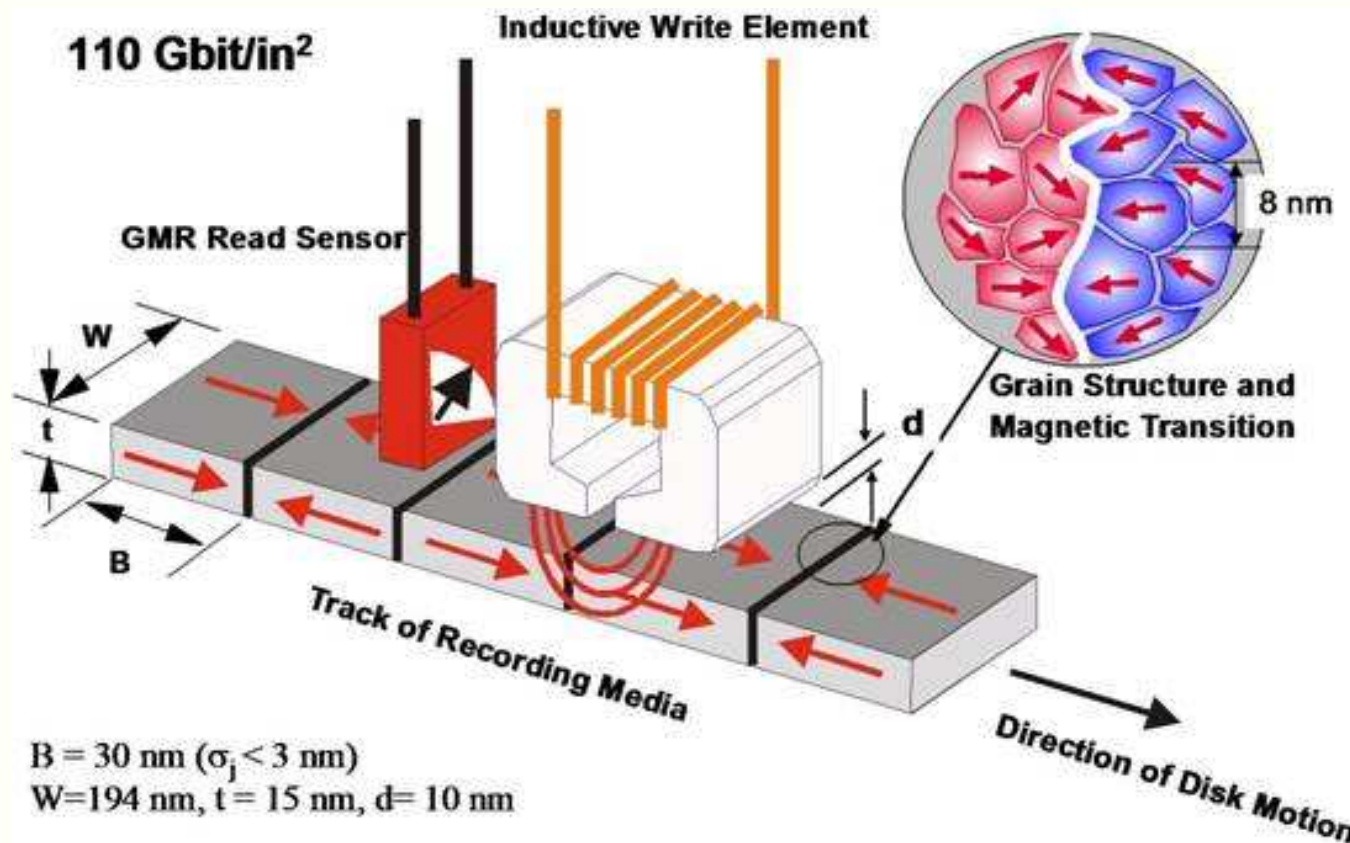
Unidades de cinta magnética

- Univac 1.951: cinta de ½ pulgada. 1,5 Mbit



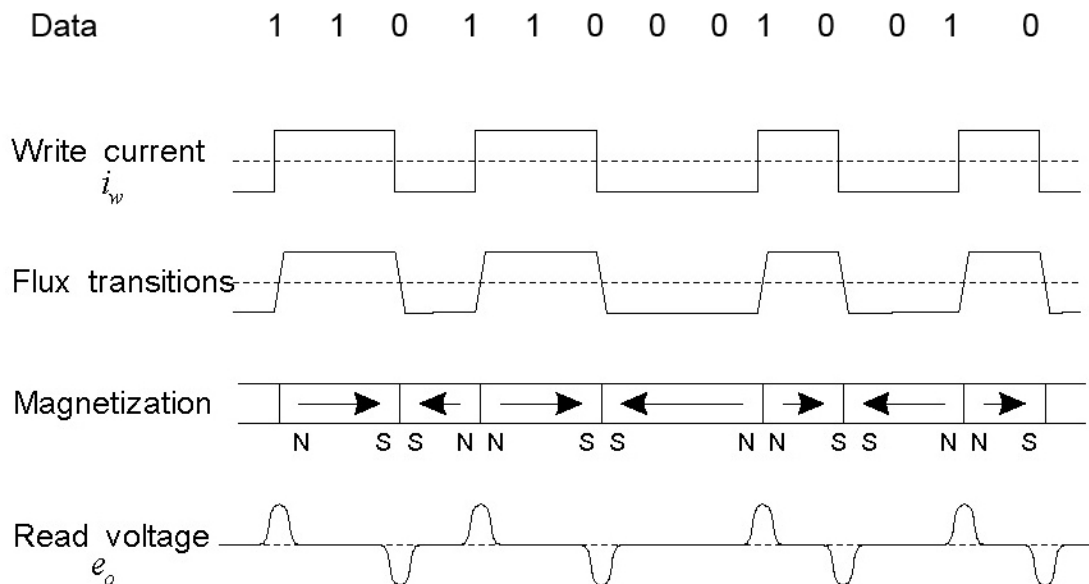
Unidades de cinta magnética

- Grabación en pistas (tracks) longitudinales
 - Dominios magnéticos contiguos de polaridad alterna



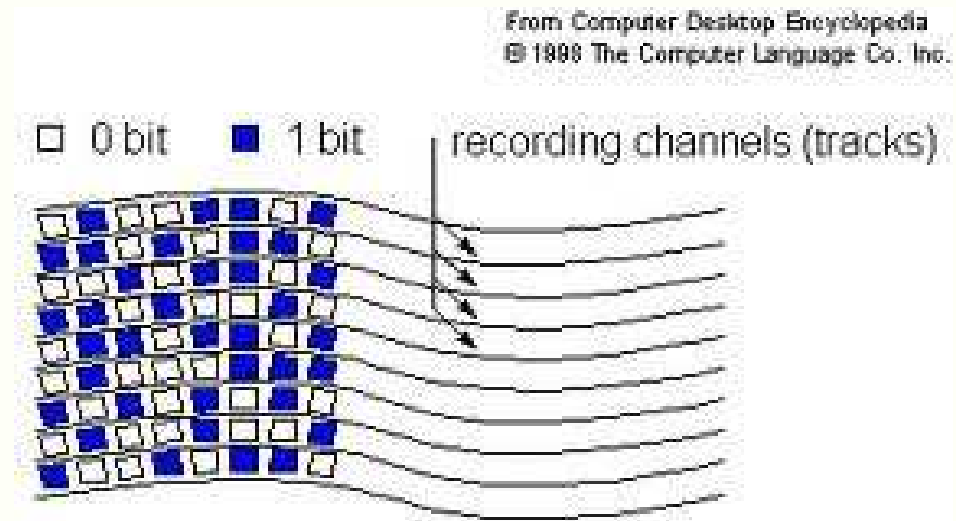
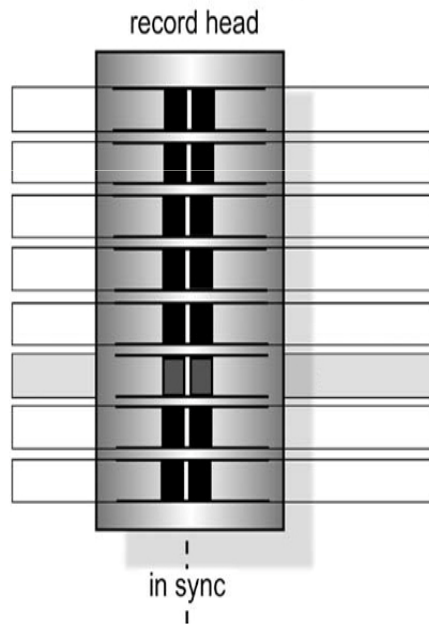
Unidades de cinta magnética

- Códigos de grabación
 - División en celdas de bit
 - Información de bit
 - Información de sincronismo
- Densidad de grabación: N^o de bits por pulgada (bpi) (hasta 19.094 b/mm)



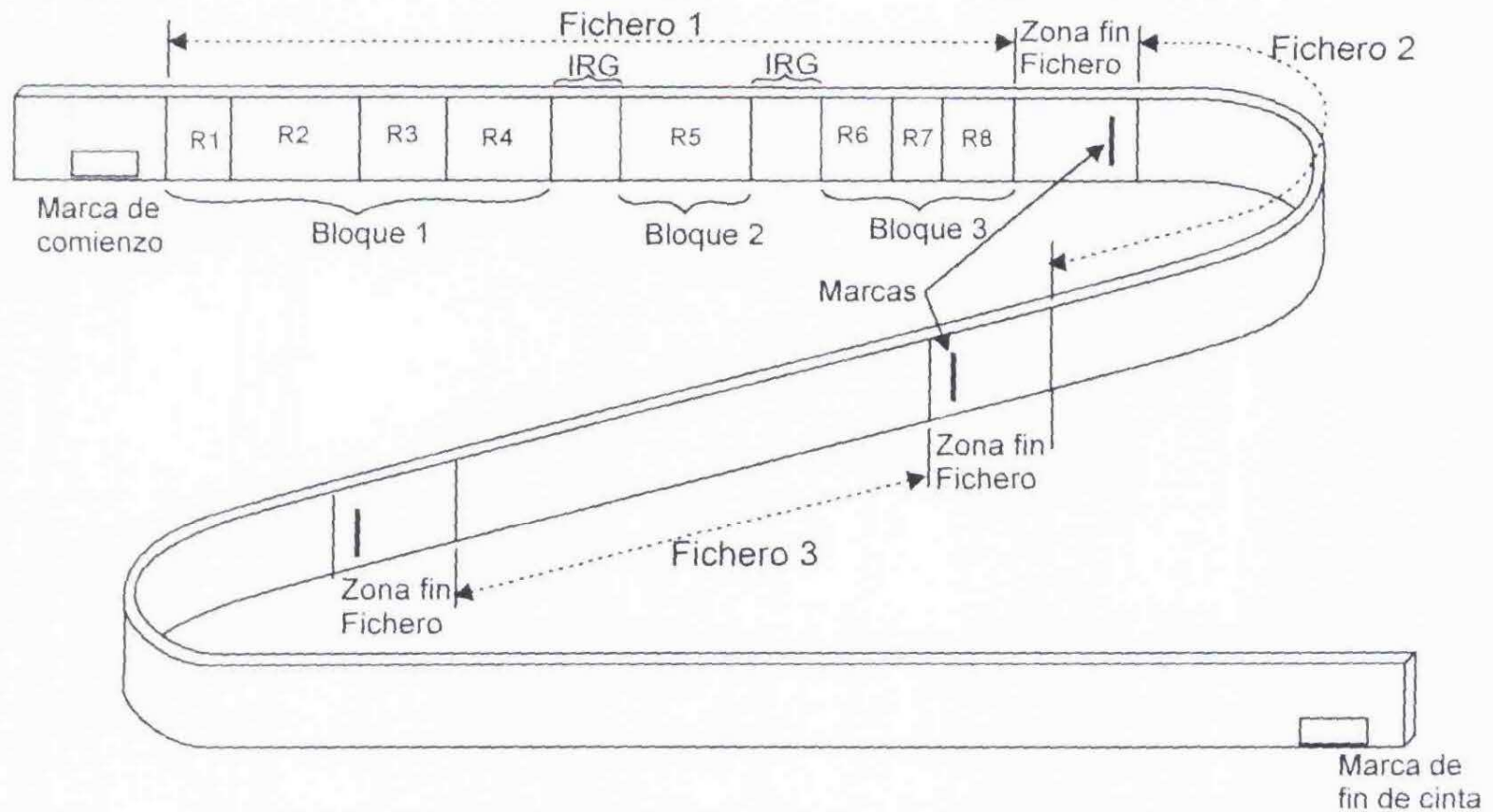
Unidades de cinta magnética

- El Cabezal graba 9 pistas simultáneamente
 - 9 bits: 1 carácter



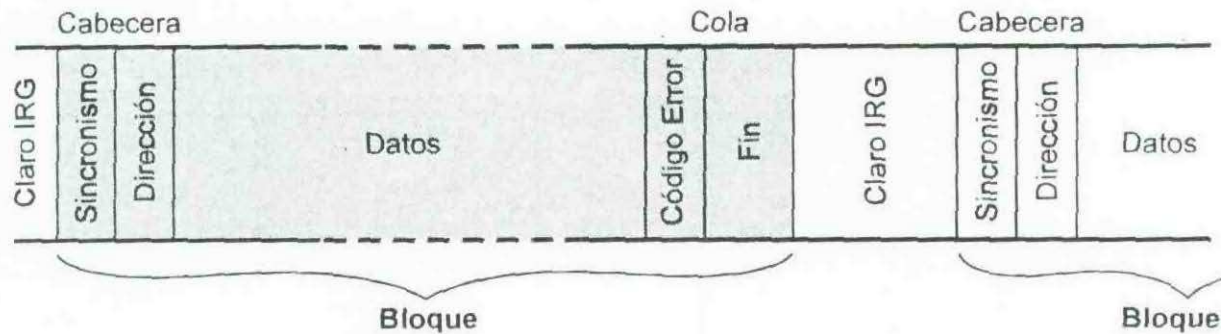
Unidades de cinta magnética

- Formato de grabación



Unidades de cinta magnética

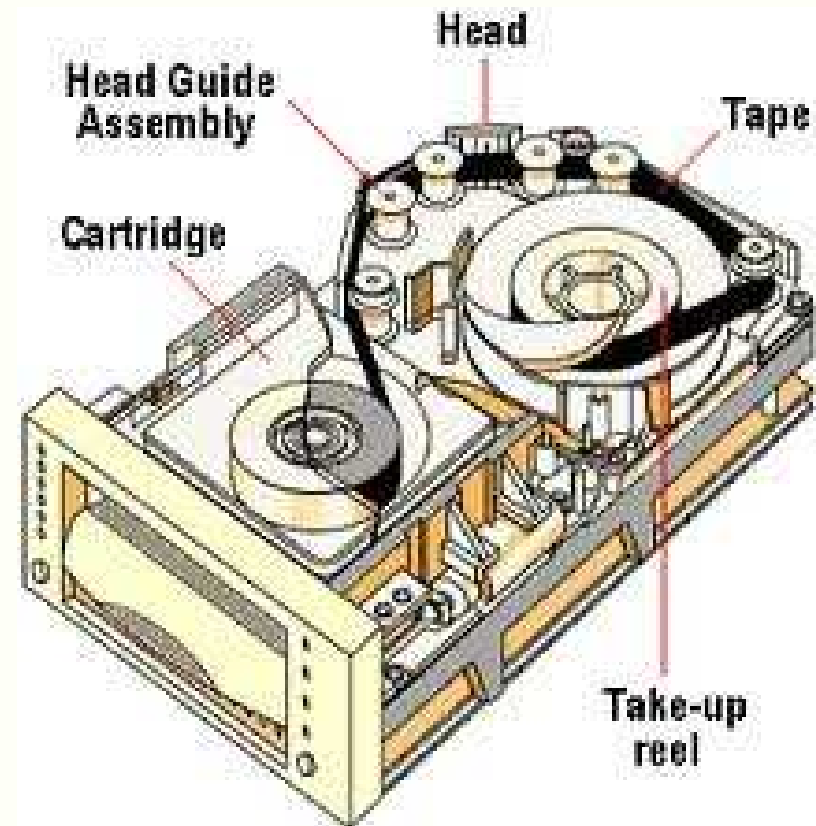
- Bloques separados por espacios sin información
 - IRG: Inter Record Gap
- Organización de los bloques



- Capacidad (bruta) (hasta 6 TB)
 - Longitud de la pista X Densidad de grabación
- Velocidad de Transferencia (hasta 300 MB/s)
 - Densidad de grabación X Velocidad lineal

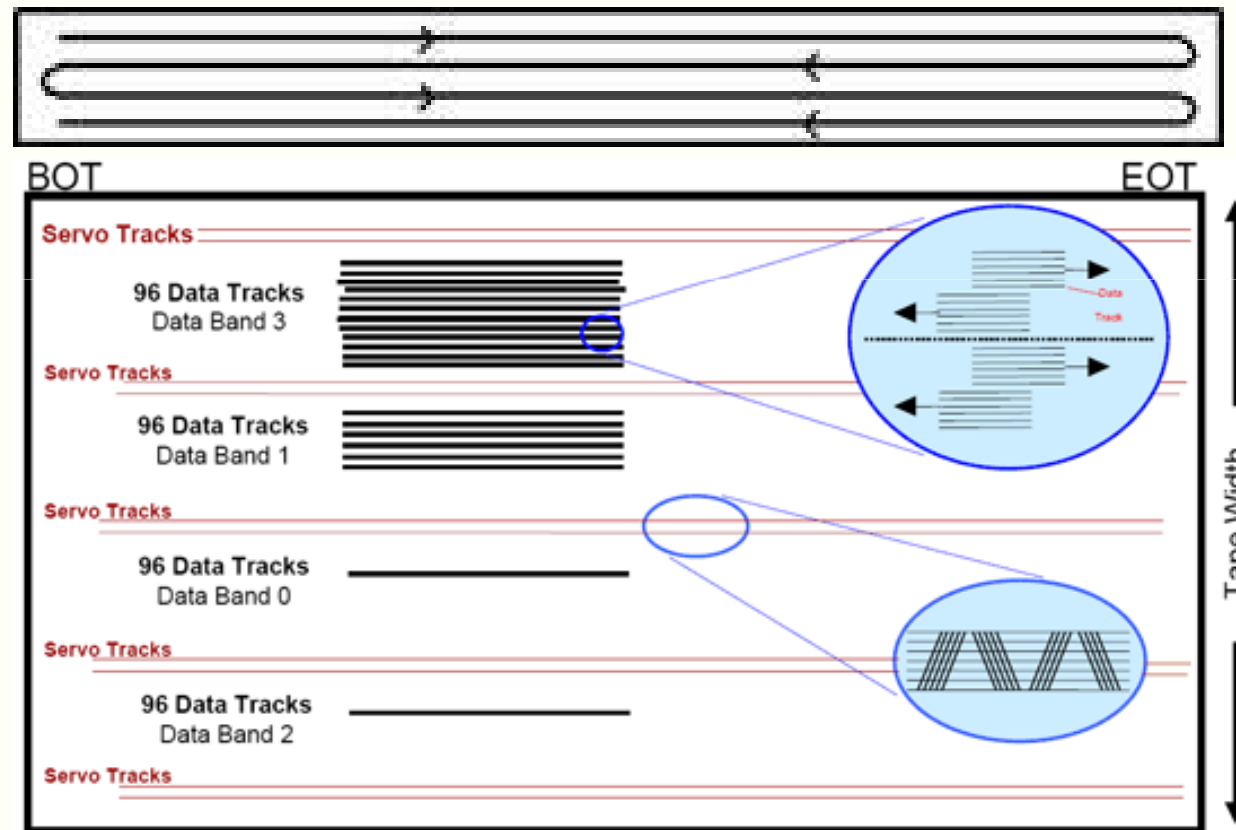
Unidades de cinta magnética

SDLT - LTO



Unidades de cinta magnética

- Grabación en serpentín (hasta más de 3.500 pistas)



Unidades de cinta magnética

	LTO-1	LTO-2	LTO-3	LTO-4	LTO-5	LTO-6	LTO-7	LTO-8	LTO-9	LTO-10
Release date	2000 ^[5]	2003	2005	2007	2010 ^[6]	Dec. 2012 ^[7]	Dec. 2015 ^[8] [9][10]	<i>TBA</i>	<i>TBA</i>	<i>TBA</i>
Native/raw data capacity	100 GB	200 GB	400 GB	800 GB	1.5 TB ^[11]	2.5 TB ^[12]	6.0 TB ^{[10][13]}	12.8 TB ^[13]	26 TB ^[14]	48 TB ^[14]
Max uncompressed speed (MB/s)^{[13][Note 1]}	20	40	80	120	140	160	300 ^[15]	427	708	1100
Generations	LTO-1	LTO-2	LTO-3	LTO-4	LTO-5	LTO-6	LTO-7	LTO-8	LTO-9	LTO-10
Native data capacity	100 GB	200 GB	400 GB	800 GB	1.5 TB ^[11]	2.5 TB ^{[12][17]}	6.0 TB ^[10] [13][17]	12.8 TB ^{[13][17]}	26 TB ^[14] [16][17]	48 TB ^{[14][17]}
Tape length	609 m	680 m	820 m	846 m ^[18]			960 m			
Tape width	12.650 mm ± 0.006 mm									
Tape thickness	8.9 µm	8 µm	6.6 µm	6.4 µm	6.1 µm ^[19]	5.6 µm				
Magnetic pigment material	Metal Particulate (MP)					MP or BaFe ^[20]	BaFe ^[21]			
Base material	Polyethylene naphthalate (PEN)									
Data bands per tape	4									
Wraps per band	12	16	11	14	20 ^[11]	34	28			
Tracks per wrap (read/write elements)	8		16 ^{[11][22]}				32 ^[10]			
Total tracks	384	512	704	896	1280	2176 ^[22]	3584			
Linear density (bits/mm)	4880	7398	9638	13,250	15,142 ^[23]	15,143 ^[24]	19,094 ^[25]			
Encoding	RLL 1,7	RLL 0,13/11; PRML			RLL 32/33; PRML	32/33 RLL NPML ^[24]				

Unidades de cinta magnética

- Uso en la actualidad:
 - Backup
 - Aplicaciones comerciales basadas en cintas
- Librerías de cintas (192 lectores, 50.000 cintas)
- Librerías de cintas virtuales (VTL)
- Otros formatos:
 - Serpentín: QIC, travan
 - Exploración helicoidal: 8mm, dat

Disco Duro (HDD)

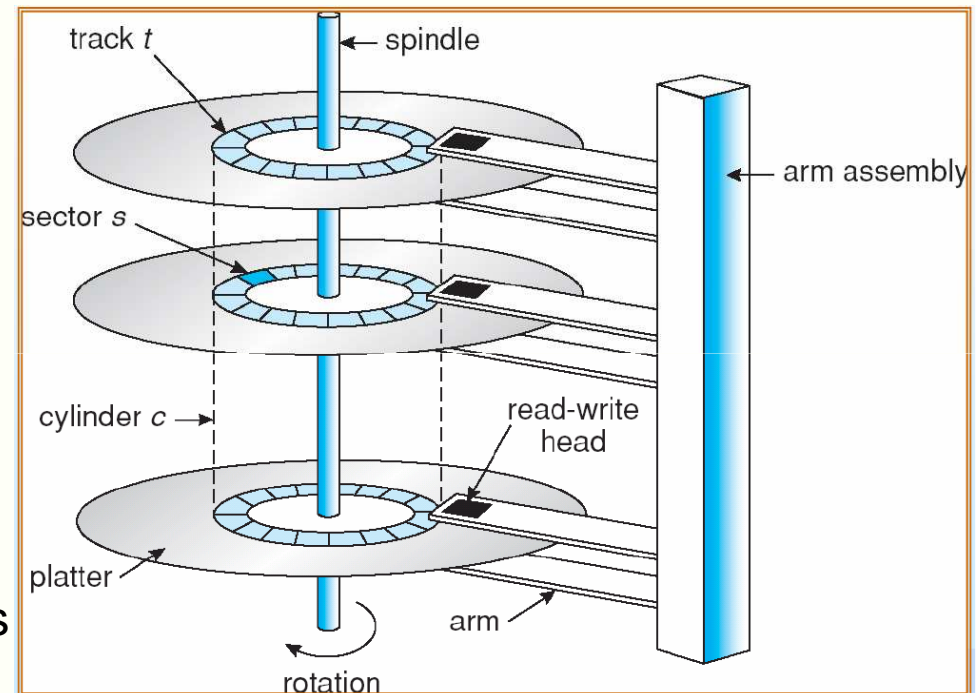
- IBM 1956: IBM 350
 - 50 discos de 24" (61 cm)
 - 5 MB. T_{acc} 0,5 s

- IBM 1973: Tecnología "Winchester". IBM 3340
 - Discos sellados junto con el motor y las cabezas
 - 70 MB. T_{acc} 25 ms



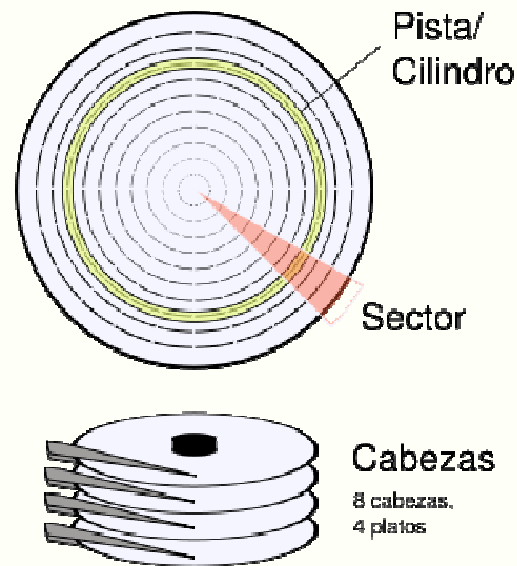
Disco Duro (HDD)

- Dispositivo tipo bloque
- Tamaño de los datos: bloque
- V_{transf}
- t_{acc}
- Modo de funcionamiento:
 - Organización: (p/c, sf/h, s)
 - Acceso a un sector
 - Distribución de múltiples sectores



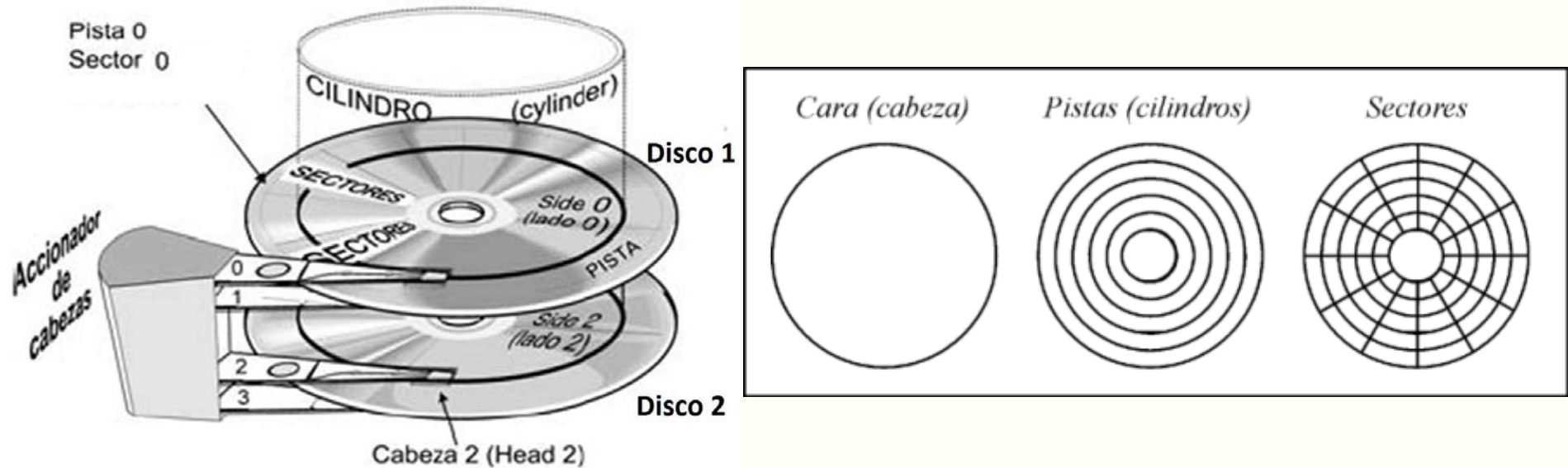
Disco Duro (HDD)

- Nomenclatura: **disco duro** o **HDD** [*Hard Disk Drive*]
- Componentes:
 - Motor: p.ej, 7.200 r.p.m.
 - Discos: superficie magnetizable, p.ej., óxido de hierro
 - Cabezales: transductores electromagnéticos



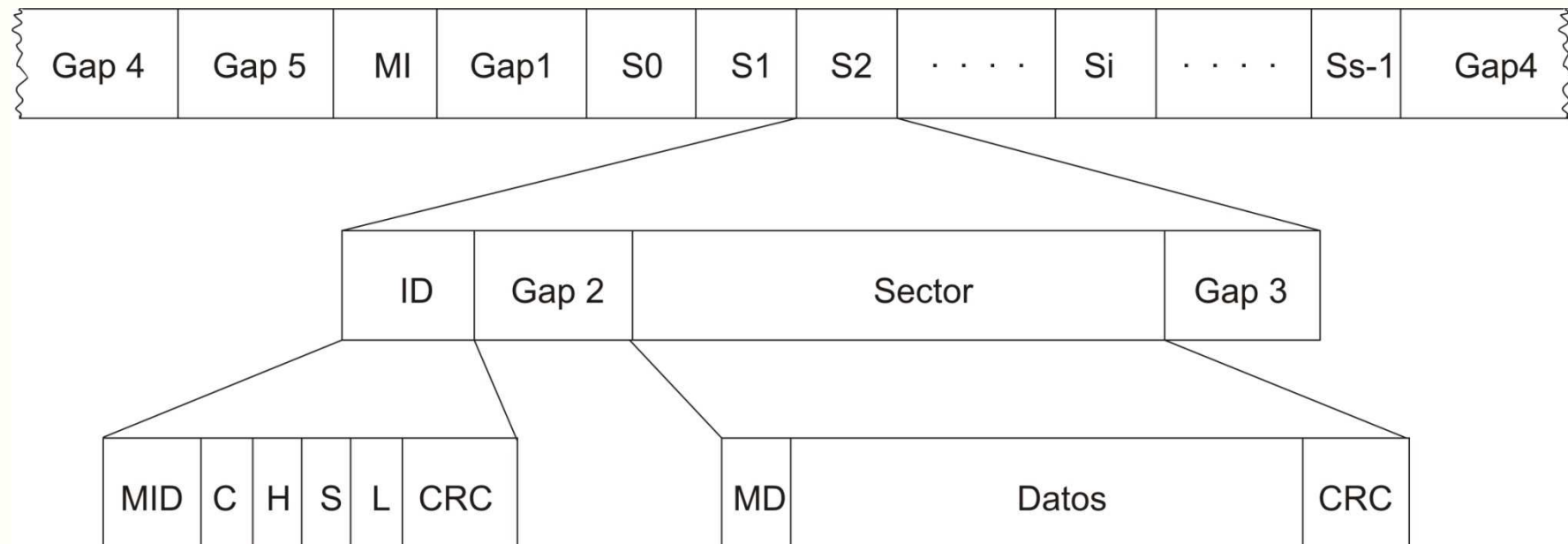
Disco Duro (HDD)

- Organización: Geometría. Coordenadas CHS
 - **cilindros** (C) o pistas
 - **superficies** (H) o caras
 - **sectores** (S)



Disco Duro (HDD)

- Formato de grabación
 - Capacidad bruta vs. capacidad neta
 - Información bruta vs. información neta



Disco Duro (HDD)

- Parámetros:
 - **Capacidad:** p.ej., 500 GB
 - V_{transf} : p.ej, 70 MB/s
 - t_{acc} : p.ej, 5 ms
 - otras:
 - densidad de grabación lineal: bits/pulgada
 - densidad de grabación angular: bits/rad
- Otras:
 - distribución de los 'sectores lógicos' por cilindros
 - número variable de sectores/pista: *Zone Bit Recording (ZBR)*

Disco Duro (HDD)

- Funcionamiento:
 - el motor gira siempre a la misma velocidad de rotación
 - el brazo se mueve hasta el cilindro destino: $t_{\text{búsqueda}}$
 - una vez en cilindro destino, t giro hasta el comienzo del sector: t_{latencia}
 - el t de lectura/escritura será el de giro del sector: $t_{\text{le}} = t_{\text{sect}}$

¡Muy importante!

$$t_{\text{op}} = t_{\text{acc}} + t_{\text{le}}$$

$$t_{\text{acc}} = t_{\text{búsqueda}} + t_{\text{latencia}}$$

$$t_{\text{búsqueda}} = t_{\text{posicionamiento}} + t_{\text{estabilización}}$$

Disco Duro (HDD)

Consideraciones sobre los tiempos que se deben tener siempre presentes:

- $t_{\text{búsqueda}}$:
 - el motor no se para, luego conforme la cabeza se mueve el disco habrá avanzado un determinado n° de sectores
- t_{latencia} :
 - en media es el tiempo de $\frac{1}{2}$ vuelta
 - depende de la vel. de rotación y del n° del sector
- t_{le} :
 - es el t de giro del sector e igual si es Lectura o Escritura
 - si no hay ZBR, $t_{\text{le}} = t_{\text{sect}} = t_{\text{rev}}/\#\text{sect}/\text{pista}$

¡Muy importante!

Disco Duro (HDD)

Ejemplo: HDD

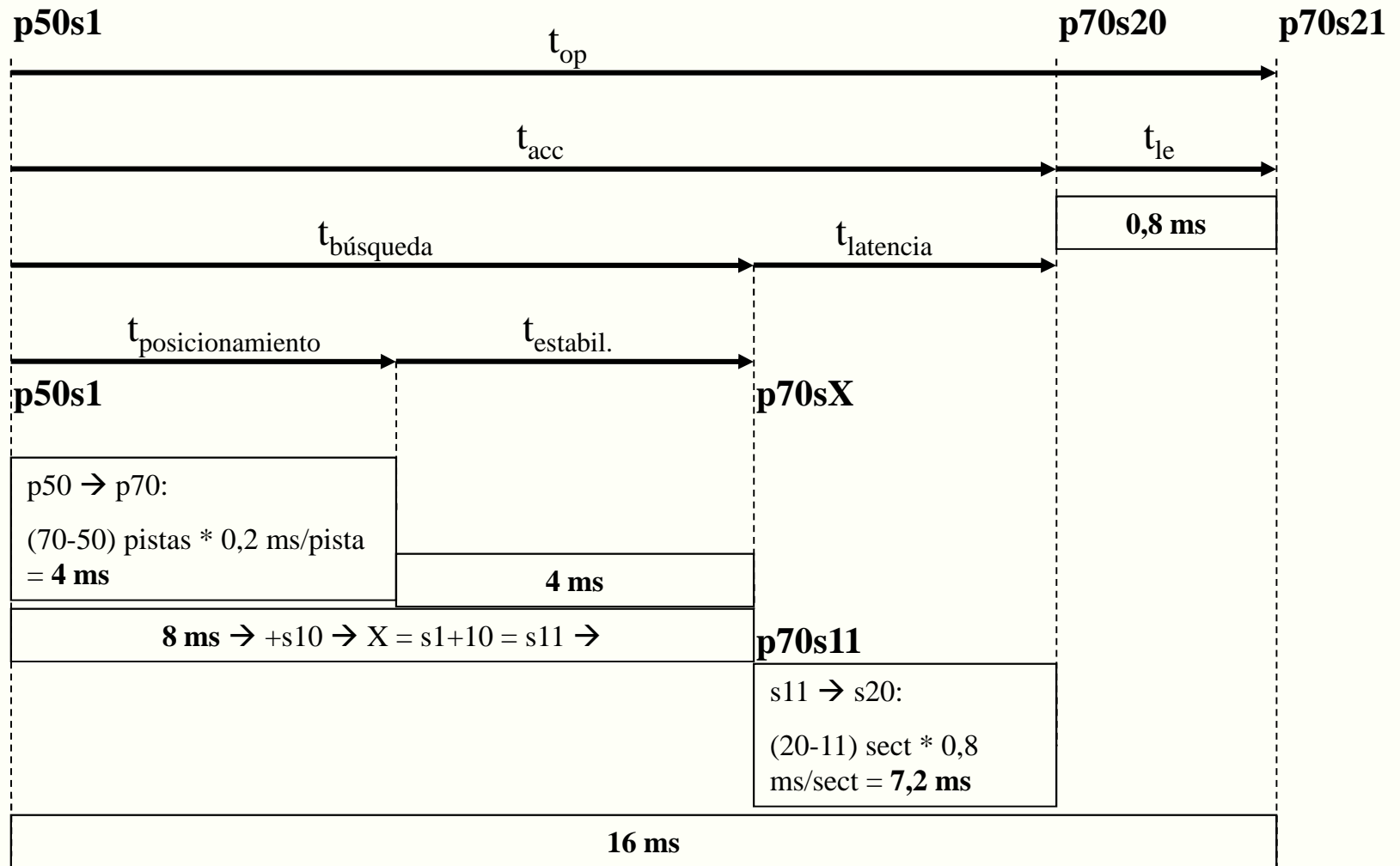
Características:

- Vel. de giro: 3.000 r.p.m. → 20 ms/rev
- N° de pistas: 500 pistas
- N° de sectores/pista (fijos): 25 sect/pista → $t_{\text{sect}} = 0,8$ ms/sect
- T de pista a pista consecutiva: 0,2 ms/pista
- T estabilización al llegar pista destino: 4 ms

Caso:

*En $t=0$ s la cabeza del disco se encuentra al comienzo del sector s1 en la pista p50:
¿en qué instante concluirá la transferencia del sector s20 de la pista p70?*

Disco Duro (HDD)



Disco Duro (HDD)

Ejemplo de distribución de **sectores lógicos** o **absolutos** en el disco: ***¡se supone que los sectores se asignan llenando cilindros!***

Ej.

- **8 superficies** (Sf) o caras o cabezas (H)
- **2.000 pistas** (P) o **cilindros** (C)
- **200 sectores** (S) → **SP**: nro de sect/pista

¡Muy importante!

SC: nro. sect/cilin: 8 superficies (o caras)/cilindro x 1 pista/superf x 200 sectores/pista = **1.600 sectores por cilindro, sect/cilindro**

Nro total de sectores en el HDD: 1.600 sect/cilind x 2.000 cilindros/HDD = 3.200.000 sect/HDD → **del “0” al “3.199.999” sect. lógicos o absolutos**



Disco Duro (HDD)

“x” [nro sector lógico o absoluto] = (C (o P), H (o Sf), S) [coord. geométricas]

“fórmulas” (es más fácil entenderlo ;-):

$$C = x \text{ DIV } SC \text{ [DIV es división entera]}$$

$$\text{resto} = x \text{ MOD } SC$$

$$H \text{ (o Sf)} = \text{resto DIV } SP$$

$$S = \text{resto MOD } SP$$

Ej.

SC: 1.600 sect/cilin

SP: 200 sect/pista

Sector absoluto o lógico: 1.234.567 o “1.234.567”

Cilindro = $1.234.567 \text{ DIV } 1.600 = 771$

resto = $1.234.567 \text{ MOD } 1.600 = 967$

Superficie = $967 \text{ DIV } 200 = 4$

Sector = $967 \text{ MOD } 200 = 167$

→ “1.234.567” = (C = 771, H = 4, S = 167)

¡Muy importante!

Disco Duro (HDD)

Ejercicio

Sea una unidad de disco con las siguientes características:

- 4 Superficies
- 256 pistas (cilindros)
- Sectores de 1.024 bytes (80%). Información bruta: 256 bytes (20%)
- Pista N° 1 tiene 5 cm de radio ($\text{Pi} = 3,14159$)
- Densidad de grabación lineal de la pista 1: 6.519 bits/cm
- Tiempo de avance de una pista a otra consecutiva: $t_{\text{pap}} = 0,2 \text{ ms}$
- Tiempo de estabilización: $T_{\text{est}} = 3 \text{ ms}$
- Velocidad de rotación: 3.000 rpm

Calcular:

1 N° de sectores por pista

2 Capacidad bruta y neta

3 Tiempo medio de acceso y velocidad de transferencia

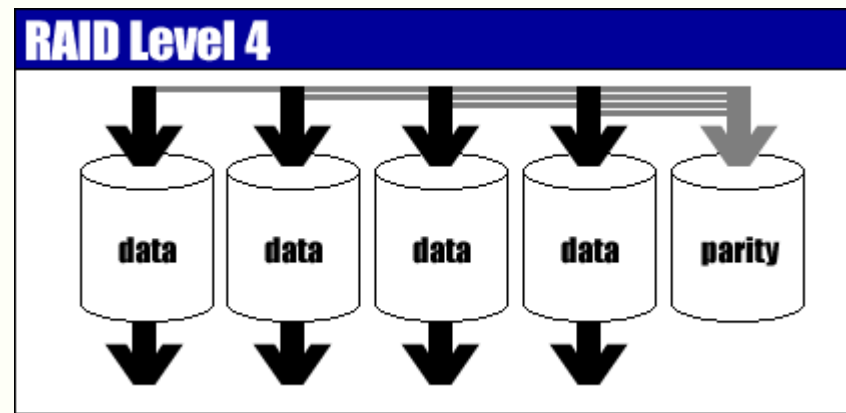
4 Si en $t=0$ las cabezas se hallan el sector 5 del cilindro 1,
tiempo empleado en leer los sectores 4.155, 4.107 y 1.328 consecutivamente.

Disco Duro (HDD)

RAID: *Redundat Array of Inexpensive Disks*

Objetivos:

- Incrementar la capacidad
- Mejorar el velocidad de transf. y/o el tiempo de acceso
- Aumentar la fiabilidad y la tolerancia a fallos
- Ejemplo: RAID 4

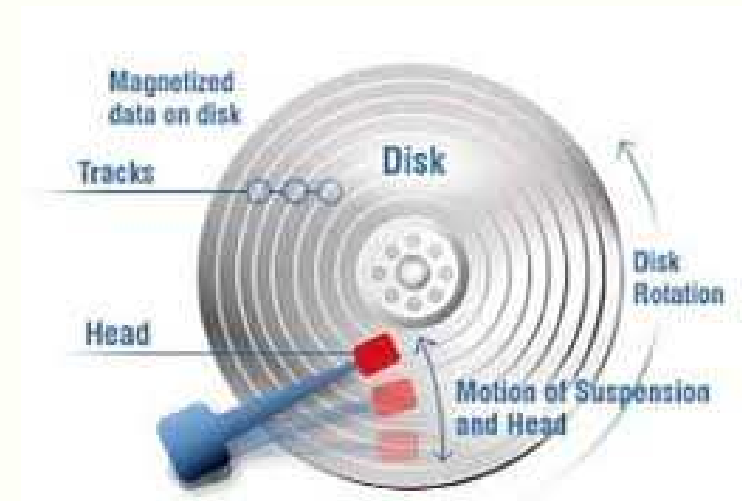
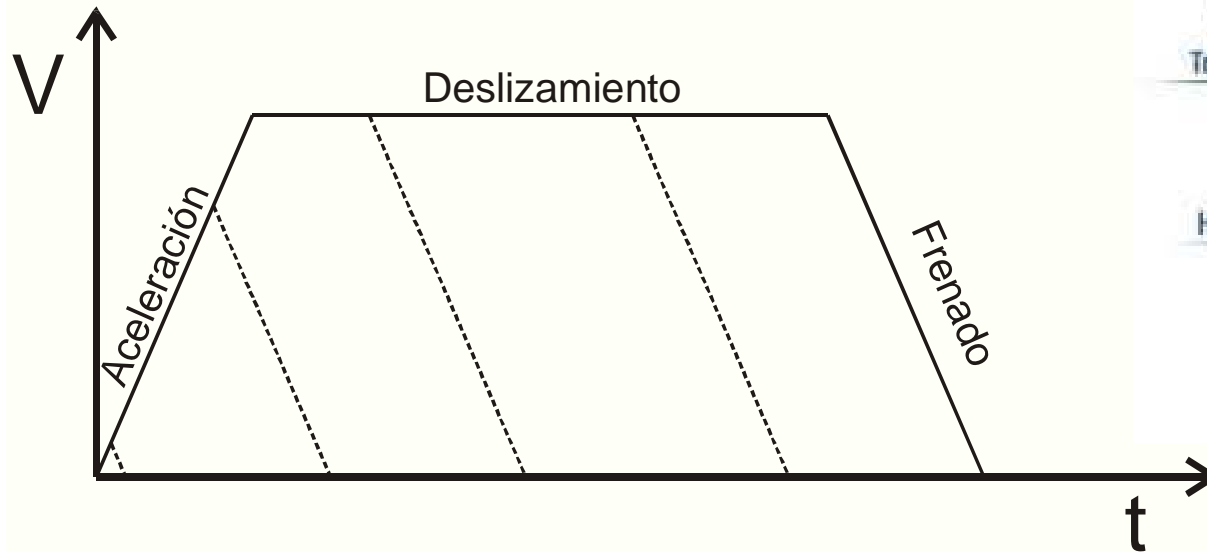


Disco Duro (HDD)

- Otras consideraciones
 - Movimiento de las cabezas
 - Zone Bit Recording
 - Direccionamiento lógico de los sectores: LBA
 - Caché interna
 - Interfaz: Velocidad de transferencia
 - Grabación perpendicular
 - Cabezas de lectura GMR (Giant Magnetoresitance)
- Medidas de fiabilidad:
 - MTBF: *Mean Time Between Failures*
 - Tecnología SMART: *Self-Monitoring Analysis and Reporting Technology*

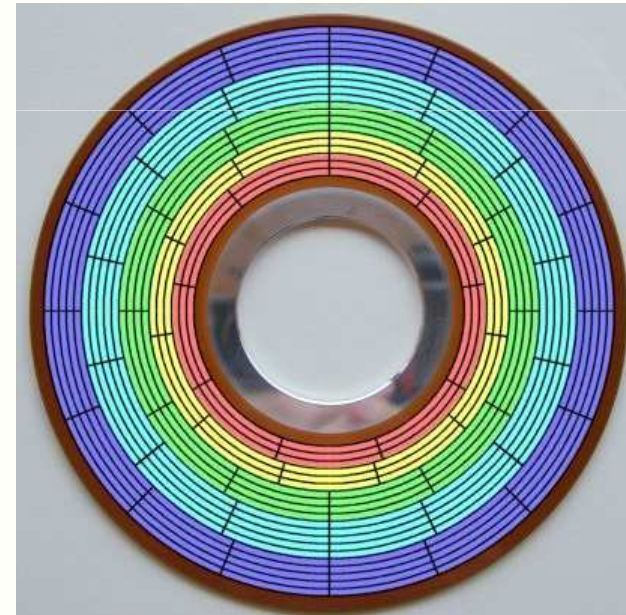
Disco Duro (HDD)

Movimiento de las cabezas



Disco Duro (HDD)

- *Zone Bit Recording (ZBR)*
 - se utiliza habitualmente
 - su objetivo es aprovechar al máximo la superficie magnética
 - Vel. de transf.:
 - cte. dentro de cada zona
 - máxima en la zona más externa
 - mínima en la zona más interna
 - Densidad de grabación:
 - angular: fija/zona
 - lineal: fija/entre zonas





Disco Duro (HDD)

Zone	250GB/p Mid BIP-Mid TPI format			No. of Sectors/Trk
	Cylinder			
0	0	-	7153	1920
1	7154	-	16365	1840
2	16366	-	25675	1800
3	25676	-	30771	1760
4	30772	-	35867	1720
5	35868	-	47431	1680
6	47432	-	52429	1632
7	52430	-	59583	1600
8	59584	-	68893	1560
9	68894	-	74871	1520
10	74872	-	80849	1480
11	80850	-	91139	1440
12	91140	-	102801	1360
13	102802	-	110935	1320
14	110936	-	113679	1296
15	113680	-	117501	1280
16	117502	-	123479	1240
17	123480	-	135043	1200
18	135044	-	140825	1140
19	140826	-	146999	1104
20	147000	-	152585	1080
21	152586	-	159151	1020
22	159152	-	170225	960
23	170226	-	172675	912

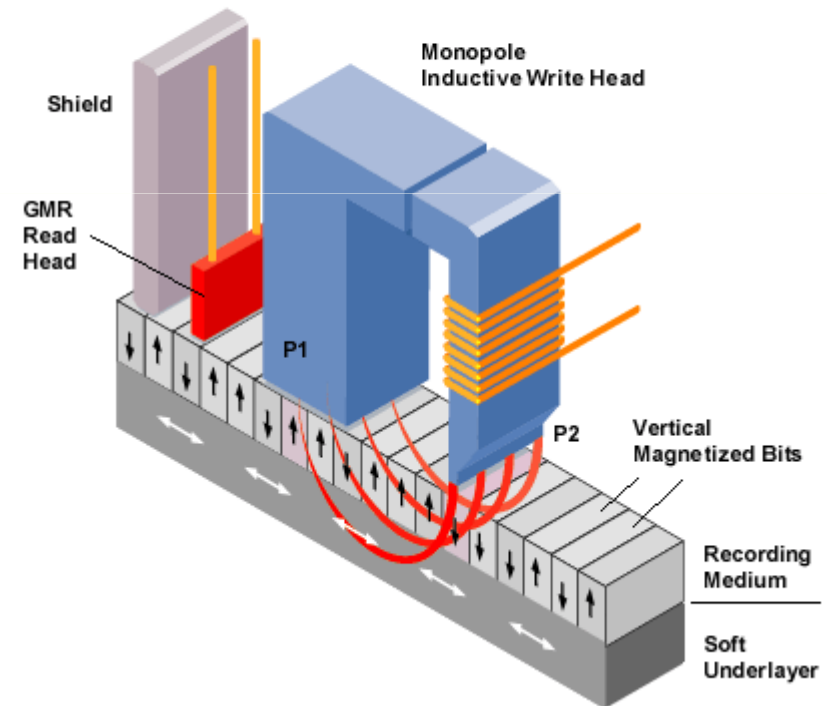
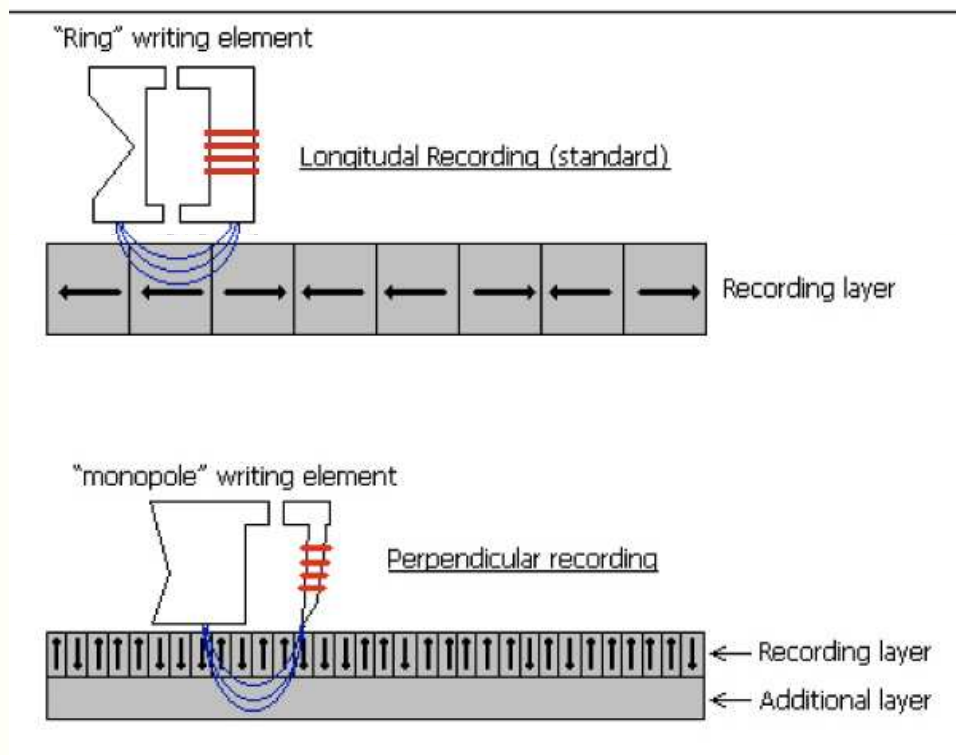
Disco Duro (HDD)

- Interfaces:
 - ST506:
 - ESDI
 - IDE
 - ATA
 - EIDE (FastATA),
 - SCSI
 - SAS
 - SATA
 - Etc.

Disco Duro (HDD)

Grabación perpendicular. Cabezas de lectura GMR

From Computer Desktop Encyclopedia
 © 2006 The Computer Language Company Inc.





Capacity (Blocks)		
Sector Size	ST33000650SS ST33000651SS ST33000652SS	
	Decimal	Hex
512	5,860,533,168	15D50A3B0h
520	5,736,538,480	155ECA170
528	5,578,747,784	14C84EF88

5.1 Internal drive characteristics

	ST33000650SS ST33000651SS ST33000652SS	
Drive capacity	3	TB (formatted, rounded off value)
Read/write data heads	10	
Bytes per track	1,419,776	Bytes (average, rounded off values)
Bytes per surface	300,000	MB (unformatted, rounded off value)
Tracks per surface (total)	284,399	Tracks (user accessible)
Tracks per inch	270,000	TPI (average)
Peak bits per inch	1,638,000	BPI
Areal density	444	Gb/in ²
Internal data rate	68.7 - 155	MB/s (variable with zone)
disk rotation speed	7200	rpm
Avg rotational latency	4.16	ms

5.2.1 Access time

		Not including controller overhead ^{1,2} (ms)		Including controller overhead ^{1,2} (ms)	
		Read	Write	Read	Write
Average	Typical ^{3,4}	8.3	9.3	8.5	9.5
Single track	Typical ^{3,4}	0.5	0.5	0.7	0.7
Full stroke	Typical ^{3,4}	15.5	16.2	15.7	16.4

1. Execution time measured from receipt of the Command to the Response.
2. Assumes no errors and no sector has been relocated.
3. Typical access times are measured under nominal conditions of temperature, voltage, and horizontal orientation as measured on a representative sample of drives.
4. Access time = controller overhead + average seek time and applies to all data transfer commands.
Access to data = access time + latency time.

4.1 Internal drive characteristics

ST10000NM0246

Drive capacity	10TB models	(formatted, rounded off value)
Read/write data heads	14	
Bytes/track	2,265,088	Bytes (average, rounded off values)
Bytes/surface	714,500	MB (unformatted, rounded off values)
Tracks/surface (total)	395,250	Tracks (user accessible)
Tracks/in	375,000	TPI (average)
Peak bits/in	2,287,000	BPI
Areal density	858	Gb/in ²
Internal data rate	2704	Mb/s (max)
Disk rotation speed	7200	RPM
Avg rotational latency	4.16	ms

4.1.1 Format command execution time

5xxE and 4KN-byte sectors (minutes)	10TB models
Maximum (with verify)	1896
Maximum (without verify)	948

Unidades de Estado Sólido (SSD)

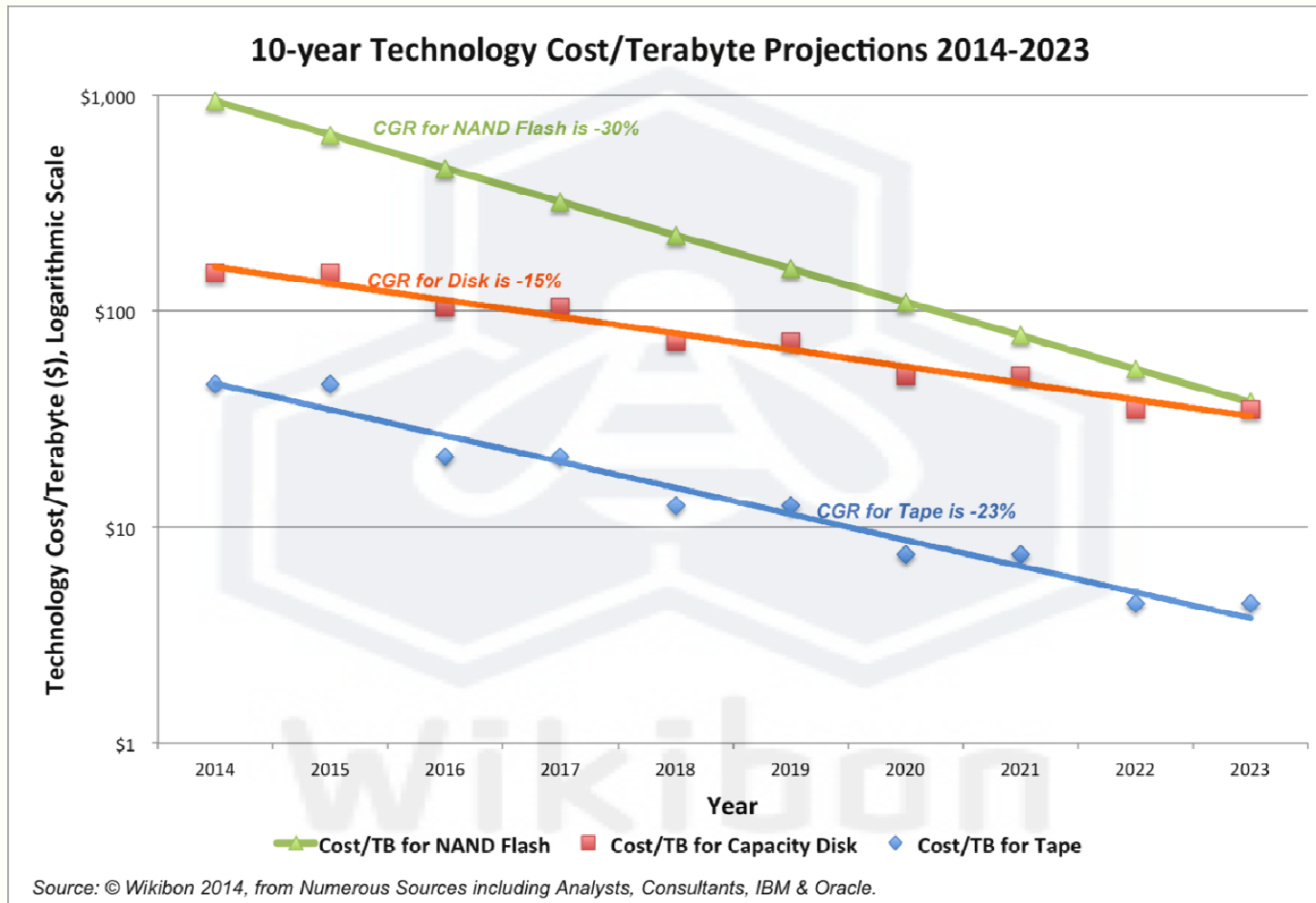
- **SSD, Solid State Drive (o Disk):** unidad de almacenamiento construida con circuitos integrados y elementos de memoria.
- Suelen suministrar interfaces compatibles con los HDD (SCSI, SATA, PCI, etc.)
- No contiene elementos (electro-mecánicos)
- Ventajas:
 - Son más robustos físicamente: temperatura, golpes, etc.
 - Funcionan silenciosamente
 - Menor tiempo de acceso, mayor vel. de transferencia: **350-550 MB/s**
 - Más fiables (menor tendencia a contener errores)
 - No hay posibilidad de “fragmentación” (archivo en sect. no contiguos).
 - Menor peso
 - Menor consumo eléctrico (aprox. 1/3 que los HDD).



Unidades de Estado Sólido (SSD)

- Inconvenientes:
 - Precio, aunque poco a poco se ha ido volviendo tolerable:
 - Abril '14: 0,45 \$/GB vs (0,05-0,10) \$/GB en HDD
 - Nov '16: 1 TB: 0,23 \$/GB vs (0,04-0,05) \$/GB en HDD
 - Nov '17: aprox: ¿**PVP (HDD, 1 TB) = PVP (SSD, 120 GB)**?
 - Diferencia de velocidades entre accesos en lectura y en escritura (ligeramente mayor este último).
 - Tiempo de vida más limitado
- Tecnología de la memoria:
 - DRAM | NAND Flash (desde 2009):
- Capacidad de almacenamiento:
 - Nov '16/ **nov '17**: 120 GB - 1TB (y hasta 4 TB, modelos más caros). **248 GB**, como estándar
- Artículo de referencia: http://www.storagereview.com/ssd_vs_hdd
- Artículos recientes: <http://latam.pcmag.com/dispositivos-almacen-reviews-comparativos/123/feature/ssd-vs-hdd-cual-es-la-diferencia> **[6/oct/2017]**
 - <http://www.pcmag.com/article2/0,2817,2404258,00.asp>

Proyección en 2014

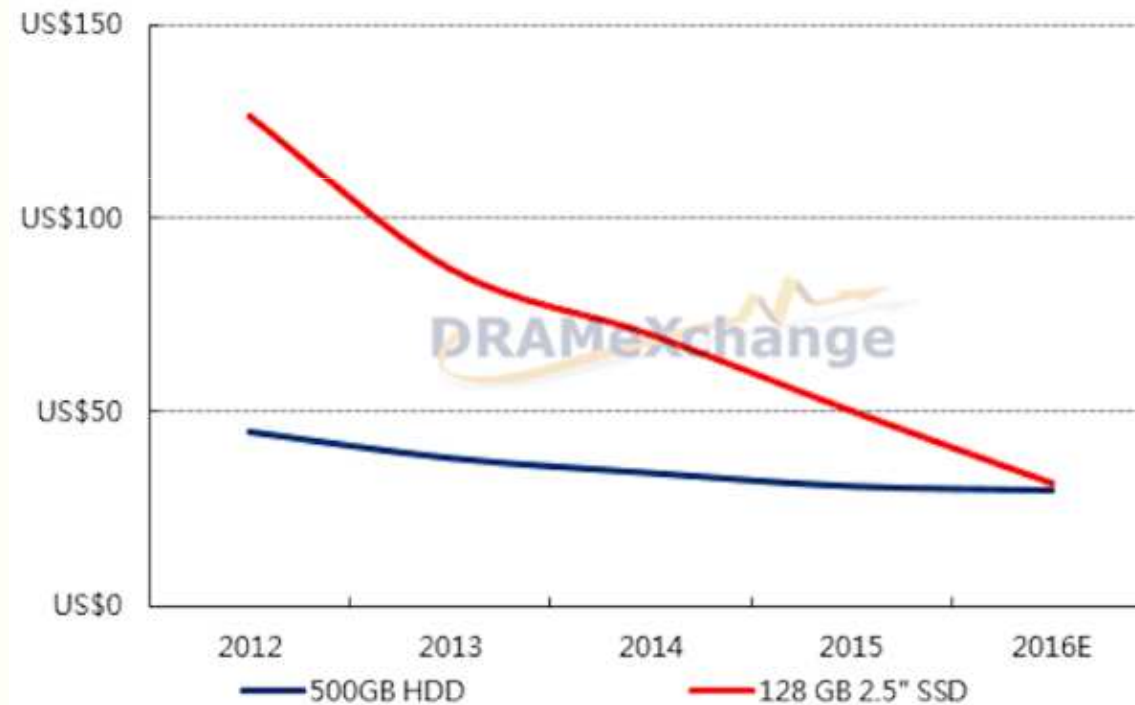


Datos en 2017: precio HDD 1 TB = SSD 240 GB

HDD: 1TB [SATA]: 47 €

SSD: 240 GB: 85 €

Figure: 128GB SSD and 500GB HDD Price Trends, 2012~2016



Source : DRAMeXchange, Mar., 2016

Monitor LCD

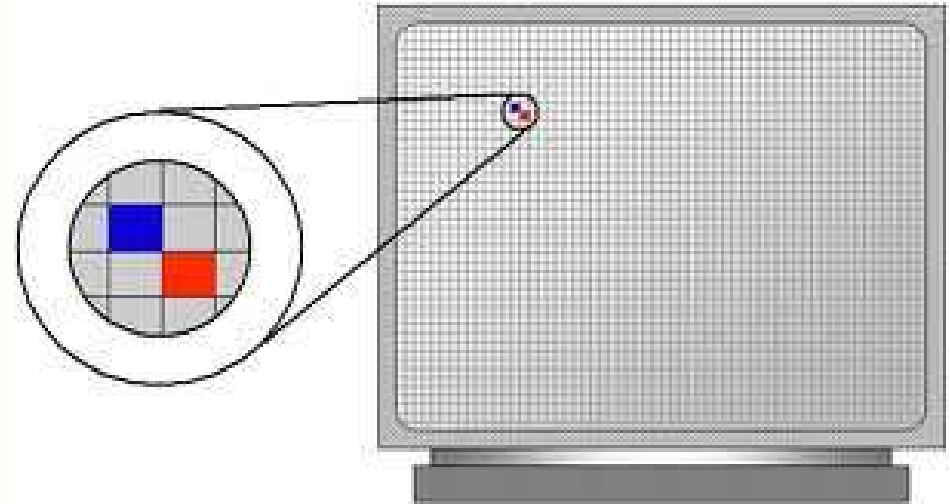
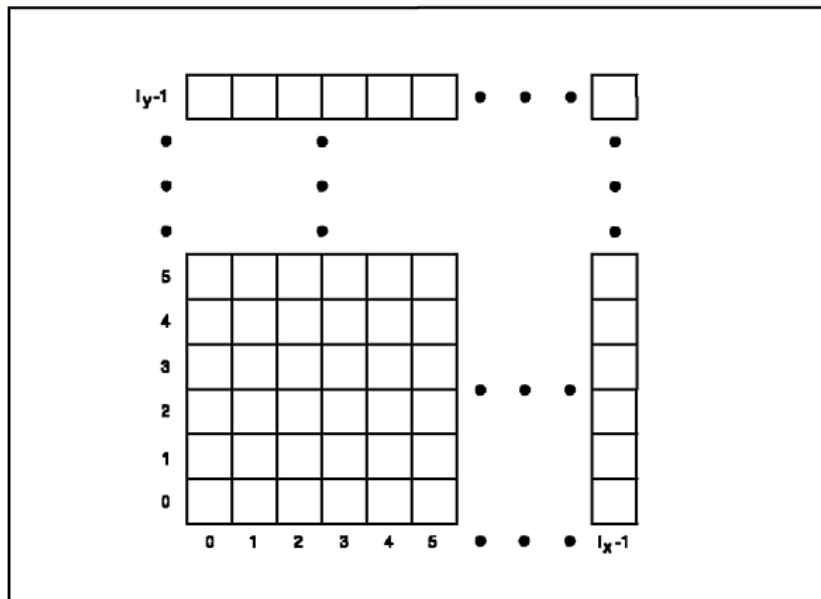
Resolución: N° de pixels en la línea x N° de líneas (1.920 x 1.080)

Profundidad de color: N° de bits usados para representar un pixel (24)

Determina el N° de colores distintos (gama, paleta)

Memoria de pantalla (de vídeo, de cuadro...): Matriz almacenada en memoria que representa la imagen que proyecta la pantalla del monitor

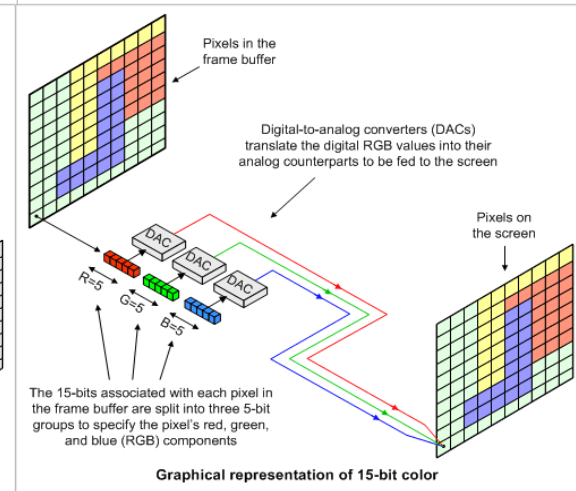
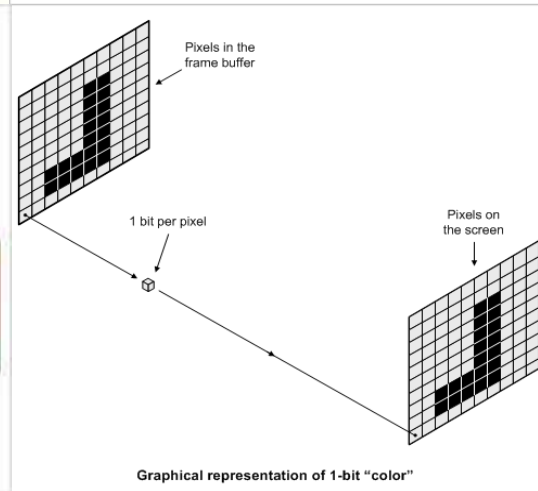
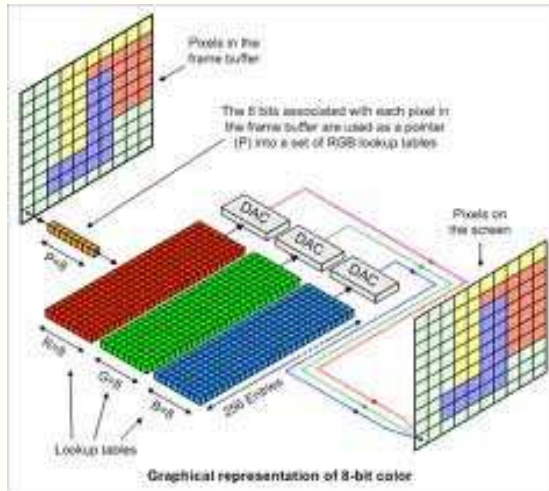
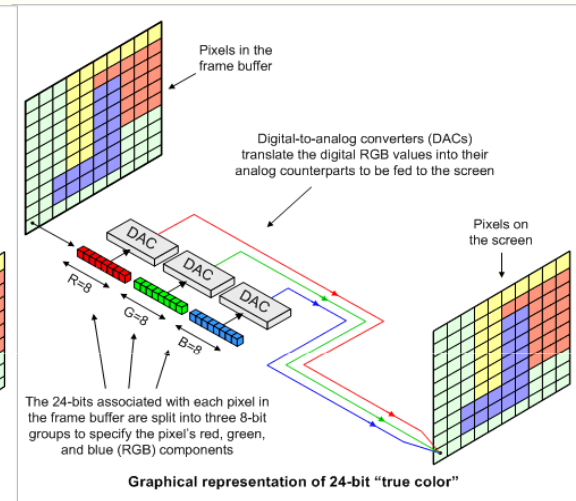
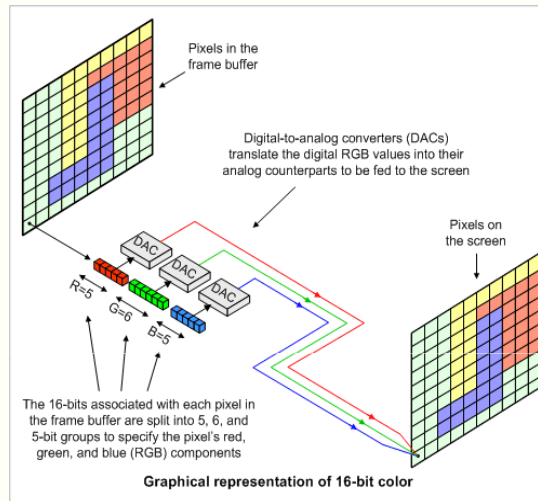
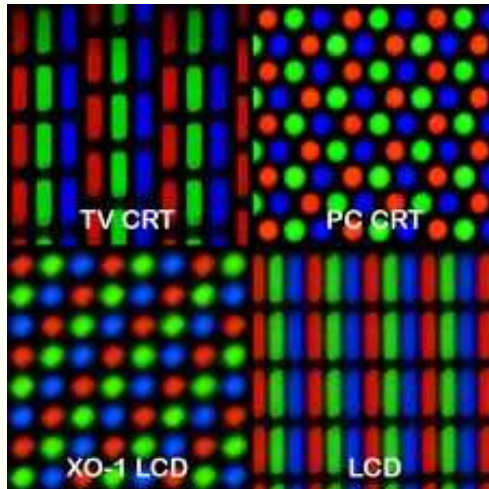
Frecuencia de pantalla (de refresco, de vídeo, vertical...): Frecuencia con que se proyecta la memoria de vídeo en la pantalla del monitor



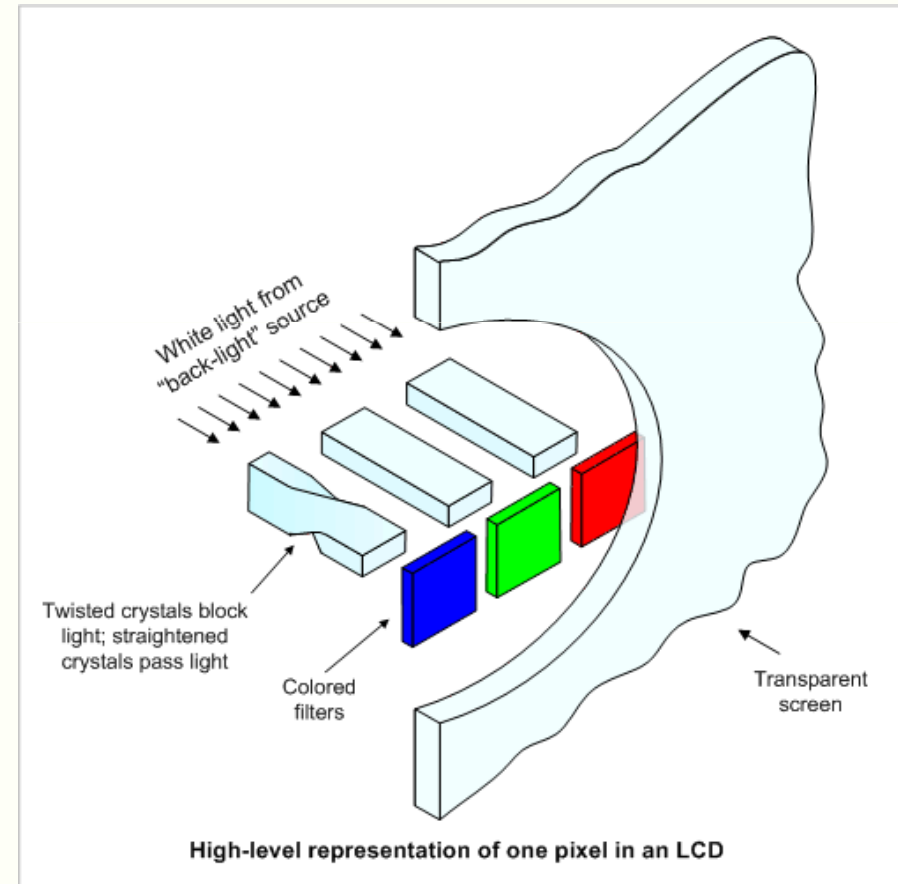
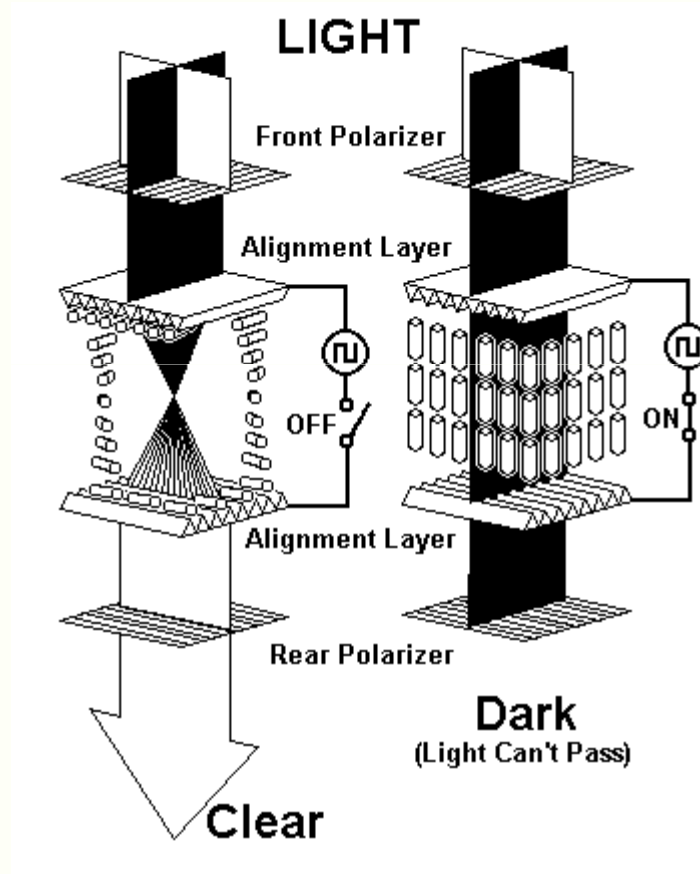
Monitor LCD

tríada

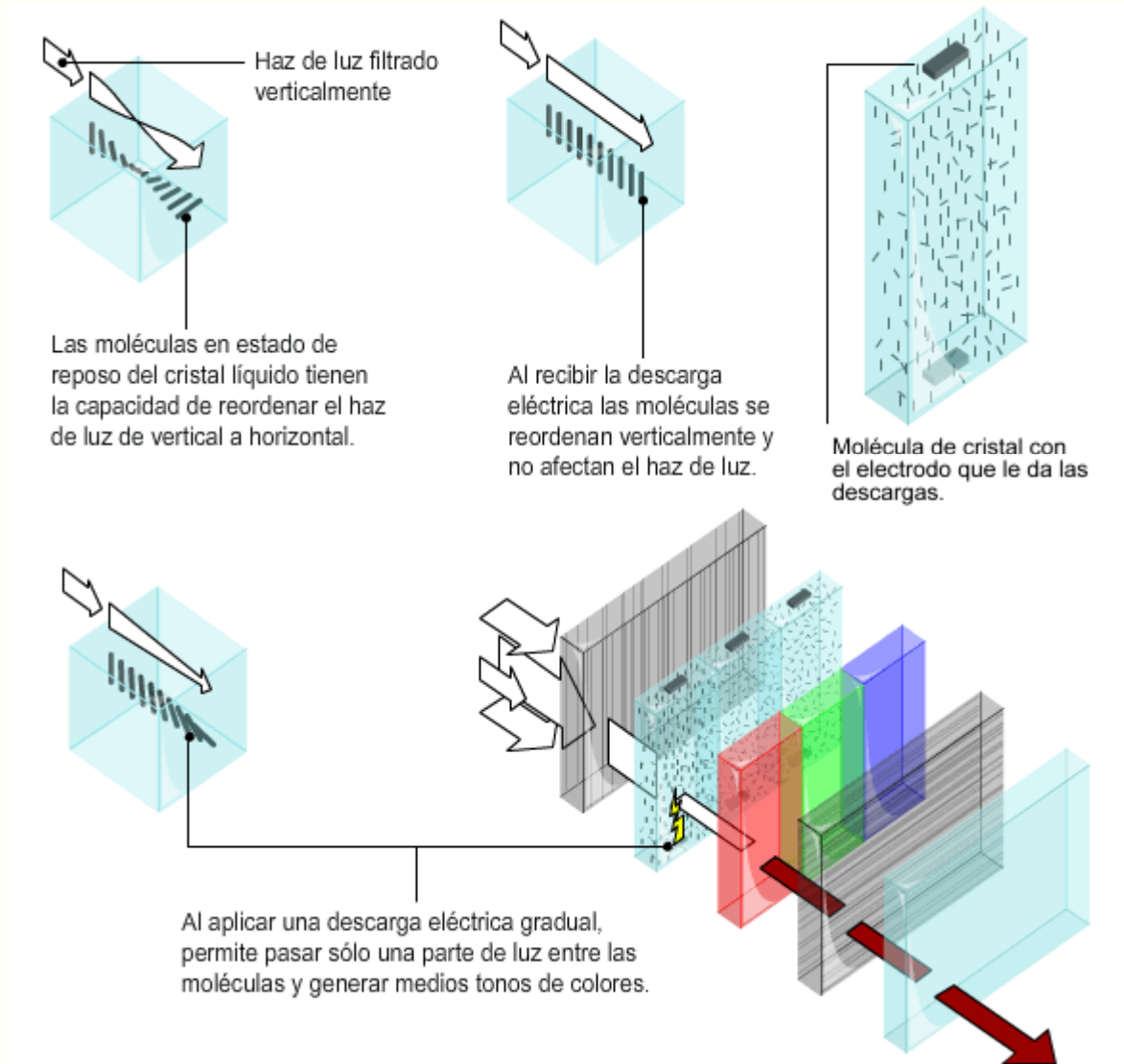
profundidad de color



Monitor LCD



Monitor LCD



Monitor LCD

Memoria de pantalla

Requisitos:

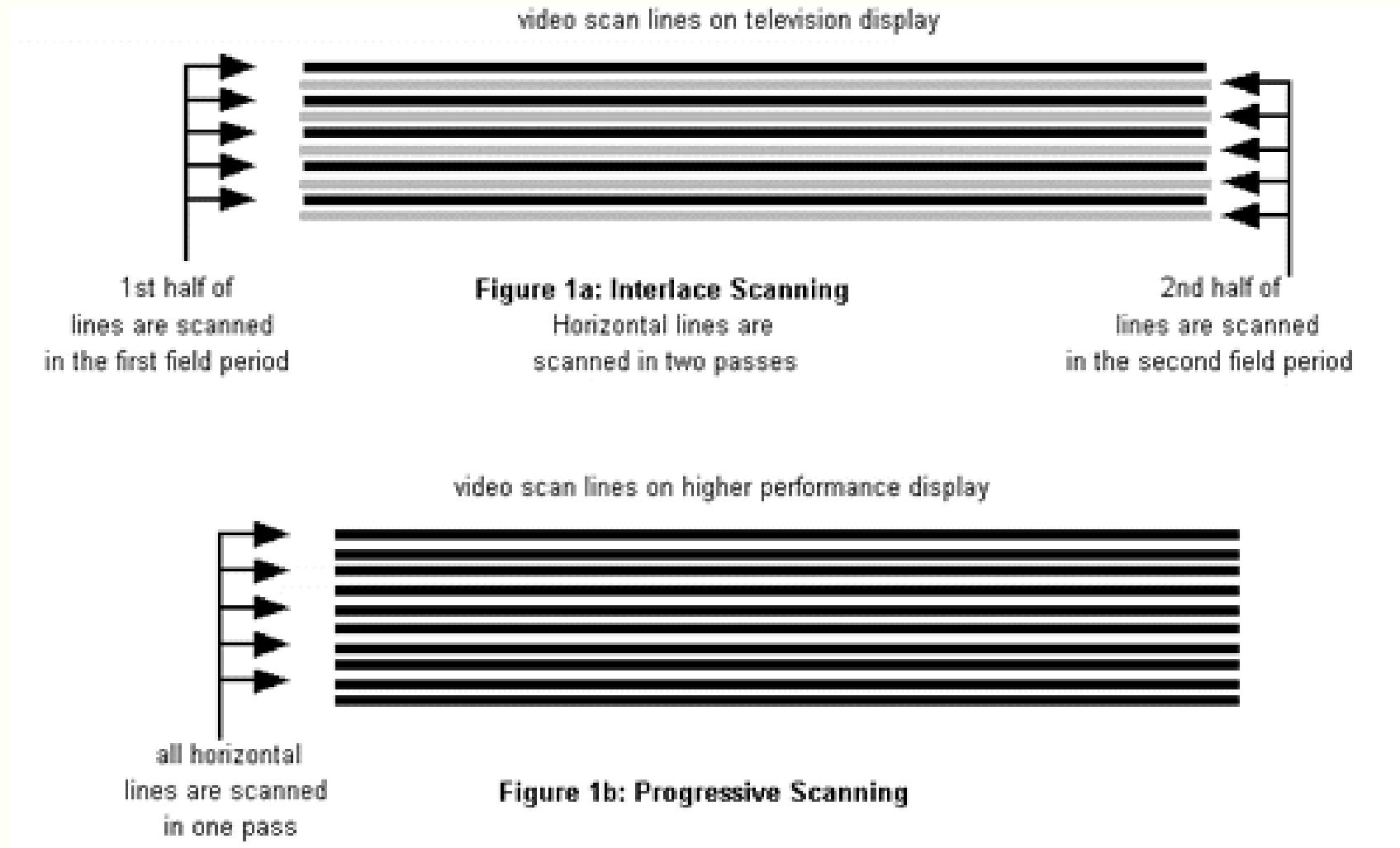
- Tamaño: resolución x profundidad de color (expresada en bytes)
 $1.920 \times 1.080 \times 3 = 6.220.800$ bytes
- Velocidad a la que se lee la memoria: tamaño x frecuencia de pantalla
 $6.220.800$ bytes \times 70 Hz = 435.456.000 bytes/s

Capacidad:

- Longitud de palabra: n^o de bits (bytes) que se leen en un ciclo de memoria
64 bits (8 bytes)
- Tiempo de acceso: tiempo que se emplea en leer una palabra
10 ns
- Ancho de banda: capacidad (velocidad máxima) de lectura de la memoria
ancho de banda = longitud de palabra / tiempo de acceso
 8 bytes / 10×10^{-9} s = 800.000.000 bytes/s

Monitor LCD

Entrelazado

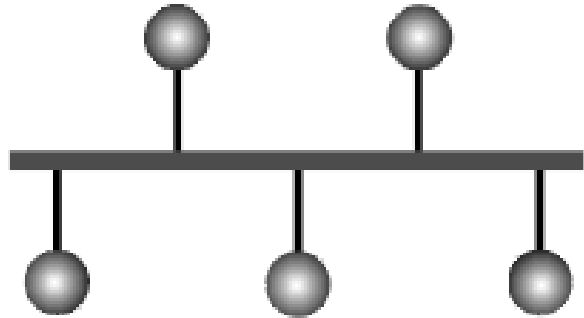


Dispositivos de comunicación

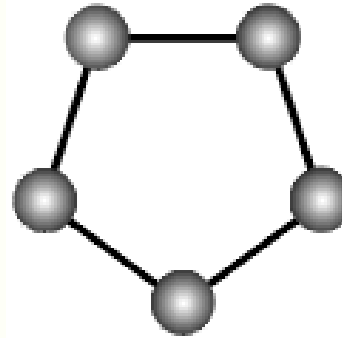
1:1 Punto a punto (línea serie)

N:N Red local (Ethernet)

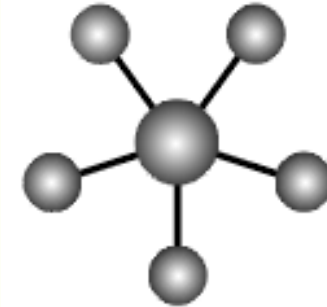
Topología



Bus network



Ring network



Star network

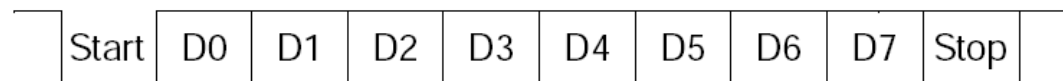
Línea serie

- Dispositivo de tipo carácter (bloque)
- Tamaño de los datos: byte
- V_{transf} : 110-115.200 bits/s
- Modo de funcionamiento:
 - Asíncrono/Síncrono (USART)
 - Paridad
 - Control de flujo
 - Gestión de la comunicación

UART

- A universal asynchronous receiver/transmitter (usually abbreviated UART and pronounced /'ju:art/) is a type of "asynchronous receiver/transmitter", a piece of computer hardware that translates data between parallel and serial forms. UARTs are commonly used in conjunction with other communication standards such as EIA RS-232. (<http://en.wikipedia.org/wiki/UART>)

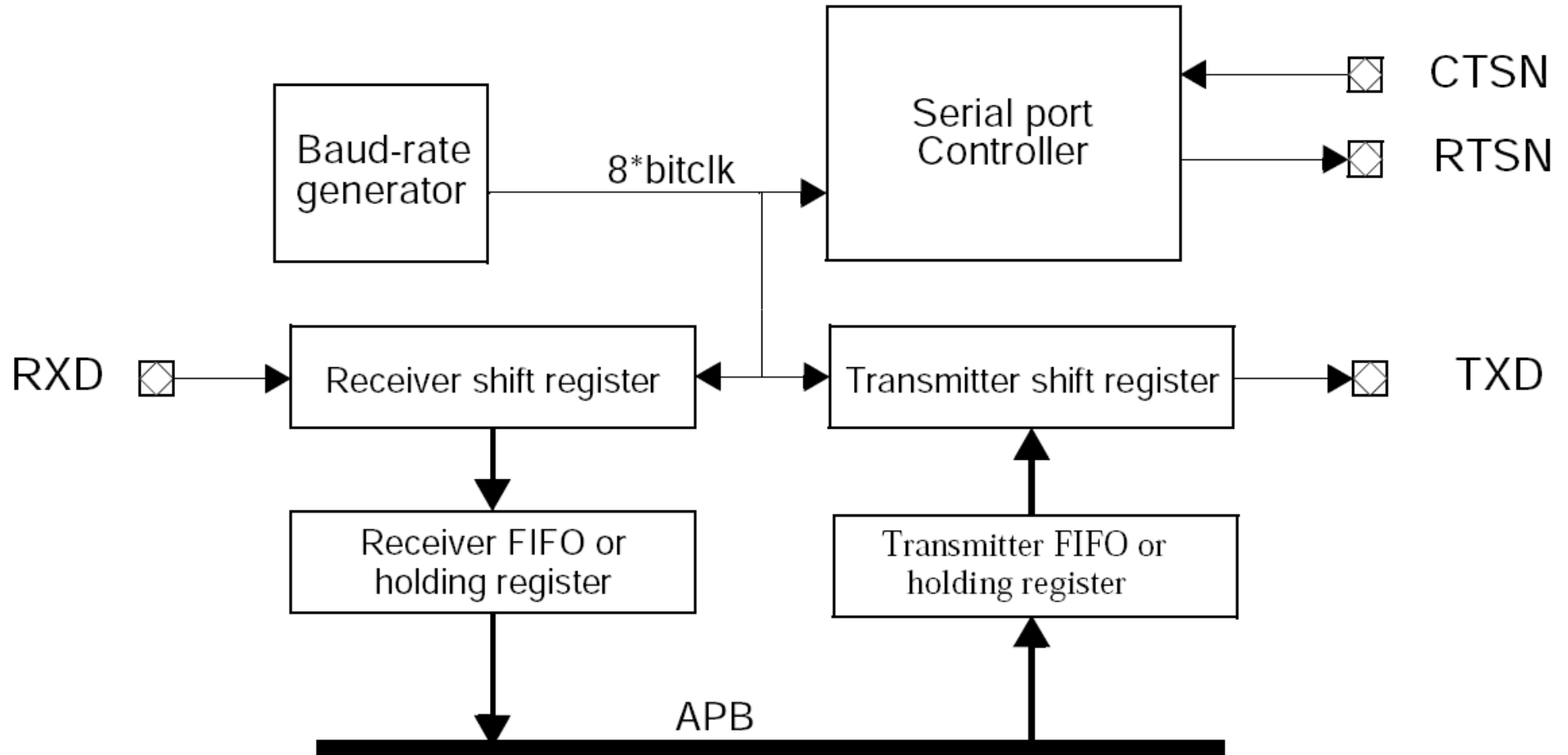
Data frame, no parity:



Data frame with parity:



Estructura UART



Control de flujo

Adecuar las velocidades de procesamiento de los dispositivos conectados.

- Hardware:
 - RTS/CTS: Request To Send/Clear To Send
 - Controla el buffer de recepción de la UART
- Software:
 - XON/XOFF: Transmission ON/OFF
 - Códigos ASCII (17 y 19)
 - Controla el buffer de la aplicación

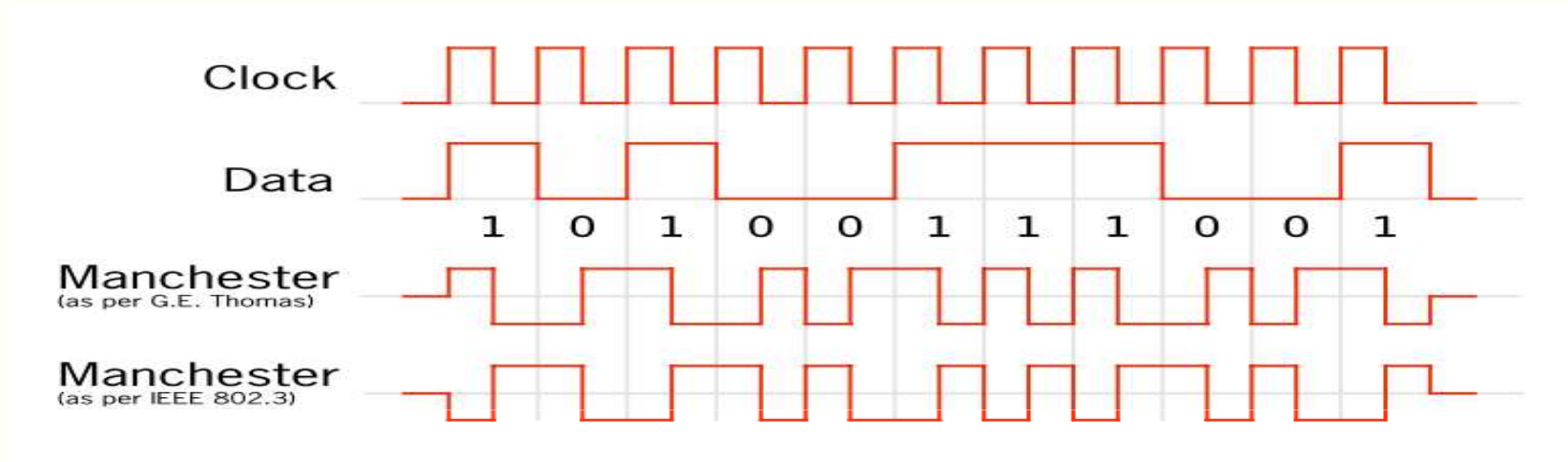
Comunicación

- Gestión: Simplex, Half-Duplex y Full-Duplex
- Velocidad/distancia:
 - 19.200 bits/s: 15 m
 - 2.400 bits/s: 1.000 m
- Niveles RS-232:
 - 1 lógico: -3..-15V
 - 0 lógico: +3..+15V
- RS-422: Señales en modo diferencial.
- RS-485: Conexión en bus
 - Configuración maestro/esclavo
- NMEA 0183: receptores GPS y equipos “marinos”
 - 4.800 bits/s, 8N1 y niveles RS-422

Ethernet

- Dispositivo de bloque
- Tamaño de los bloques variable
- V_{transf} : 10-10.000 Mbps (10 Gbits/s)
- Modo de funcionamiento:
 - Codificación de datos
 - Formato de paquete
 - Control de flujo
 - Medio físico

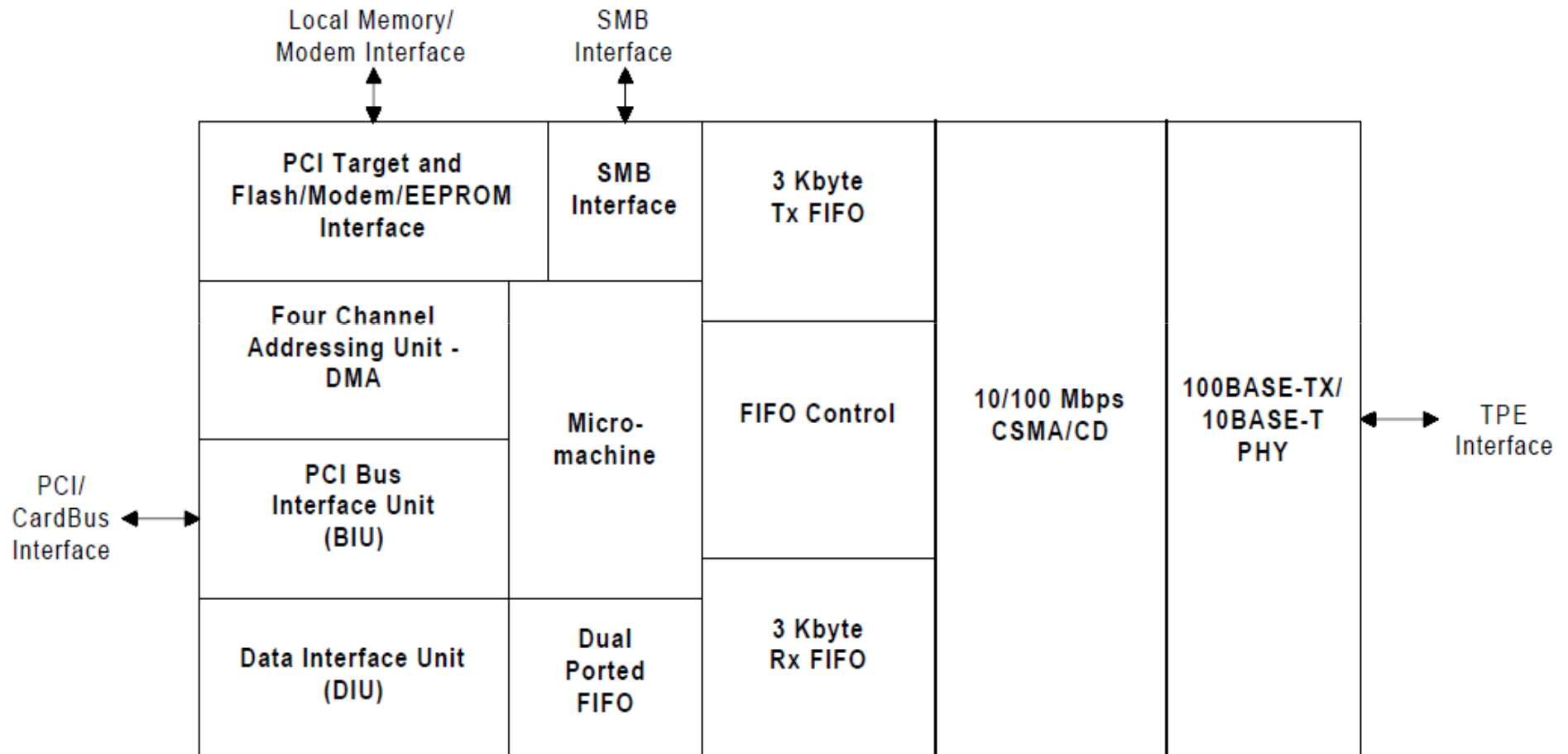
Codificación de datos



- Modulación por desplazamiento de fase.
- Reloj autocontenido.
- Se necesita doble ancho de banda.



LANCE: Local Area Network Controller for Ethernet





Formato de paquete

Preamble	Start of frame delimiter	MAC destination	MAC source	802.1Q tag (optional)	Ethertype or length	Payload	Frame check sequence (32-bit CRC)	Interframe gap
7 octets of 10101010	1 octet of 10101011	6 octets	6 octets	(4 octets)	2 octets	46-1500 octets	4 octets	12 octets
64-1522 octets								
72-1530 octets								
84-1542 octets								

- La dirección MAC es única para cada LANCE:
\$ifconfig
eth0 Link encap: Ethernet dirección HW 20:cf:30:27:14:78
- Información neta: 46-1500 bytes
- Información bruta (incluyendo tag): 84-1542 bytes
- IFG permite a los LANCES prepararse para la recepción del siguiente paquete.

Medio físico

- Originalmente cable coaxial de 9.5 mm (thicknet) 1980-85. Bus de 500 m.
- Posteriormente cable coaxial fino RG-58 de 5 mm (thinnet). Bus de 185 m.
- Actualmente los medios más comunes son par trenzado con conectores 8P8C (Rj45) y transmisión Wireless LAN por radio (WiFi).

Control de flujo

- Topología en bus con protocolo CSMA/CD:
 1. CS (Carrier sense) los LANCES reciben por la red a la espera de que esté inactiva.
 2. MA (Multiple access) uno o varios LANCES empiezan la transmisión a la vez que reciben lo que se manda por la red.
 3. CD (Collision Detect) si lo que reciben difiere de lo que están enviando quiere decir que se ha producido una colisión.
 4. Se aborta la transmisión y se espera un tiempo aleatorio para volver al paso 1. El número de reintentos es configurable por software.