

# Dispositivos de almacenamiento óptico

Laia Pérez Ríos

Jorge Rodríguez Cabrera

## **Resumen**

A lo largo de este trabajo se hablará de los distintos dispositivos de almacenamiento óptico que existen, haciendo un recorrido desde los primeros CDs que salieron al mercado hasta el Blu-Ray. Se expondrán los mecanismos de funcionamiento de cada uno de los dispositivos a tratar, su proceso de fabricación así como el mecanismo seguido para la codificación de la información y almacenamiento de los datos. Asimismo, se expondrán las características de cada uno de los formatos presentados, dando a conocer sus diferencias y similitudes.

# [ ÍNDICE ]

<u>TEMA</u>	<u>Pág</u>
1. Introducción .....	3
2. CD .....	4
3. DVD .....	18
4. Blu-Ray .....	32
5. HD-DVD .....	36
6. Conclusiones .....	38
7. Bibliografía .....	39
Anexo > Test .....	40

## **1. Introducción**

Fundamentalmente, existen dos tipos de discos para almacenar datos provenientes de un ordenador: los magnéticos y los ópticos. Dentro del almacenamiento magnético se encuentran los discos floppy y la mayoría de discos duros instalados en los PCs, donde los datos son grabados magnéticamente en discos rotativos. Por otro lado, los discos de almacenamiento óptico son similares a los magnéticos en cuanto a las operaciones básicas, pero la diferencia radica en que realizan las operaciones de lectura y grabado de datos haciendo uso de un láser. Otra diferencia importante es que los discos de almacenamiento magnético pueden leer y escribir tantas veces como se quiera, al contrario de muchos de los ópticos, que o bien sólo son de lectura o sólo se puede escribir en ellos una vez.

Cuando los discos de almacenamiento ópticos salieron al mercado, se pensó que reemplazarían a los magnéticos. Sin embargo, los discos ópticos resultaron ser mucho más lentos que los magnéticos pero también más adaptables para el diseño de medios de almacenamiento de datos extraíbles. De esta manera, los discos ópticos son usados, principalmente, para copias de seguridad y almacenamiento de archivos. Por otro lado, los discos magnéticos, al ser mucho más rápidos y capaces de almacenar más información en la misma cantidad de espacio, son más apropiados para el almacenamiento en línea, por lo que no serán reemplazados tan fácilmente.

Los estándares de la tecnología óptica se pueden clasificar en dos grandes grupos: el CD, donde se incluyen el CD-ROM, CD-R, y CD-RW; y el DVD, que representa también al DVD-ROM, DVD-RAM, DVD-RW, DVD-R, DVD+RW y DVD+R. A continuación se hablará de cada uno de ellos.

## 2. El CD

### • Tecnología óptica básica

El primer dispositivo de almacenamiento óptico que se convirtió en un estándar de la industria de los ordenadores fue el CD-ROM (Compact disc Read-Only Memory), medio de almacenamiento de sólo lectura basado en el formato original de los CD-DA (Digital Audio). Otros formatos, como el CD-R (CD-recordable) y el CD-RW (CD-Rewritable), añaden nuevas capacidades del CD original, permitiendo la escritura sobre el mismo.

Los primeros CD-ROM que salieron al mercado eran capaces de almacenar 650 MB y hoy en día permiten tener 80 minutos de grabación o 700 MB de datos.

Cabe destacar que el CD-ROM tiene el mismo formato que los CD-DA y de hecho, pueden reproducirse sin problemas en un reproductor de audio, siempre y cuando la información almacenada en los mismos sea de ese tipo, ya en caso contrario lo único que se reproduciría sería ruido debido a la información codificada almacenada en las pistas.



*Wikipedia*

## • Breve historia del CD

En 1979, las compañías de Sony y Philips se unieron para coproducir el estándar de CD-DA (Compact Disc-Digital Audio). Philips contribuyó, sobretodo, en el diseño físico, similar al formato del disco láser que habían creado previamente, mientras que Sony se encargó de todo lo referente a la circuitería y, especialmente, de toda la codificación y diseño de los códigos correctores de error. De esta manera, un año más tarde, salió al mercado el estándar CD-DA. El documento denominado **Red Book** (*Libro Rojo*) define el estándar para los CD audio. Pertenece a un conjunto de *libros de colores* conocido como “Rainbow Books”, que contiene las especificaciones técnicas para todos los formatos de la familia de discos compactos.

Sony y Philips continuaron su colaboración y en 1983 desarrollaron el CD-ROM, que permitía almacenar datos de sólo lectura para reproducirlos en un ordenador y no exclusivamente en formato audio.

## • Tecnología y construcción del CD

Un CD está hecho de un disco grueso de 1,2 milímetros de policarbonato de plástico, al que se le añade una capa refractante de aluminio, que se encargará de reflejar la luz del láser en el rango espectro infrarrojo, de manera que no será apreciable visualmente. Posteriormente, se le añade una capa protectora de laca, que actúa como protector del aluminio y, opcionalmente, una etiqueta en la parte superior.

Algunas de las especificaciones que presentan los CDs se detallan a continuación:

- **Velocidad de la exploración:** 500 rpm (revoluciones por minuto), aproximadamente.
- **Distancia entre pistas:** 1,6  $\mu\text{m}$ .
- **Diámetro del disco:** 120 u 80 mm.
- **Grosor del disco:** 1,2 mm.
- **Radio del área interna del disco:** 25 mm.
- **Radio del área externa del disco:** 58 mm.
- **Diámetro del orificio central:** 15 mm.

Asimismo es importante destacar que, a pesar de que los discos son leídos desde la parte inferior, la capa que contiene la pista está mucho más cerca a la superficie del mismo. Esto es debido a que la laca protectora que contienen es de sólo 67 micras de grosor.

#### • Fabricación de CDs

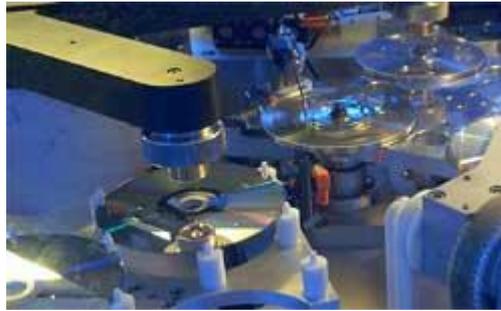
A pesar de lo que mucha gente cree, los datos en los CDs son almacenados mediante un proceso de estampado y no quemados por un láser.

Los pasos que se dan en la fabricación de CD son los que se detallan a continuación.

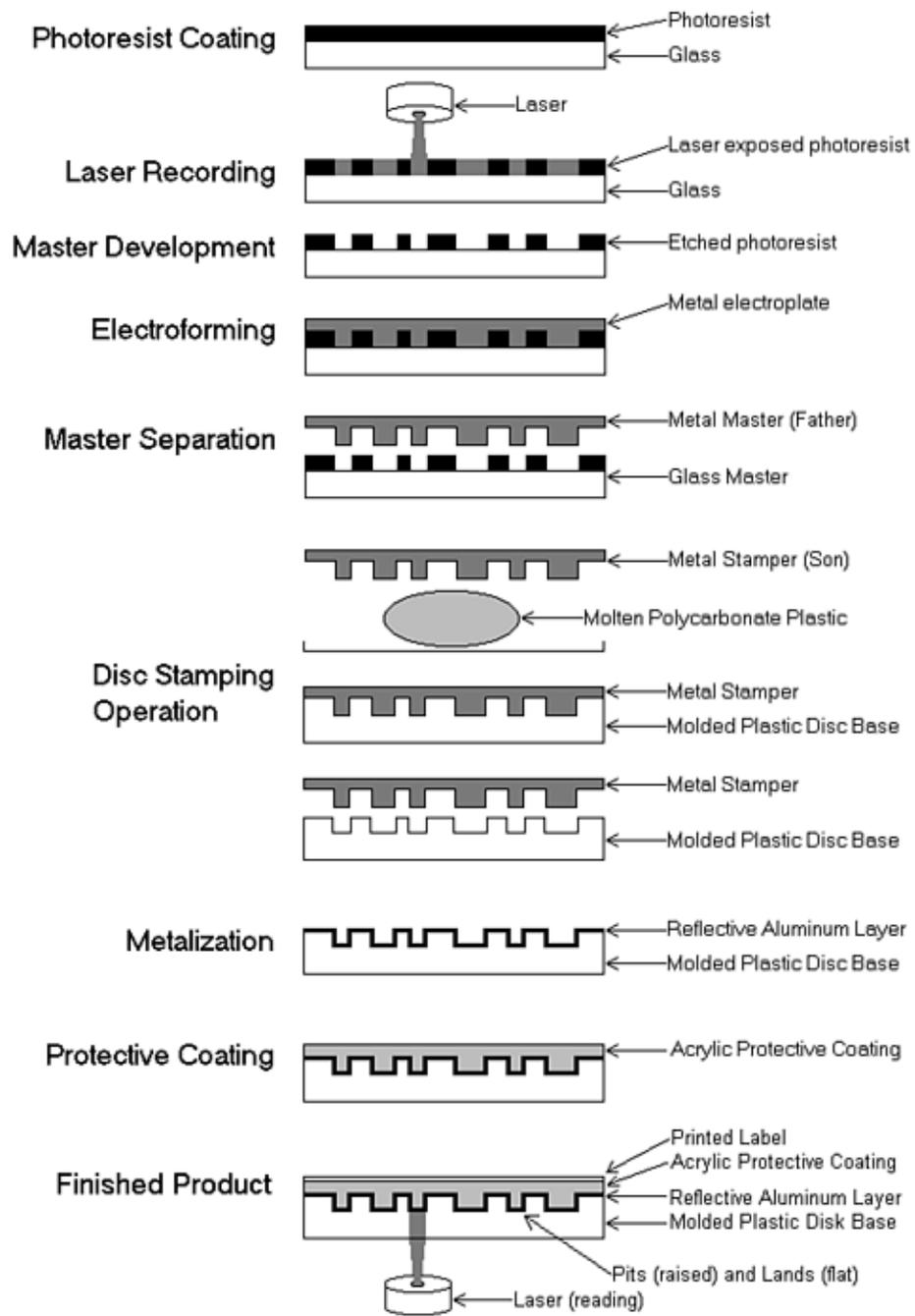
1. **Capa Fotosensible.** Una pieza circular de 240mm de diámetro de cristal pulido y de 6mm de grosor es centrifugado con una capa fotosensible de, aproximadamente, 150 micras de grosor y posteriormente se hornea a 80°C durante 30 minutos para endurecer el material fotosensible.
2. **Grabación.** Un láser azul de estado sólido (BSSL) graba la información quemando el elemento fotosensible previamente endurecido.
3. **Masterización.** Una disolución de hidróxido sódico es extendida sobre el cristal, que disuelve las áreas expuestas al láser y de esta manera graba las hendiduras sobre el material fotosensible. El producto que se obtiene es denominado *Glass Master*.
4. **Proceso de Galvano (Electroforming).** El *Glass Master*, es sumergido en una disolución electrolítica de composición principal que recibe el nombre de *Sulfato de Níquel*.
5. **Separación del master.** Una vez que el depósito de Níquel alcanza un espesor determinado, se separa del cristal. Esta pieza de níquel se trata mediante productos químicos, posteriormente se lija en su parte posterior y, finalmente, se corta con unos determinados parámetros, obteniéndose lo que se denomina por "Estampador".



6. **Operación de estampado del disco.** El estampador obtenido se coloca en un molde de inyección y sobre él se inyecta policarbonato a alta temperatura y presión para que reproduzca exactamente la información contenida en el estampador, obteniendo un CD transparente. De forma general, un disco puede ser estampado cada 23 segundos en una máquina actual.



7. **Metalización.** Una capa de aluminio se deposita sobre la información. El objetivo es conseguir una superficie reflectante que permita la lectura del CD.
8. **Capa protectora.** Para proteger la capa de aluminio y evitar que se oxide, se deposita sobre su superficie una capa de laca, secándose mediante luz ultravioleta.
9. **Producto Final.** Los discos inyectados son pintados por la cara sobre la que se depositó la capa de aluminio. Para ello se usan dos de los siguientes métodos: serigrafía y offset.



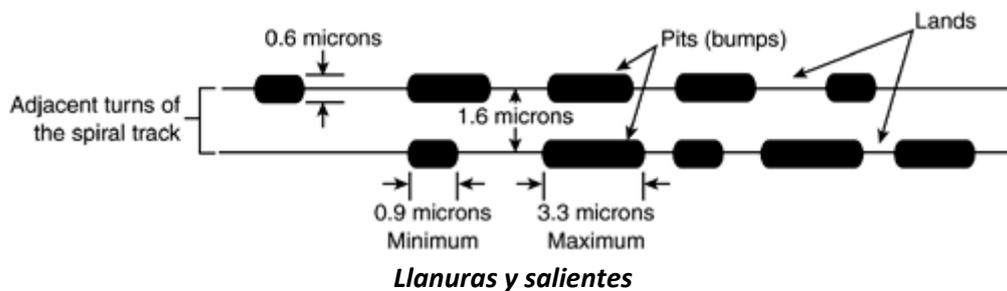
**CD proceso de fabricación.**

## • Llanuras y salientes

En un CD la información se almacena en formato digital, por lo que utiliza un sistema binario para guardar los datos. Los datos son grabados en una única espiral que comienza desde el interior del disco y hasta la parte externa del mismo. Los datos binarios se almacenan en forma de llanuras y salientes de tal manera que al incidir el haz del láser, el ángulo de reflexión es distinto en función de si se trata de una saliente o de una llanura. Si la luz incide sobre una llanura, se refleja de vuelta, mientras que si lo hace sobre una saliente no será reflejada.

Las salientes tienen un ancho de 0,6 micras, mientras que su altitud se reduce a 0,12 micras con respecto a las llanuras. La longitud de las salientes y llanuras está entre las 0,9 y las 3,3 micras. Entre una revolución de la espiral y las adyacentes hay una distancia aproximada de 1,6 micras (lo que hace cerca de 45.000 pistas por cm).

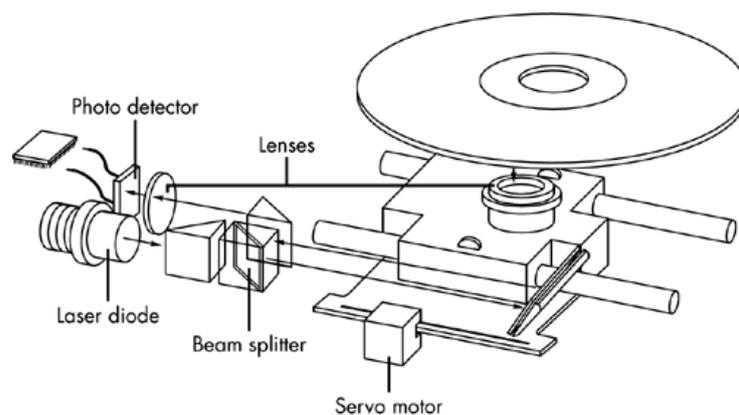
Es importante resaltar que las llanuras y salientes no se corresponden a los valores binarios. Lo que ocurre es que los valores binarios son detectados por las *transiciones* de saliente a llanura, y viceversa. De esta manera, una transición determina un 1 binario, mientras que la longitud de una hendidura o una llanura indica el número consecutivo de 0 binarios.



## • Mecánica de una unidad de CD-ROM

En este apartado se describen los pasos seguidos por una unidad lectora para reproducir los datos almacenados en un CD-ROM.

1. El diodo láser emite un haz de luz dirigida hacia el espejo reflectante.
2. El servo motor posiciona el haz de luz en la pista correcta del CD-ROM a base de mover dicho espejo.
3. Cuando el haz de luz incide sobre un punto de la superficie del CD, la luz refractada se recoge y se enfoca en la primera lente debajo del plato. A continuación, rebota en el espejo y finalmente se envía hacia el separador de haces de luz.
4. Dicho separador dirige el haz devuelto hacia otra lente.
5. La última lente dirige el haz de luz al fotoreceptor, que la convierte en impulsos eléctricos.
6. Dichos impulsos son codificados por el microprocesador y los envía por el controlador del sistema como datos.



***Componentes típicos dentro de una unidad de CD-ROM.***

## • Pistas y secciones

Un disco está dividido en 6 áreas principales:

- Área central de sujeción: parte del disco donde el mecanismo central de la unidad puede sujetar el CD.
- Área de calibración de potencia. Este tipo de área sólo se encuentra en los CD regrabables y es usada por las grabadoras para determinar la potencia necesaria del láser para quemar de forma óptima.
- Área de memoria Programable. Una vez más, este tipo de área sólo se encuentran en los CD regrabables y es el área donde se almacena temporalmente la tabla de contenidos (TOC) hasta que se cierra la sesión de grabado. Una vez finalizada la sesión, la tabla de contenido se escribe en el área de *Lead in*.
- Área de Lead in. Contiene la tabla de contenidos en el canal de subcódigo Q. Dicha tabla almacena las direcciones de comienzo y longitud de las pistas, el tamaño total de los datos e información adicional sobre cada una de las sesiones grabadas. Dicho área ocupa 4,500 sectores del disco (1 minuto si se mide en el tiempo o 9.2 MB palabras de datos). Asimismo, indica si el CD es multisesión.
- Área de datos. Área que se encuentra a un radio de 25mm desde el centro del CD.
- Área de Lead Out. En esta área se almacena información relacionada con el final del área de datos o el final de la sesión de grabado en un disco multisesión.

La información del CD se graba en espiral, en lugar de pistas concéntricas. Esta espiral comienza en el centro y consigue una densidad de 16.000 TPI (pistas por pulgada). Si pudiésemos desenrollar la espiral alcanzaría una longitud de 6 Km.

Dicha espiral es dividida en sectores que se almacenan a una velocidad de 75 sectores por segundo. En un disco de 74 minutos supone un total de 333,000 sectores. Cada sector es, a su vez, dividido en 98 tramas o frames individuales de información, cada uno de los cuales contiene 33 bytes: 24 bytes de audio, 1 byte que contiene subcódigo y 8 bytes usado para los códigos de paridad (para corrección de errores).

A continuación se incluyen unas tablas detallando ciertas especificaciones que pueden resultar interesantes.

<b>Minutos del CD</b>	<b>74</b>	<b>80</b>
<b>Sectores por segundo</b>	75	75
<b>Tramas por segundo</b>	98	98
<b>Número de sectores</b>	333,000	360,000
<b>Longitud del sector</b>	17,33 mm	17,33 mm
<b>Longitud del byte</b>	5,36 um	5,36 um
<b>Longitud del bit</b>	0,67 um	0,67um

#### ***Cada frame***

<b>Bytes de subcódigos</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>Bytes de datos</b>	24	24
<b>Bytes de paridad P+Q</b>	8	8
<b>Bytes/frame</b>	33	33

#### ***Datos de audio***

<b>Tasa de muestreo</b>	<b>44,100 Hz</b>	<b>44,100 Hz</b>
<b>Tamaño de la muestra</b>	2 bytes	2 bytes
<b>Bytes de audio/seg</b>	176,400	176,400
<b>Sectores por segundo</b>	75	75
<b>Bytes de audio/sector</b>	2,352	2,352

### **Sectores de audio (98 frames)**

<b>Bytes de paridad P+Q</b>	784	784
<b>Bytes de subcódigos</b>	98	98
<b>Bytes de datos de audio</b>	2,352	2,352
<b>Bytes/sector(sin codificar)</b>	3,234	3,234

#### **• Muestreo**

El sonido digital necesita muestras con una frecuencia de 44,1KHz. (44.100 muestras por segundo. Cada muestra tiene dos componentes o canales (estéreo), y cada una de ellas está digitalizada mediante 16 bits, lo que permite una resolución de 65.536 posibles valores, que representa la amplitud del sonido para ese canal en ese momento.

La velocidad de muestreo determina el rango de las frecuencias de audio que pueden ser representadas en la grabación digital. Cuanto mayor sea el número de muestras de onda por segundo, más próxima estará al original. El teorema de Nyquist establece que la velocidad de muestreo debe ser de al menos el doble de la frecuencia más alta presente en la muestra para poder reconstruir la señal original con mayor precisión.

Por tanto, los sectores de audio combinan 98 tramas de 33 bytes cada uno, que resultan en un total de 3,234 bytes por sector, de los que sólo 2,352 bytes son de son de audio, 98 bytes son de subcódigo por trama y los 784 restantes son usados para la corrección de errores.

## • Subcódigos o canales P y Q

Los bytes de subcódigo habilitan a la unidad lectora a encontrar canciones a lo largo de la espiral y también contienen información adicional sobre el disco en general. 2 de los 98 bytes de subcódigos totales, se usan para indicar el principio y el final de un bloque. Los 96 restantes son divididos en 8 bloques de 12 bytes, a los que se les asigna una letra de designación P-W.

El subcódigo P se usa para identificar el comienzo de las pistas en el CD, mientras que el subcódigo Q contiene información variada, incluyendo si el sector es de audio o de datos, si los datos de audio tienen dos o cuatro canales, si la copia digital está permitida, la distribución y número de la pista, los minutos, segundos y el número de frame desde el comienzo de una pista o canción, así como el ISRC ,código estándar internacional de grabación (único para cada pista del disco).

## • Corrección de errores

Los CDs introducen una codificación CIRC (código Reed-Solomon de intercalación transversal) como sistema de corrección de errores para resolver, en la medida de lo posible, errores que puedan surgir durante la reproducción, tales como una simple mota de polvo, un arañazo, o una huella digital, etc.

Este sistema de corrección de errores puede reconstruir la señal si las muestras dañadas (ya sean errores aleatorios o errores de ráfaga) no sobrepasan la capacidad del sistema. Si se trata de errores leves, el sistema los corrige automáticamente sin consecuencias para la percepción sonora.

Por otro lado, puede ocurrir que el número de errores es tal que no puede corregirse automáticamente, y es entonces cuando el sistema realiza una interpolación (también denominada promediado u ocultación), es decir, obtiene la media matemática entre los valores adyacentes (anterior y posterior). Aunque el valor interpolado no sea el correcto, al menos, no producirá un efecto desagradable. Si se dan

muchos casos en que los valores hayan tenido que ser promediados, es posible que el disco esté sucio.

En los casos en que la interpolación no es posible, lo que se hace es "retener" la muestra anterior. Si esto ocurre así, el sistema anula automáticamente la salida si detecta varias retenciones ya que se ha sobrepasado la capacidad de corrección de errores del equipo.

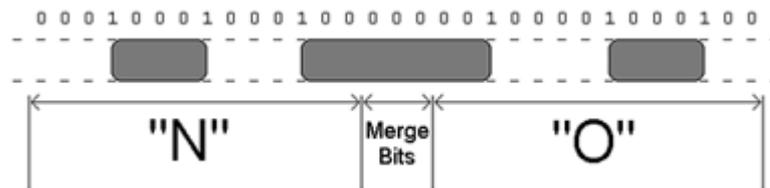
En un CD-ROM se añade información adicional a cada sector para detectar y corregir errores así como identificar la localización de los datos de una manera más eficiente. Para que todo esto sea posible, se toman 304 bytes, de los 2,352 que originalmente se usaron para audio y datos, y se usan para la sincronización (sync), bit identificadores (ID), códigos de corrección de error (ECC) y códigos de detección de error (EDC). Como consecuencia, se tienen finalmente 2,048 bytes para datos de usuario en cada sector.

#### • Codificación de la información

Se utiliza una codificación conocida como modulación EFM (*Eighth to Fourteen Modulation* o 'modulación ocho a catorce'). Cada bloque de 8 bits se traduce a su correspondiente palabra de código de 14 bits, escogida de forma que los datos binarios están separados con un mínimo de dos y un máximo de diez ceros binarios. Esto es un tipo de codificación denominada Run Length Limited (RLL) del tipo 2,10. Esto es así porque un uno binario se almacena en el disco como un cambio de una cresta a un valle, mientras que un cero binario se graba sin realizar cambios. Ya que EFM asegura que existan al menos dos ceros entre cada dos unos, también asegura que cada cresta y cada valle contengan al menos tres ciclos de reloj. Esto reduce los requisitos del sistema de captación óptica utilizado en el mecanismo de reproducción. El máximo de diez ceros consecutivos asegura la recuperación de la señal de reloj en el peor de los casos.

Debido a que algunos códigos EFM empiezan y terminan con uno o más de cinco 0s, se añaden 3 bit más entre cada uno de los 14 bits EFM escritos en el disco, denominados *merge bits*. Además de esos 17 bits, se

añaden al principio de cada frame 24 bits de sincronización (más sus 3 merge bits correspondientes). Esto conlleva a que se tiene un total de 588 bits almacenados en el disco por cada frame. Si los multiplicamos por los 98 frames por sector y se tienen 7,203 bytes almacenados en el disco para representar cada sector. Un disco de 74 minutos tiene realmente unos 2.4GB de datos almacenados, que tras ser codificados y una vez retirados los códigos de corrección de errores, resultan en un total de 682MB (650 MiB) de datos de usuario.



Carácter	"N"	"O"
ASCII (decimal)	78	79
ASCII(hexadecimal)	AE	4F
ASCII(binario)	01001110	01001111
EFM	00010001000100	00100001000100

## · Otros formatos de CD

### **> CD-R (Compact Disc Recordable)**

Es otro formato de CD que permite la grabación casera o particular, pero sólo es posible grabar en él una vez. Es posible almacenar cualquier tipo de información que esté en formato digital: ficheros informáticos, fotografías o música digitalizada e incluso vídeos.

Los discos no pueden ser ni borrados ni grabados nuevamente cuando se haya utilizado toda su capacidad. Se pueden grabar en varias sesiones (discos multisesión), pero existe el inconveniente, en este caso, de que se pierden bastantes megabytes de espacio de grabación y que algunos lectores (los modelos más antiguos), no son capaces de leer más que los datos grabados en la última sesión.

### **> CD-RW (Compact Disc ReWritable)**

Otro formato de CD es el CD-RW, que puede ser grabado, borrado y regrabado una cantidad determinada de veces. Estos discos normalmente son leídos únicamente por computadoras o aparatos que soporten la característica de lectura de discos CD-RW.

### **3. El DVD**

Un DVD (*digital versatile disc*) es, en términos simples, un CD de alta capacidad. De hecho, cada unidad de DVD es, también, una unidad de CD. Es decir, una unidad DVD puede leer perfectamente DVDs y CDs.

Esto es debido a que utilizan, básicamente, la misma tecnología óptica. Sin embargo mantienen, obviamente, algunas diferencias. La principal es la mayor densidad de datos de un DVD respecto a la de un CD. Y es que un DVD estándar aumenta drásticamente la capacidad de almacenamiento y, por tanto, las posibilidades del CD-ROM.

Un CD-Rom puede alcanzar una capacidad máxima de aproximadamente 737MB (80 minutos). Por el contrario, los DVDs pueden almacenar 4,7GB o incluso 8,5GB si son de doble capa por lado del disco, lo que supone un incremento once veces y medio mayor sobre el CD. En un DVD puede grabarse hasta dos capas de información, de tal forma que uno de doble capa puede doblar esa capacidad grabando por cada lado del disco, aunque es necesario actualmente girar el DVD manualmente para leer el otro lado del disco. De esta manera, con una compresión MPEG2, podríamos almacenar unos 133 minutos de vídeo, suficiente para la mayoría de películas de hoy en día.

**Nota.** Es importante destacar las diferencias existentes entre un DVD-Vídeo y un DVD-Rom estándar. La principal es que los DVD-Vídeo únicamente disponen de archivos de vídeo reproducibles por reproductores DVD conectados a televisiones. Sin embargo, los DVD-ROM estándar sí que permiten cualquier tipo de archivo, a la vez que no son compatibles con los reproductores de vídeo.

## • Historia del DVD

En 1995, dos estándares competían por asegurarse el futuro mercado de las unidades de CD-ROM de alta capacidad. Se trataban del Multimedia-CD, producido principalmente por Philips y Sony, y el Super Density (SD) disc, apoyado por compañías como Toshiba y Time Warner.

Sin embargo, una situación en la que el mercado se dividiese en dos era bastante perjudicial tanto para consumidores como para la industria. Por ello, algunas organizaciones, como la *Hollywood Video Disc Advisory Group* unieron ambos formatos en uno, mezclando sus principales características. Esa unión de ambos formatos dio lugar a un nuevo formato: el DVD.

El DVD-ROM y el DVD-Vídeo fueron lanzados oficialmente a finales de 1996, saliendo al mercado las primeras unidades y reproductores en 1997 a precios de aproximadamente \$1,000.

## • Tecnología y fabricación del DVD

La tecnología del DVD es similar a la del CD. Ambos usan discos del mismo tamaño, aunque a diferencia del CD, en los DVDs pueden grabarse hasta dos capas de información en una cara o en las dos caras del disco. El proceso de fabricación es básicamente el mismo, con la excepción de que cada capa en cada lado del disco es estampado en una pieza separada de plástico de policarbonato y posteriormente unidas para completar el disco.

La diferencia principal entre el CD y el DVD, es que este último posee una mayor densidad de datos leídos por un láser con menor longitud de onda que apunta al disco desde más cerca. Otra diferencia destacable, es que los DVDs, al contrario que en los CDs, pueden almacenar datos en dos capas por lado del disco, pudiendo tener información también en los dos lados del disco.

Como pasara con los CDs, cada capa es estampada o moldeada con una única pista física que comienza en el centro del disco y va dirigiéndose al exterior en espiral. El disco rota en el sentido contrario a las agujas del reloj, y cada pista espiral contiene salientes y llanuras tal y como lo hacen en los CDs. Cada capa grabada es cubierta por una fina capa de metal para reflejar la luz del láser. La capa externa tiene una capa más fina para dejar pasar la luz y leer la capa

interior. Si el disco sólo es grabado por un lado, puede colocársele una etiqueta por el contrario. Si, en cambio, se puede grabar por los dos, solamente existirá hueco en un pequeño anillo cerca del centro del disco.

Tal y como ocurre en un CD, la lectura de la información de un DVD se consigue gracias al rebote de un halo de luz de un láser de baja potencia sobre una de las capas reflectoras del disco.

El láser emite un rayo enfocado al interior del disco, y un receptor fotosensible detecta cuándo y cómo es reflejada la luz. Cuando la luz alcanza una llanura en la pista, la luz es reflejada de vuelta; cuando lo que alcanza es un saliente, la diferencia de fase entre la luz proyectada y la reflejada provoca la cancelación de las ondas y que ninguna luz sea reflejada de vuelta.

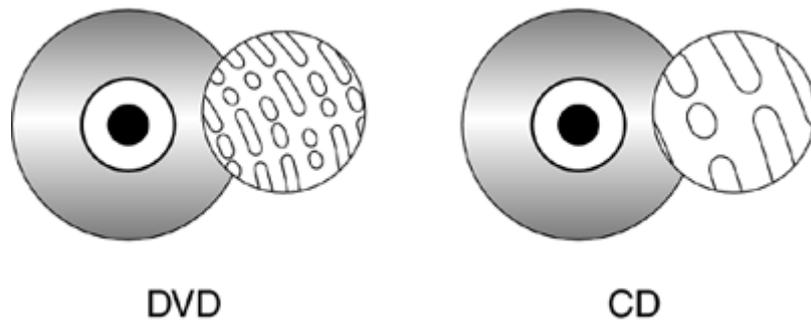
Cada uno de los salientes de un DVD mide 0.105 micras de profundidad y es 0.4 micras de ancho. Tanto las llanuras como los salientes, miden desde los 0.4 micras como mínimo, hasta un máximo de 1.9 micras (en discos de una única capa).

El método de lectura de los salientes y llanuras es igual al utilizado para la lectura en CDs, al igual que ocurre con el funcionamiento de las unidades lectoras.

El DVD usa el mismo láser de lectura de salientes y llanuras que utilizan los CDs. La mayor capacidad del DVD es posible gracias a algunos factores, de entre los que se incluyen los siguientes:

- Una longitud de salientes 2,25 veces menor.
- Punto de pista 2,16 veces menor.
- Área de datos en el disco ligeramente mayor.
- Modulación del canal de bit aproximadamente 1.06 veces más eficiente.
- Código de corrección de errores 1.32 veces más eficiente.

Los salientes y llanuras de los DVDs son mucho menores y más cercanos entre ellos que los existentes en un CD, permitiendo a un disco con las mismas dimensiones físicas albergar mucha más información. De esta manera, las pistas son cuatro veces más densas en un DVD que en un CD, tal y como se puede ver en la siguiente imagen:



Un DVD puede doblar su capacidad inicial gracias a la utilización de dos capas de datos en un lado del disco, y doblarla otra vez utilizando el otro lado del disco. La segunda capa de datos se escribe en un sustrato separado debajo de la primera capa, la cual está fabricada con material semireflectante que habilita al láser para penetrar por debajo de éste. De esta forma, permitiendo al láser leer desde las dos capas, se consigue almacenar el doble de información en la misma superficie.

#### • **Pistas y sectores de un DVD**

Los salientes son estampados en una única pista en espiral (por capa) con un espacio de 0.74 micras entre las curvas, lo que corresponde a una densidad de pista de 1.351 giros completos por milímetro. Esto equivale a 49.324 giros en total y una longitud de pista total de 11.8km.

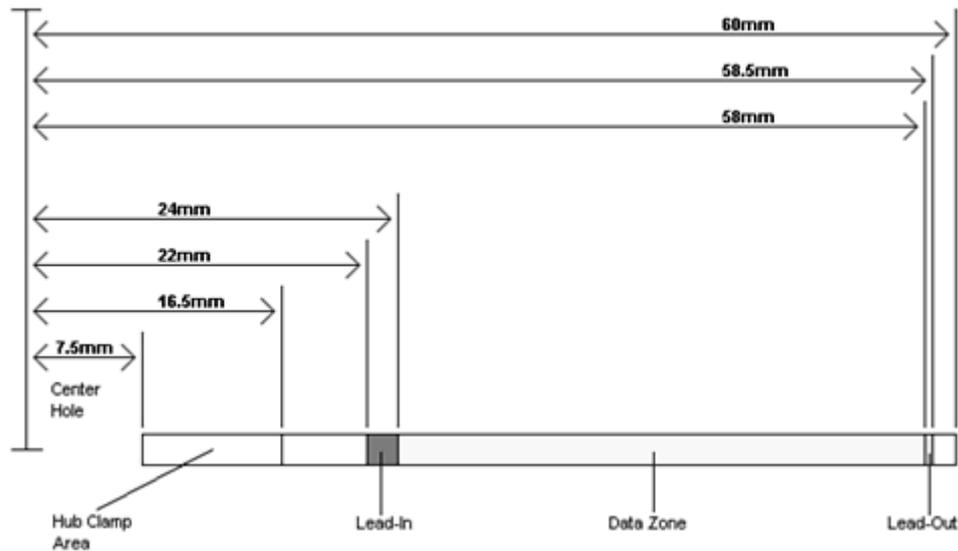
Una pista está compuesta por varios sectores, en los que cada uno contiene 2.048 bytes de datos (es decir, 2KB). El disco se divide en cuatro áreas principales:

- *Área del banco central.* Esta área es la parte del disco donde el mecanismo central puede sujetar el disco. No hay datos ni información almacenados en esta área.
- *Zona de introducción.* Esta zona contiene áreas de buffer, código de referencia y principalmente una zona de control de datos con información sobre el disco. Esta zona de control consiste en 16 sectores de información repetidos 192 veces para hacer un total de 3.072 sectores. En esos 16 sectores repetidos, se contiene información sobre el disco, incluyendo la categoría de disco y el número de versión, tamaño

de disco y máxima tasa de transferencia, estructura de disco, densidad de grabado y localización del área de datos. La totalidad de la *zona de introducción* toma hasta 196.607 sectores en el disco. Al contrario que ocurre con los CDs, la estructura básica de todos los sectores en un DVD es la misma. Los sectores del área de buffer en la *zona de introducción* tienen todos *00h* (cero hexadecimal) grabados por datos.

- *Área de datos.* El área de datos contiene el vídeo, audio u otros tipos de información en el disco y empieza en el sector número 196.608 (30000h). El número total de sectores en el área de datos puede ser de hasta 2.292.897 por capa.
- *Zona final (o central).* La zona final señala el final del área de datos. Los sectores en la zona final contienen todos *00h* como datos. A la zona final también se le denomina zona central si el disco es de doble capa y está grabado en modo OPT (*Opposite Track Path*), en el cual la segunda capa empieza desde el exterior del disco y es leído en la dirección contraria a la de la primera capa.

El agujero central de un DVD mide 15mm de diámetro, por lo que su radio es de 7,5mm. Desde el borde del agujero central hasta un punto a un radio de 16.5mm es el *área del banco central*. La zona de introducción comienza en el radio de 22mm desde el centro del disco. El área de datos empieza en un radio de 24mm desde el centro del disco y es seguido por la *zona final (o central)* a los 58mm. La pista del disco termina oficialmente a los 58.5mm, siendo lo que resta de disco un área vacía de 1.5mm desde el borde del disco. Puede verse mejor en la siguiente figura:



Oficialmente, la pista espiral de un DVD estándar empieza con la *Zona de introducción* y termina al finalizar la *Zona final* y mide unos 11.84 kilómetros. Un dato interesante es que en una unidad 20x CAV, al leer la parte exterior de la pista, la información se mueve a una velocidad de 251km/h al pasar por el láser. Sorprendentemente, incluso con la información viajando a tal velocidad, el láser es capaz de leer de forma precisa bits (transiciones saliente/llanura) espaciados tan solamente 0.4 micras.

Para ser escritos, los sectores son primero formateados en frames de datos de 2.064 bytes: 2.408 de datos, 4 bytes que contienen información ID, 2 bytes que contienen códigos de detección de errores ID (IED), 6 bytes que contienen información de copyright y 4 bytes que contienen el EDC del frame.

Los frames de datos tienen información ECC añadida para convertirlos en frames ECC. Cada frame ECC contiene el frame de datos de 2.064 bytes más 182 bytes PO (*parity outer*) y 120 bytes PI (*parity inner*), haciendo un total de 2.366 bytes por cada frame ECC.

Finalmente, los frames ECC son convertidos a sectores físicos en el disco. Esto es realizado tomando 91 bytes a la vez del frame ECC y convirtiéndolos en bits almacenados con modulación de 8 a 16 bits. Aquí es donde cada byte es convertido en un valor 16-bit especial, seleccionado a partir de una tabla. Estos valores son designados usando un esquema RLL 2.10, designado de manera que la información codificada nunca tenga menos de 2 bits 0 consecutivos o más de

10. Tras ser convertido cada grupo de 91 bytes a modulación de 8 a 16 bits, se le añaden 32 bits de información de sincronización. Después de que el frame ECC es convertido en un sector físico, un total de 4.836 bytes es almacenado.

Al contrario que ocurre con los CDs, los DVDs no usan subcódigos y en lugar de ello, utilizan los bytes ID en cada frame de datos para almacenar el número de sector e información sobre los sectores.

### • Manejo de errores

Los DVDs usan códigos de detección de errores más potentes que los creados para el CD. Al contrario que con los CDs, que tienen diferentes niveles de corrección de errores dependiendo de si audio/video o datos están siendo almacenados, los DVDs tratan toda la información de igual manera y aplican una corrección de error total para todos los sectores.

La principal corrección de error en los DVDs toma lugar en un frame ECC. Se añaden bits de *Parity outer* y *Parity inner* para detectar y corregir errores. El esquema es simple y a la vez efectivo. La información de los frames de datos es separada primero en 192 filas de 172 bytes cada una. Entonces, una ecuación polinómica es aplicada para calcular 16 bytes *PO (parity outer)* para cada columna, resultando en 16 bytes (filas) siendo añadidas a cada columna. Lo que empezó como 192 filas de 172 bytes, acaba dando lugar a 208 filas de 182 bytes con los bits de PI y PO añadidos.

La función de los bytes PI y PO puede ser explicada con un simple ejemplo usando paridad simple. En este ejemplo, 2 bytes son almacenados (01001110 = N, 01001111 = O). Para añadir la información de corrección de error, se organizan en filas tal y como se muestra a continuación:

```
                Data bits
                1 2 3 4 5 6 7 8
                -----
Byte 1   0 1 0 0 1 1 1 0
Byte 2   0 1 0 0 1 1 1 1
                -----
```

Entonces, un bit PI es añadido para cada fila, usando *Paridad impar*. Esto significa que se cuentan los bits a 1: en la primera fila hay 4, entonces el bit de paridad es colocado a 1, dejando la suma de unos impar. En la segunda fila, el bit de paridad es 0 porque ya aparecían los bits 1 un número impar de ocasiones. El resultado sería el siguiente:

	Data bits		PI
	1 2 3 4 5 6 7 8		
Byte 1	0 1 0 0 1 1 1 0		1
Byte 2	0 1 0 0 1 1 1 1		0

A continuación, los bits de paridad de cada columna son añadidos y calculados de la misma manera que antes. En otras palabras, el bit de paridad será tal que la suma de 1s en cada columna sea un número impar. El resultado será el siguiente:

	Data bits		PI
	1 2 3 4 5 6 7 8		
Byte 1	0 1 0 0 1 1 1 0		1
Byte 2	0 1 0 0 1 1 1 1		0
PO	1 1 1 1 1 1 1 0		1

Ahora el código está completo, y los bits extra estarán almacenados conjuntamente con la información. Así pues, en lugar de almacenar únicamente 2 bytes, 11 bits adicionales se guardan para la corrección de error. Cuando la información es leída, los cálculos de los bits de corrección de error son repetidos y comprobados para comprobar si son los mismos que antes. Para comprobar cómo funciona, puede cambiarse uno de los bits de información (debido a un supuesto error de lectura) y recalcular los bits de corrección de error como sigue:

	Data bits		
	1 2 3 4 5 6 7 8		PI
Byte 1	0 1 0 0 1 0 1 0		0
Byte 2	0 1 0 0 1 1 1 1		0
PO	1 1 1 1 1 0 1 0		1

Ahora, cuando se comparen los bits PI y PO que se calcularon después de leer los datos con los que se tenían originalmente almacenados, se apreciará un cambio en el bit de PI para el byte (fila) 1 y en el bit de PO para el bit (columna) 6. Ese bit fue leído como un 0, y ahora se sabe que está mal, por lo que únicamente habrá que recolocararlo a 1. La circuitería de la corrección de error pues simplemente lo cambia a 1 antes de que se le pase la información al sistema. Como puede comprobarse, con alguna información extra añadida a cada fila y columna, los códigos de corrección de errores pueden detectar y corregir errores al vuelo.

Además de los frames ECC, los DVDs también codifican la información en frames utilizando una técnica de desplazamiento de bits y también entrelazan partes de los frames ECC cuando están grabadas en el disco. Estos esquemas sirven para almacenar la información de manera no totalmente secuencial, previniendo que un arañazo pueda corromper segmentos de datos consecutivos.

## • Formatos de DVD (Lados y capas)

Existen cuatro tipos principales de DVDs, clasificados según sean de una o doble capa, o contengan información por una cara o las dos. Son designados de la siguiente manera:

- *DVD-5 [ 4.7GB – Una capa, una cara ]*

Un DVD-5 es construido con dos sustratos unidos. Uno de ellos es estampado con una capa grabable (llamada capa 0), y el otro está vacío. Una capa de aluminio es normalmente aplicada sobre la capa grabada.

- *DVD-9 [ 8.5GB – Dos capas, una cara ]*

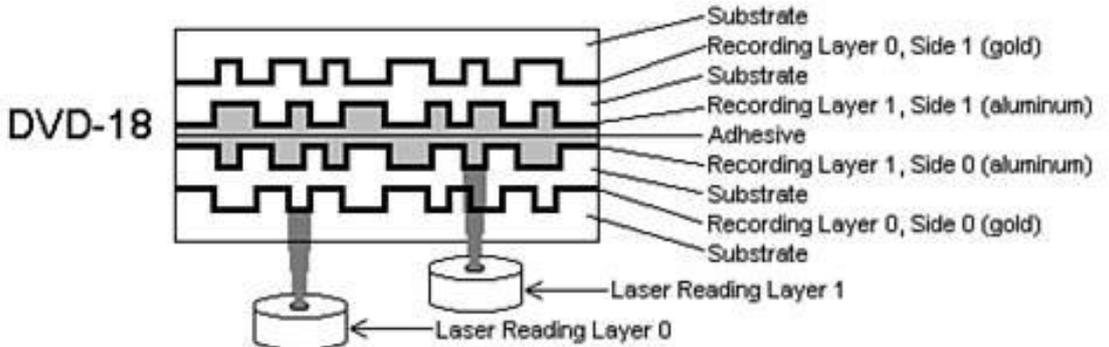
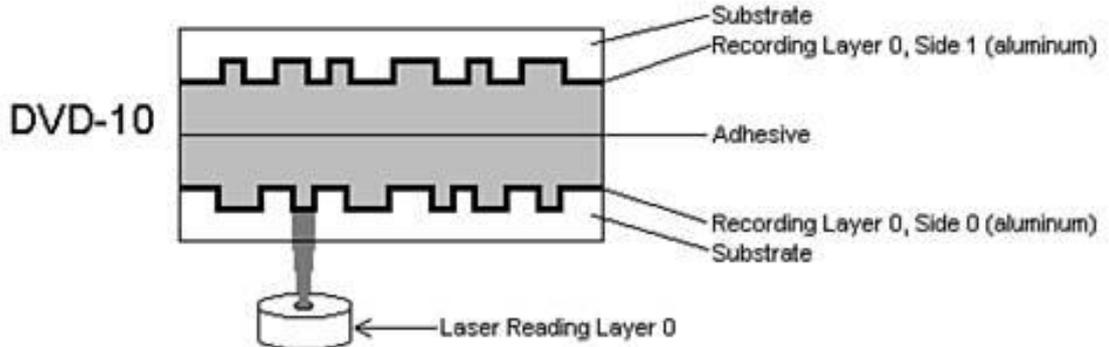
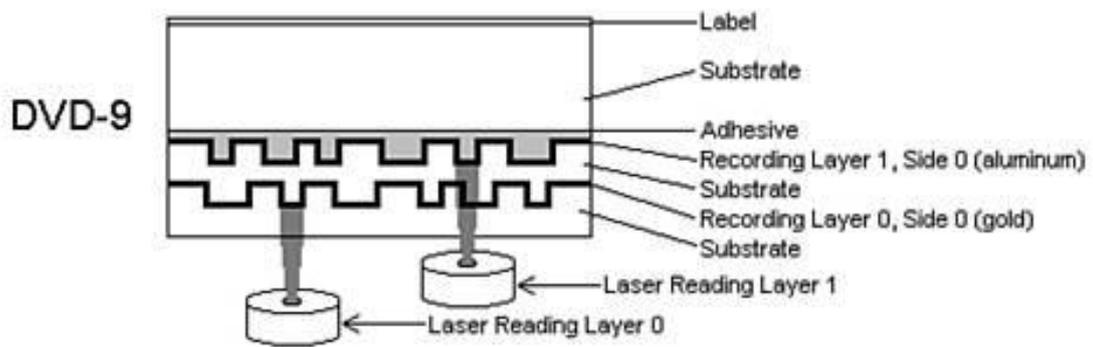
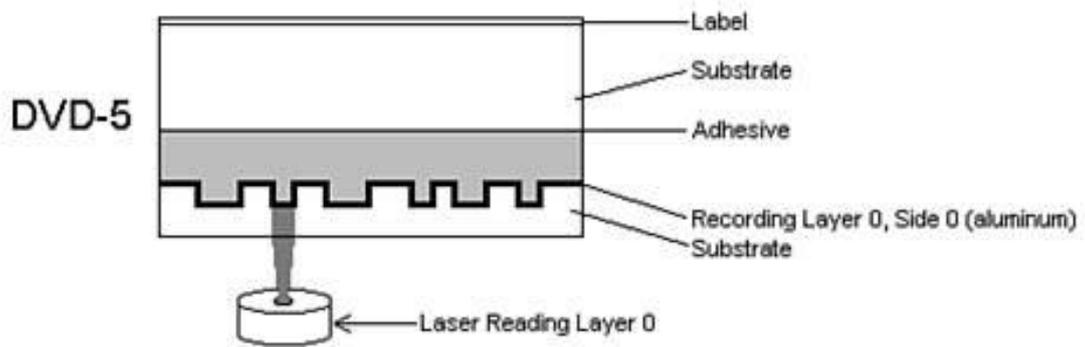
Un DVD-9 es construido con dos sustratos estampados unidos para formar dos capas grabables por una cara del disco, conjuntamente con un sustrato vacío por el otro lado. La capa estampada exterior (0) es cubierta por una capa de oro semitransparente para reflejar la luz si el láser es dirigido hacia él y para pasar la luz si el láser va dirigido a la capa inferior. Un único láser es usado para leer ambas capas; solamente la dirección del láser es la que cambia.

- *DVD-10 [ 9.4GB – Una capa, dos caras ]*

Un DVD-10 es construido a partir de dos sustratos estampados unidos uno de espaldas al otro. La capa grabable (capa 0 en cada lado) es normalmente cubierta con aluminio. Nótese que estos discos son de doble cara; sin embargo, los lectores tienen únicamente un láser de lectura por debajo, lo que significa que el disco debe ser extraído y puesto al revés para poder ser leída la otra cara.

- *DVD-18 [ 17.1GB – Dos capas, dos caras ]*

Un DVD-18 mezcla las tecnologías de doble capa y de doble cara. Dos capas estampadas componen cada lado, y los pares de sustratos son unidos uno de espaldas al otro. Las capas exteriores (capa 0 en cada lado) son cubiertas con oro semitransparente, mientras que las capas interiores (capa 1 en cada cara) son cubiertas con aluminio. La reflexión de un disco de una capa es 45%85%, mientras que la de uno de doble capa es 18%30%. La circuitería AGC (*automatic gain control*) en el lector compensa las diferentes propiedades reflectantes.



Nótese que aunque en la imagen pueda apreciarse dos láser leyendo por debajo de los discos de doble capa, en la práctica sólo existe un láser que para leer una

capa u otra solamente debe cambiar su enfoque y dirigirse a la capa inferior o superior.

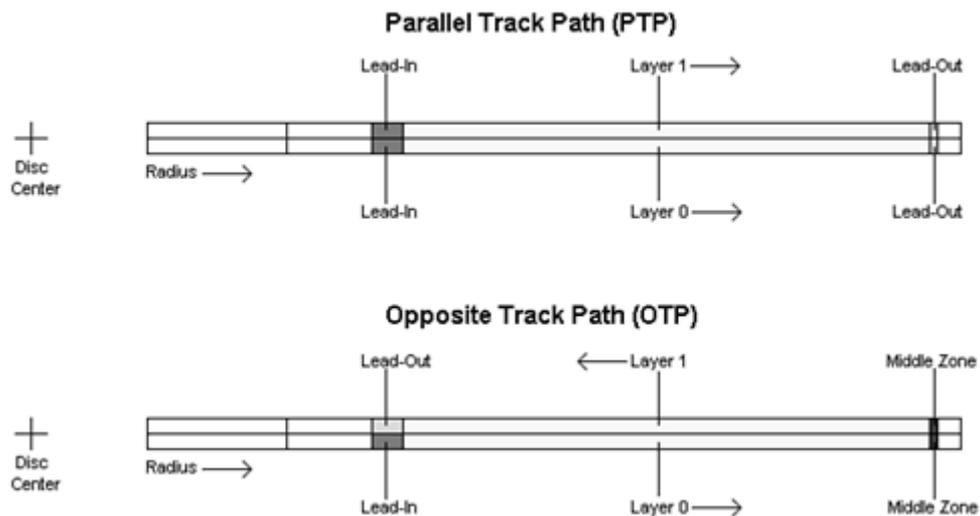
Los discos de doble capa pueden grabar sus capas de dos maneras distintas: OTP o *Parallel Track Path* (PTP). OTP minimiza el tiempo necesario para cambiar desde una capa a la otra cuando se está leyendo el disco. Cuando se alcanza el interior del disco (final de la capa 0), la lente del láser permanece en la misma posición. Simplemente avanza hacia el disco para dirigir el láser a la capa 1. Cuando se escribe en modo OTP, la *Zona final* en la parte exterior del disco se le llama *Zona central*.

Los discos escritos en modo PTP tienen capas en espiral que se escriben (y leen) de dentro hacia fuera. Cuando se cambia de la capa 0 a la capa 1, los discos PTP requieren que la lente del láser se mueva desde el borde externo (final de la primera capa) hacia el interior (comienzo de la segunda capa), además de cambiar también el enfoque del láser. Virtualmente, todos los discos son escritos en modo OTP para conseguir que la capa cambie más rápidamente.

Para permitir a las capas ser leídas de una manera más sencilla incluso cuando una está situada encima de la otra, los discos escritos en PTP tienen las espirales de cada capa en sentidos adversos. La capa 0 tiene una espiral que serpentea en el sentido de las agujas del reloj (por lo cual se lee en el sentido contrario al reloj), mientras que la Capa 1, por el contrario, serpentea en el sentido contrario al de las agujas del reloj (leyéndose, por tanto, en el mismo sentido que en el que se mueven las agujas del reloj).

Esto normalmente se traduce en que el lector debe hacer girar al disco en la dirección contraria a la que va a utilizar para leer el disco, mientras que con el modo OTP la espiral es leída desde fuera hacia dentro en la segunda capa, y desde dentro hacia fuera en la primera.

Las diferencias pueden apreciarse mejor en la siguiente figura:



## • Codificación de la información en el disco

Tal y como ocurre en los CDs, las llanuras y salientes por sí solas no determinan los bits; en lugar de ello, son las transiciones (cambios en la reflexión del láser) llanura/saliente o saliente/llanura las que determinan los bits almacenados en el disco. La pista del disco está dividida en celdas de bits o intervalos de tiempo (T), y un saliente o llanura usados para representar información se necesita que sea como mínimo de 3T o como máximo de 11T intervalos de largo. Un saliente o llanura de 3T representa un 1001, y un saliente o llanura de 11T representa un 100000000001 (es decir, el primer 1 aparece 11 cifras después).

La información es almacenada usando modulación 8 a 16, que es una versión modificada de la EFM (*eight to fourteen modulation*) usada en CDs. Por esto, la modulación 8 a 16 es llamada en ocasiones EFMPlus. Esta modulación toma cada byte (8 bits) y los convierte en un valor de 16 bits para almacenarlo. Los códigos de conversión a 16 bits son diseñados de tal manera que nunca habrán menos de 2 ó más de 10 bits 0 adyacentes (resultando en no menos de 3 ni más de 11 intervalos de tiempo (T) entre 1s). EFM+ es una forma de codificación RLL llamada RLL 2,10 (RLL x,y donde x = el mínimo e y = la máxima secuencia consecutiva de 0s). Esto fue diseñado de esta manera para prevenir largas cadenas de 0s, que podría ser fácilmente mal leído debido a relojes que se desincronizasen.

Al contrario que con los CDs, no existen bits de unión (*merge bits*) entre códigos. Los códigos de modulación 16-bit son diseñados de manera que no puedan violar la forma RLL 2,10 sin necesidad de bits de unión. Como el EFM usado en CDs realmente requiere más de 17 bits para cada byte (por los bits de unión y sincronización), el EFMPlus es ligeramente más eficiente.

## **4. Blu-Ray**

Se trata de otro formato de disco óptico de nueva generación utilizado para vídeo de alta definición y para el almacenamiento de datos de alta densidad. Análogamente al CD y DVD, es un disco de 12 cm de diámetro y su capacidad alcanza, actualmente, unos 50 GB a doble capa y 25 GB si se trata de una única capa.

La consola de videojuegos PlayStation 3 fue una de las primeras en reproducir este tipo de formato, que se impuso a su competidor, el HD DVD, en la guerra de formatos iniciada para convertirse en el estándar sucesor del DVD.

El BD hace uso de un rayo láser de color azul, de ahí su nombre, con una longitud de onda de 405 nanómetros, a diferencia del láser rojo utilizado en lectores de DVD. Asimismo incluye una serie de avances técnicos que le permiten almacenar más información que un DVD de las mismas dimensiones.

En cuanto a sus creadores, fue desarrollado por un grupo de compañías tecnológicas denominado *Blu-Ray Disc Association* (BDA), liderado por Sony y Philips.

Por lo que a la velocidad respecta, el Blu-Ray posee una velocidad de transferencia de datos de 36 Mbit/s (54 Mbps para BD-ROM), pero ya están en desarrollo prototipos a velocidad de transferencia 2x (el doble, 72 Mbit por segundo).

Asimismo, existen actualmente en el mercado las versiones de BD-RE (formato reescribible) estándar, así como los formatos BD-R (grabable) y el BD-ROM.



Wikipedia

El tamaño del *punto* mínimo en el cual un láser puede ser enfocado está limitado por la difracción, y depende tanto de la apertura numérica como de la longitud de onda del haz de luz de la lente utilizada para enfocarlo. En los discos Blu-ray, la longitud de onda del láser azul-violeta es menor que el del DVD, mientras que la apertura numérica, medida que caracteriza el rango de ángulos para los cuales el sistema acepta luz ( $AN = \sin \theta$ ) se ve aumentada, pasando a ser de 0,85.

De esta manera, con un sistema de lentes duales y a una cubierta protectora más delgada, el rayo láser es capaz de enfocar en la superficie del disco de una manera más precisa y eficiente. Es decir, los puntos de información legibles en el disco son mucho más pequeños y, como consecuencia, se puede almacenar más información en el mismo espacio.

Asimismo, los discos Blu-Ray incorporan un sistema mejorado de codificación de datos que los hace capaces de empaquetar aún más información.

En cuanto a las mejoras aportadas por la tecnología Blu-Ray podemos destacar que al tener una capa de sólo 0,1 mm es muy poco probable que el láser se difracte y no sea posible la lectura, ya que tiene menos recorrido hasta la capa de datos. Asimismo, la cercanía de la lente y la rápida convergencia del láser,

hacen que la distorsión producida sea inferior, pudiéndose evitar el error de lectura. Y finalmente, otra característica a destacar de esta tecnología es su resistencia a las rayaduras y la suciedad gracias a la acción de un sustrato protector denominado *Durabis*, que compensa la fragilidad del Blu-Ray y además le proporciona la protección extra contra las rayaduras.

### • **Codecs y BD-J**

El Blu-Ray es capaz de soportar los mismos sistemas de archivos que los formatos anteriores, tales como el ISO 9660 y el UDF. Asimismo, también soporta los siguientes formatos de compresión: MPEG-2, MPEG-4 y VC-1.

Por otro lado, cabe destacar la inclusión de la plataforma Java en el estándar de las películas grabadas en Blu-Ray. Dicha plataforma, denominada Blu-Ray Disc Java (BD-J), incluye una serie de características adicionales a la hora de incluir contenidos en la película, como por ejemplo, la posibilidad de descargar contenidos desde Internet al disco, ya sea para conseguir subtítulos en otros idiomas o para contenidos especiales.

### • **Compatibilidad**

La BDA recomienda que los reproductores de BD sean capaces de reproducir DVD también, para que sean compatibles con la anterior definición. Actualmente, es posible encontrar reproductores híbridos de CD, DVD, HD-DVD y Blu-Ray.

JVC (Victor Company of Japan) está desarrollando un combo DVD/BD de tres capas que permitiría tener en el mismo disco el estándar DVD y el BD. De esta forma se podría comprar una película que se puede ver en los reproductores de DVD actuales y, además, tener alta definición si se introduce en un reproductor Blu-Ray. Dos de las capas corresponderían a un DVD de doble capa (8,6 GB) y la tercera capa correspondería al Blu-Ray.

A continuación se exponen algunas de las especificaciones de la tecnología Blu-Ray.

Especificación	Valor
Capacidad(1 capa)	23.3 GB/25GB
Capacidad(2 capas)	46.6GB/50 GB
Longitud de onda	405 nm
Apertura numérica	0.85
Dimensiones del disco	129x131x7mm
Diámetro	120 mm
Grosor	1,2 mm
Capa de protección	0.1 mm
Extremo de las pistas	0.32 um
Longitud mínima de una saliente	0.160/0.138 um
Densidad de grabación	16.8/18.0
Velocidad	36Mbps
Formato de grabado	Cambio de fase de grabación
Formato de las pistas	Grabación por surcos
Formato de video	MPGE2

## **5. HD-DVD**

El HD-DVD fue uno de los dos formatos aspirantes a tomar el relevo del DVD. Desarrollado conjuntamente por Toshiba, Microsoft y Nec, el *High Definition DVD* poseía una capacidad de almacenamiento de hasta 30GB.

Sin embargo, el HD-DVD sucumbió ante su más directo competidor, el Blu-Ray de Sony. Toshiba anunció el cese de la fabricación de unidades el 19 de Febrero de 2008 en un comunicado oficial, tras contar con cada vez menos apoyos empresariales.

	HD-DVD
Capacidad	15 GB (capa simple) 30 GB (capa doble)
Longitud de onda del rayo láser	405 nm
Tasa de transferencia de datos	36,55 Mbps
Formatos soportados	MPEG-2, VC-1 (Basado en WMV), H.264/MPEG-4 AVC
Resistencia a rayas y suciedad	No
Resolución máxima de vídeo soportada	1080p

*Wikipedia*

Existían HD-DVD de una capa, con una capacidad de 15 GB (unas 4 horas de vídeo de alta definición) y de doble capa, con una capacidad de 30 GB. En el caso de los HD DVD-RW, las capacidades son de 20 y 32 GB, respectivamente, para una o dos capas. La velocidad de transferencia del dispositivo se estima en 36,5 Mbps. El HD DVD trabajaba con un láser violeta con una longitud de onda de 405 nm.

Por lo demás, un HD-DVD es muy parecido a un DVD convencional. La capa externa del disco tiene un grosor de 0,6 mm, el mismo que el DVD y la apertura numérica de la lente es de 0,65 (0,6 para el DVD).

Todos estos datos llevan a que los costos de producción de los discos HD-DVD fueran algo más reducidos que los del Blu-Ray, dado que sus características se asemejan mucho a las del DVD actual.

Los formatos de compresión de vídeo que utilizaba el HD-DVD son MPEG-2, Video Codec 1 (VC1, basado en el formato Windows Media Video 9) y H.264/MPEG-4 AVC.

En el aspecto de la protección anti-copia, HD DVD hace uso de una versión mejorada del CSS del DVD, el AACS, que utiliza una codificación de 128 bits. Además está la inclusión del ICT (Image Constraint Token), que es una señal que evita que los contenidos de alta definición viajen en soportes no cifrados y, por tanto, susceptibles de ser copiados. En la práctica, lo que hace es limitar la salida de video a la resolución de 960x540 si el cable que va del reproductor a la televisión es analógico, aunque la televisión soporte alta definición. El ICT no es obligatorio y cada compañía decide libremente si añadirlo o no a sus títulos. Por ejemplo, Warner está a favor de su uso mientras que Fox está en contra. La AACS exige que los títulos que usen el ICT deben señalarlo claramente en la caja.

El formato HD-DVD introduce la posibilidad de acceder a menús interactivos al estilo "pop-up", lo que mejora sustancialmente la limitada capacidad de su antecesor, el DVD convencional, el cual poseía una pista especial dedicada al menú del film.

El HD DVD realizó su incursión en el mundo de los videojuegos tras el anuncio de Microsoft de la comercialización de un extensor para HD DVD para su popular consola Xbox 360.

## **6. Conclusiones**

Para concluir el trabajo, podemos destacar como conclusiones más importantes que el paso de la tecnología magnética a la óptica ha supuesto una mayor densidad de datos. Asimismo, la tecnología magnética no será reemplazada tan fácilmente como se creyó en un principio debido a su alta velocidad de almacenamiento, con respecto a la óptica.

Por otro lado, es importante destacar la evolución de la tecnología óptica, desde el primer CD-DA (CD de audio), pasando por los distintos formatos de CD desarrollados así como de los DVDs, hasta llegar al formato de nueva generación, el Blu-Ray. De esta manera, se ha pasado de tener un CD de capacidad de 700 MB hasta los 50 GB que permiten almacenar los BD a doble capa.

Finalmente, conviene resaltar la idea de que en el futuro se intentará seguir esta tendencia de mejorar los discos con el objetivo de integrar una mayor densidad de datos.

## **7. Bibliografía**

- [1] Scott Mueller. *Upgrading and Repairing PCs*.
- [2] Wikipedia Foundation. [Wikipedia](#). [en línea]
- [3] Informática Básica. [Discos CD](#). [en línea]
- [4] Monografias.com. [Discos ópticos y sus unidades](#). [en línea]
- [5] Saeblog. [Códigos distintivos en CDs](#). [en línea]

## **PREGUNTAS TEST**

1. ¿Qué diferencia existe entre la tecnología óptica y la magnética?
  - a. Ninguna, las dos son iguales
  - b. La tecnología óptica realiza sus operaciones haciendo uso de un láser.**
  - c. La tecnología magnética realiza sus operaciones haciendo uso de un láser.
  
2. ¿Qué compañías desarrollaron el CD-ROM?
  - a. Time Warner
  - b. NEC
  - c. Sony y Phillips**
  
3. Un disco CD se divide en seis áreas principales, entre las que se encuentra:
  - a. Zona de corrección de errores
  - b. Área de datos o data area.**
  - c. Zona de agarre central.**
  
4. Respecto a las llanuras y salientes en un CD...
  - a. La llanura representa el 1 binario y la saliente el 0 binario.
  - b. Si la luz del láser incide sobre una llanura, se refleja de vuelta, mientras que si lo hace sobre una saliente no será reflejada.**
  - c. Una transición de llanura a saliente (o viceversa) determina un 1, mientras que si no hay cambios, se almacenan 0's.**

5. En el muestreo del sonido en un CD...
- a. **Se utilizan muestras con una frecuencia de 44,1 KHz.**
  - b. **Cada muestra tiene dos componentes digitalizadas mediante 16 bits.**
  - c. Todas falsas.
6. ¿Para qué sirven los subcódigos P y Q?
- a. Para la codificación interna de la información.
  - b. **El subcódigo P identifica el comienzo de las pistas del CD.**
  - c. **El subcódigo Q contiene información variada, incluyendo ISRC, código estándar internacional de grabación (único para cada pista del disco).**
7. De la corrección de errores en un CD....
- a. **Los CDs introducen una codificación CIRC (código Reed-Solomon de intercalación transversal).**
  - b. **En un CD-ROM se añade información adicional a cada sector para detectar y corregir errores**
  - c. Las anteriores son falsas.
8. En la codificación de la información en un CD...
- a. **Se utiliza una codificación EFM y RLL 2,10**
  - b. **El máximo de diez ceros consecutivos asegura la recuperación de la señal de reloj en el peor de los casos.**
  - c. Todas las anteriores son falsas.

9. ¿Cuál es la capacidad de un Blu-Ray?
- a. **Unos 50 GB a doble capa.**
  - b. **25 GB si se trata de una única capa.**
  - c. La misma que un DVD.
10. El Blu-Ray...
- a. **usa un rayo láser de color azul**
  - b. **posee una velocidad de transferencia de datos de 36 Mbit/s**
  - c. **incorpora un sistema mejorado de codificación de datos que los hace capaces de almacenar aún más información.**
11. El Blu-Ray...
- a. Fue creado por Toshiba y Sony
  - b. Puede reproducirse en una Xbox 360.
  - c. **Tiene las mismas dimensiones que un CD.**
12. Las siglas DVD significan:
- a. **Digital Versatile Disc**
  - b. Definition Video Disk
  - c. Todas falsas
13. La capacidad de un DVD respecto a la de un CD...
- a. Es mayor gracias a un disco de mayor tamaño.
  - b. Es mayor gracias a aprovechar una mayor parte del disco.
  - c. **Es mayor gracias a una mayor densidad de datos.**

14. La capacidad máxima de un DVD...
- a. Depende de si es +R ó -R
  - b. Es de 9,4GB en el caso de un doble cara una capa (DVD-10).**
  - c. Depende del número de caras y de capas grabables.
15. Antes de que se asentase el DVD...
- a. Tuvo que lidiar con un formato competidor por el mercado.
  - b. Sony y Philips trabajaron bastantes años en él.
  - c. Todas falsas**
16. En el interior de un DVD...
- a. El espaciado entre los salientes y llanuras es menor que en un CD.**
  - b. Entre dos capas de información (en un disco de doble capa) se coloca una capa de material completamente reflectante.
  - c. La información binaria se calcula según las transiciones llanura/saliente o viceversa, tal y como ocurre en el CD.**
17. Respecto a la capacidad de los DVDs...
- a. Pueden albergar tantas capas de información como las que quepan en un disco.
  - b. Un DVD-9 (doble capa) y un DVD-10 (doble cara) tienen la misma capacidad.
  - c. Un DVD de una sola cara y una sola capa puede albergar hasta 9.4GB.

18. En los DVDs de doble cara...

- a. La capacidad es la máxima soportada por el formato DVD.
- b. El láser es capaz de leer las dos caras cambiando su posición.
- c. Se requieren lectores especiales.

19. En el manejo de errores en un DVD...

- a. Se utiliza paridad par
- b. Se utilizan bits PI (Parity Inner) y PO (Parity Outer)**
- c. Siempre tiene que haber el mismo número de bits PI que de bits PO.

20. El HD-DVD...

- a. Fue desarrollado, entre otras compañías, por Philips.
- b. Podía leerse en una PS3 y en una XBOX 360.
- c. Perdió la batalla contra el Blu-Ray.**