

# **EL REPRODUCTOR DE CD (I)**

## **SERVOSISTEMAS**

## Introducción

En este capítulo y el siguiente se estudiarán todos los circuitos que forman parte del reproductor CD, y que constituyen cómo se obtiene, a partir de la lectura de los pits del Compact Disc por un láser, las señales de audio analógicas, correspondientes a los canales izquierdo y derecho, que podrán ser amplificadas por cualquier amplificador de baja frecuencia estereofónica para ser convertidas finalmente en sonidos por un altavoz o unos auriculares.

Iniciaremos nuestra exposición, en este capítulo, con una descripción general del aparato y el estudio del fonocaptor óptico y los circuitos servo que controlan la posición correcta del fonocaptor con respecto al disco y que controlan la velocidad del motor.

El decodificador, o circuito que permite obtener las señales analógicas de audio de los canales izquierdo y derecho de una grabación estereofónica, será estudiado, con todo detalle, en el próximo capítulo.

## Constitución de un reproductor de Compact Disc

En la figura 1 hemos dibujado el esquema de bloques de un sistema digital de lectura de Compact Disc. Entre los bloques que forman el sistema destacamos la unidad fonocaptora, que está constituida por un láser, una serie de lentes y unos fotodiodos. El sistema de lentes es necesario para un correcto y exacto enfoque de la luz del láser en la superficie del disco, mientras que los fotodiodos tienen por misión convertir la luz reflejada por el disco en señales eléctricas.

La luz que, procedente del láser, incide en los *pits* del disco, se difunde. De esta forma tan simple la intensidad de luz reflejada que llega a los fotodiodos es mucho menor que la de la luz reflejada en la superficie reflectante del disco (donde no hay pits o concavidades). Estas variaciones de luz se convierten en los fotodiodos en variaciones de tensión eléctrica.

Lógicamente, y dado que el ancho de los pits es de tan sólo  $0,4 \mu\text{m}$ , la lectura de la pista en forma de espiral debe hacerse con una enorme precisión, es decir, el haz de luz láser debe leer la pista sin desviarse lo más mínimo del recorrido de ésta a lo largo de la superficie del disco, pues cualquier desviación, por pequeña que sea, daría lugar a un error en la lectura de la información contenida en el disco. Así pues, para que la lectura del disco se realice con tan alta precisión, se recurre a más de un fotodiodo, ya que así es posible medir la desviación y, con su magnitud, corregir la posición del brazo de la unidad fonocaptora. En la figura 1 puede ver cómo una señal, procedente de la unidad fonocaptora, se aplica a un circuito de control radial y éste gobierna el brazo que desplaza a la unidad fonocaptora durante la lectura del disco.

También la velocidad de rotación del plato giradiscos necesita de un control continuo que asegure una velocidad de lectura de la información lo más constante posible. Para ello (véase la figura 1), se mide la velocidad de lectura de las informaciones contenidas en la pista; si la velocidad de lectura es demasiado lenta el plato giradiscos es acelerado por un circuito de control; si, por el contrario, en el circuito de proceso de la señal se obtiene un flujo de informaciones demasiado alto, como consecuencia de una velocidad de giro demasiado alta del motor del plato, se genera una señal que se aplica al circuito de control del motor y éste reduce la velocidad de rotación del plato.

Antes se ha dicho que la lectura de los pits de información debe ser lo más exacta posible y, naturalmente, uno de los factores que más pueden influir en una mala lectura es el enfoque correcto del láser sobre la pista de informaciones. La exactitud del enfoque se determina gracias a la luz reflejada. Si la unidad fonocaptora no está bien enfocada, se genera una señal que se aplica a un circuito de control del foco (véase figura 1). Este circuito

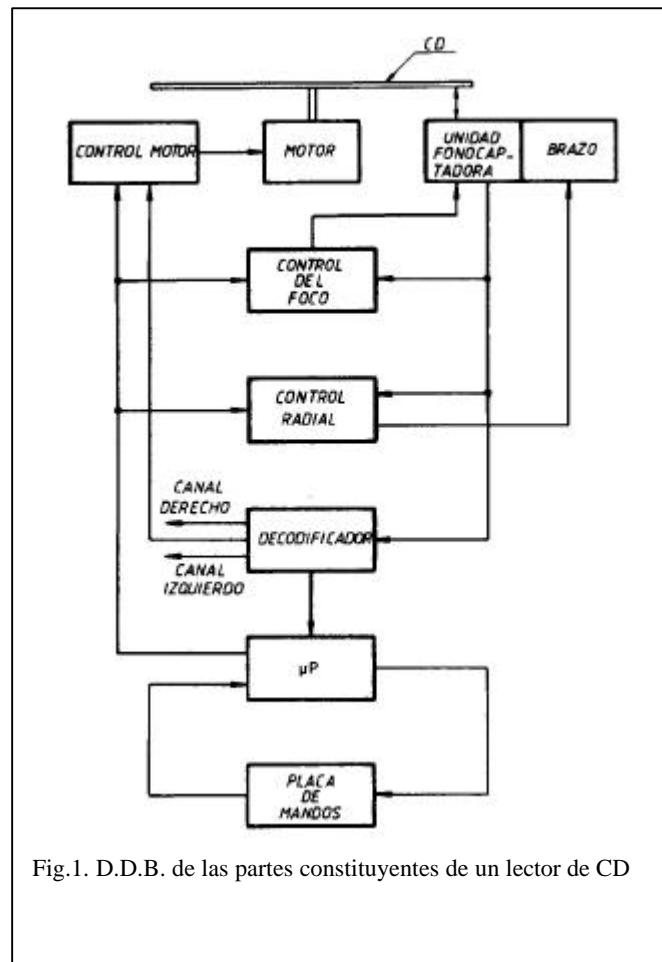


Fig.1. D.D.B. de las partes constituyentes de un lector de CD

modifica la posición, en sentido vertical, de la unidad fonocaptora y, con ello, el enfoque del haz de luz láser sobre la pista del Compact Disc.

Para finalizar con la descripción general del sistema digital de lectura de un Compact Disc, diremos que un microprocesador ( $\mu P$  en la figura 1) controla todas las operaciones del sistema y, además, lee el teclado de los mandos, por lo que en él se integran todas las funciones.

Hemos estudiado, de una forma general y resumida, el funcionamiento de un reproductor de Compact Disc; en las líneas que siguen vamos a estudiar con más detalle cada una de las partes constituyentes del mismo, iniciando el estudio, como resulta lógico, por la unidad fonocaptora, que es sin duda lo más importante del sistema.

### La unidad fonocaptora

Como ya se ha dicho, la lectura de un Compact Disc se realiza mediante un rayo de luz láser, de un diámetro inferior a  $2 \mu\text{m}$ , sobre la superficie inferior del disco y de dentro hacia afuera, es decir al contrario de los tocadiscos convencionales. En la figura 2 puede ver el dibujo de una unidad fonocaptora y en la figura 3 cada una de las partes del mismo que, resumidamente, son:

- Un láser.
- Un prisma.
- Una lente colimadora.
- Un objetivo.
- Varios fotodiodos detectores.

La unidad fonocaptora tiene una longitud total de 45 mm, un diámetro de 12 mm y un peso de tan sólo 14 gramos.

El láser y el prisma están situados en la denominada *unidad láser*, mientras que la lente colimadora y los fotodiodos están situados en la unidad fonocaptora de forma independiente.

La unidad de enfoque comprende, además de una lente de enfoque, un mecanismo electromecánico que permite el movimiento del objetivo propiamente dicho hacia arriba y hacia abajo.

Veamos ahora con algún detalle la constitución y finalidad de cada una de estas partes de la unidad fonocaptora.

### El láser

La misión del láser es la de generar un haz de luz que, por medio de los otros elementos ópticos, se proyecta sobre el Compact Disc.

Al incidir la luz sobre la pista del disco pueden suceder dos cosas: que incida sobre un pit, en cuyo caso la luz se difumina en él (Fig. 4). o que incida sobre la superficie plana del disco (ausencia del pit), en cuyo caso es reflejada (Fig. 5). El haz de luz láser es por tanto el primer portador de la señal de audio grabada en forma de pits en el disco.

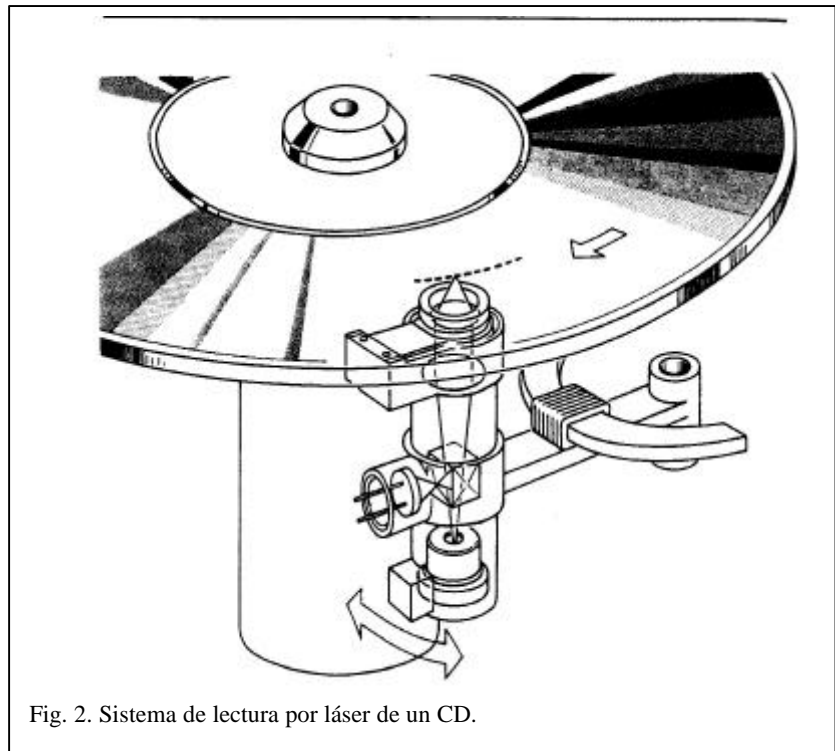


Fig. 2. Sistema de lectura por láser de un CD.

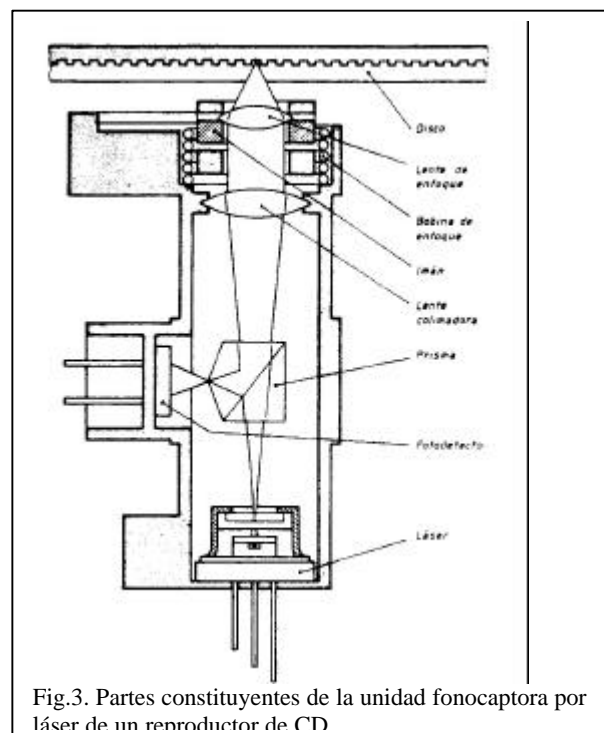


Fig.3. Partes constituyentes de la unidad fonocaptora por láser de un reproductor de CD

El láser se dispone en la parte inferior de la unidad de enfoque y es de tipo semiconductor, con una dimensión de tan sólo 0,3 mm.

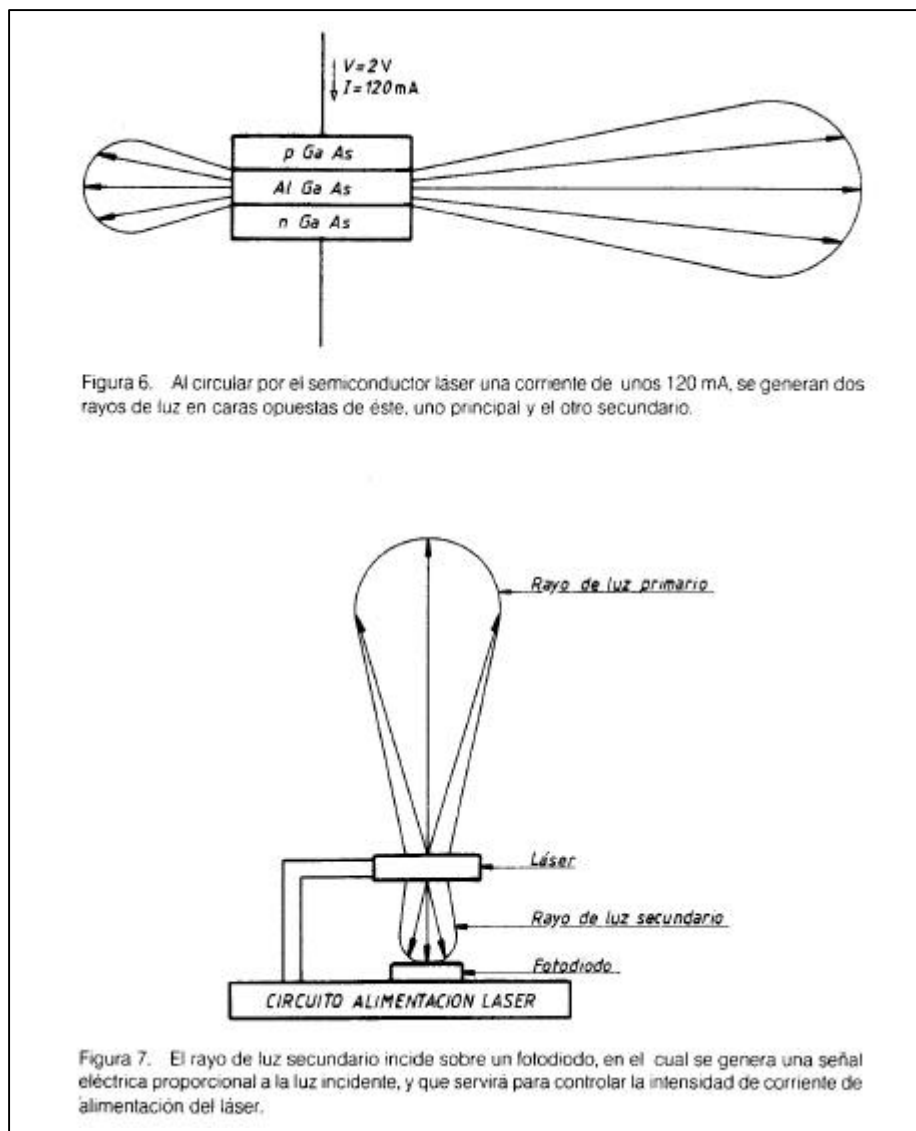
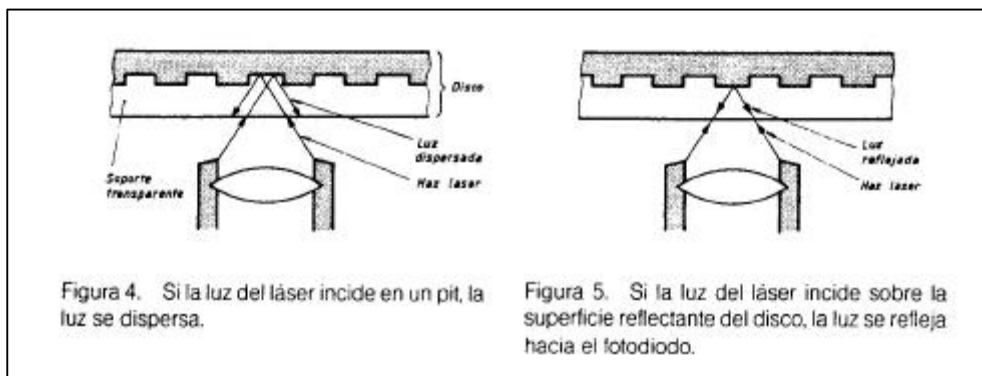
Al aplicar al láser una tensión de 2V, circula por el semiconductor una corriente de unos 120 mA, generándose dos rayos luminosos: uno principal que sale de un extremo y otro secundario que sale del extremo

opuesto (Fig.6). El rayo de luz principal es el que se aplica al disco a través del prisma y la lente de enfoque. El rayo de luz secundario se aplica a un fotodiodo incorporado en la propia unidad láser (Fig. 7) Entre las intensidades de luz principal y secundaria existe una relación fija, es decir, son intensidades de luz directamente proporcionales. Como una de las condiciones imprescindibles para el buen funcionamiento del reproductor CD es que la intensidad de flujo luminoso que incide en el disco se mantenga lo más constante posible en el tiempo, y como resulta que la intensidad de luz generada en el láser semiconductor depende de la corriente que circula por él y de la temperatura del diodo, cualquier variación en estas magnitudes provocará un cambio en la intensidad de luz generada en él y por tanto un error en la lectura del disco

De esto último que acabamos de exponer deduce que debe efectuarse algún tipo de control sobre la corriente que circula por el láser para que la luz generada en éste sea constante.

Pues bien, este control de la corriente que circula por el láser se lleva a cabo aprovechando el rayo de luz secundario, el cual, como se ha dicho, es directamente proporcional al haz de luz principal.

Efectivamente, la luz del rayo secundario se torna como referencia de la intensidad del rayo principal. El fotodiodo situado debajo del láser genera una señal eléctrica cuyo valor es directamente proporcional a la intensidad



de luz incidente en el fotodiodo. Esta señal eléctrica se aplica al circuito de alimentación del láser para controlar la intensidad de corriente que circula por él y con ella la intensidad de la luz que genera. Si la intensidad de luz disminuye, la señal eléctrica del fotodiodo será también pequeña y la corriente de alimentación del semiconductor láser aumenta; si la intensidad de luz generada en el láser es demasiado alta, la señal eléctrica generada en el fotodiodo será también elevada y la corriente que circula por el láser disminuirá.

### El prisma y los fotodiodos

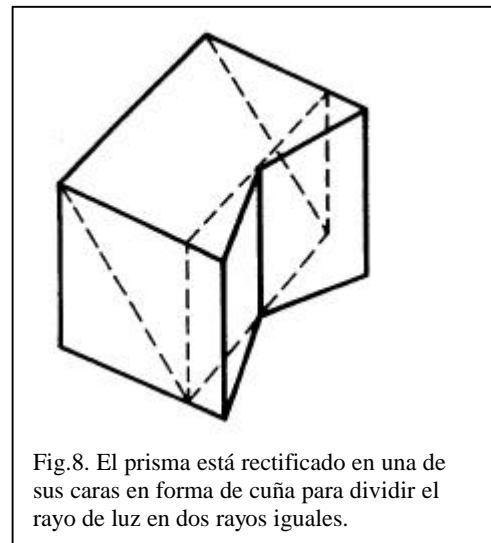
En la figura 3 puede ver cómo el haz de luz principal, generado en el láser, atraviesa un prisma semirreflejante, el cual la deja pasar hacia el Compact Disc y, a su vez, desvía hacia los fotodiodos el rayo luminoso que vuelve reflejado del disco.

Los fotodiodos, dispuestos en un plano perpendicular a la dirección del haz de luz principal (Fig. 3), son los encargados de convertir la luz reflejada que llegue a ellos en señales eléctricas. Son cuatro los fotodiodos que se utilizan para este menester, montados en dos grupos de dos, ligeramente separados.

Combinando adecuadamente las señales eléctricas generadas en los fotodiodos, se obtienen las informaciones de audio y las señales de error necesarias para corregir el enfoque y el seguimiento radial del disco.

La luz correspondiente a la mitad del rayo de luz reflejado por el disco va a parar a un par de diodos, y la otra mitad, al otro par.

Para obtener esta división del rayo de luz reflejado en dos partes iguales, uno de los lados del prisma está rectificadado de forma de cuña (Fig. 8).



### La lente colimadora

El rayo de luz láser, después de pasar por el prisma, va a la lente colimadora, en la que el rayo de luz divergente es transformado en un rayo de luz paralelo (Fig. 3).

Esta transformación del rayo de luz divergente en un rayo de luz paralelo es necesario porque el objetivo, que viene a continuación del colimador, se mueve en sentido vertical para mantener un enfoque perfecto con el disco, el cual puede tener desplazamientos en sentido vertical a causa de las tolerancias mecánicas.

La ventaja de un rayo de luz paralelo es que la distancia entre el colimador y las siguientes lentes no ejerce ninguna influencia sobre la acción de las lentes.

### El objetivo

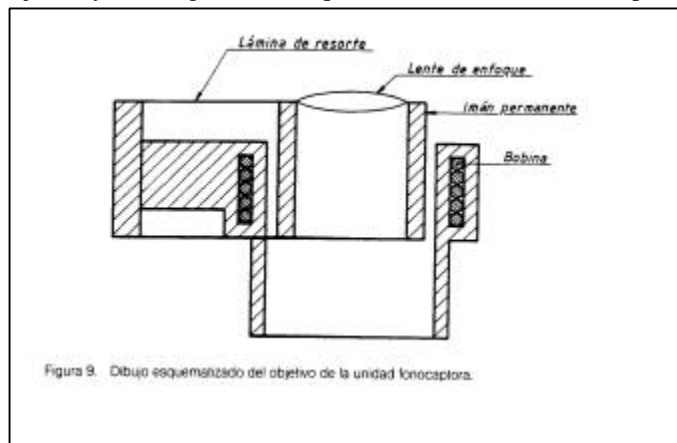
En la figura 9 puede ver la constitución del objetivo y en la figura 3 su disposición en la unidad fonocaptora. El conjunto está formado por una lente de enfoque, un imán y una bobina.

Resulta evidente que la misión del objetivo es la de enfocar el rayo de luz paralelo, procedente de la lente colimadora, sobre el Compact Disc.

Como cualquier objetivo, debe poder desplazarse en sentido vertical si la distancia entre el y el disco cambia de valor. Esta posibilidad de desplazamiento en sentido vertical permite mantener en todo momento el enfoque correcto variando la posición del objetivo.

El mecanismo de desplazamiento de la lente de enfoque consta de un imán y una bobina.

Observe en la figura 9 que la lente de enfoque se dispone sobre un imán, el cual está fijado al contenedor



mediante dos resortes de lámina.

Alrededor del imán se dispone una bobina, la cual genera un campo magnético cuando por ella circula una corriente eléctrica.

Como el campo magnético generado en una bobina es proporcional a la intensidad de corriente que circula por ella, la fuerza de repulsión o de atracción entre el imán permanente (sobre el que está montada la lente de enfoque) y la bobina, será tanto mayor cuanto mayor sea la intensidad de corriente eléctrica que circule por las espiras de esta última, desplazando así, hacia arriba o hacia abajo, el imán, y con él la lente, según la polaridad y la magnitud de la intensidad de corriente en la bobina.

Con esto terminamos la descripción de la unidad fonocaptora y pasamos al estudio de las demás etapas de un reproductor de CD.

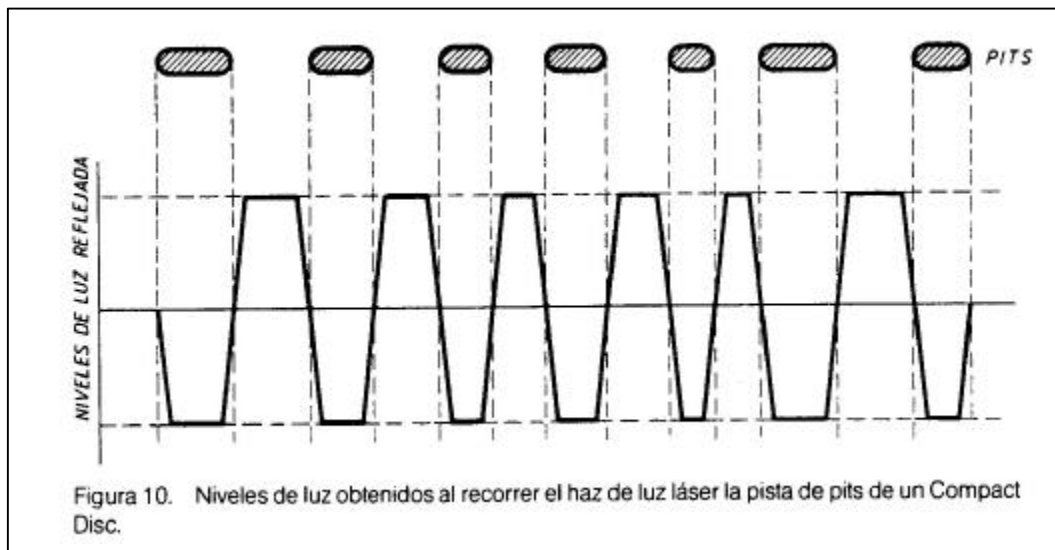


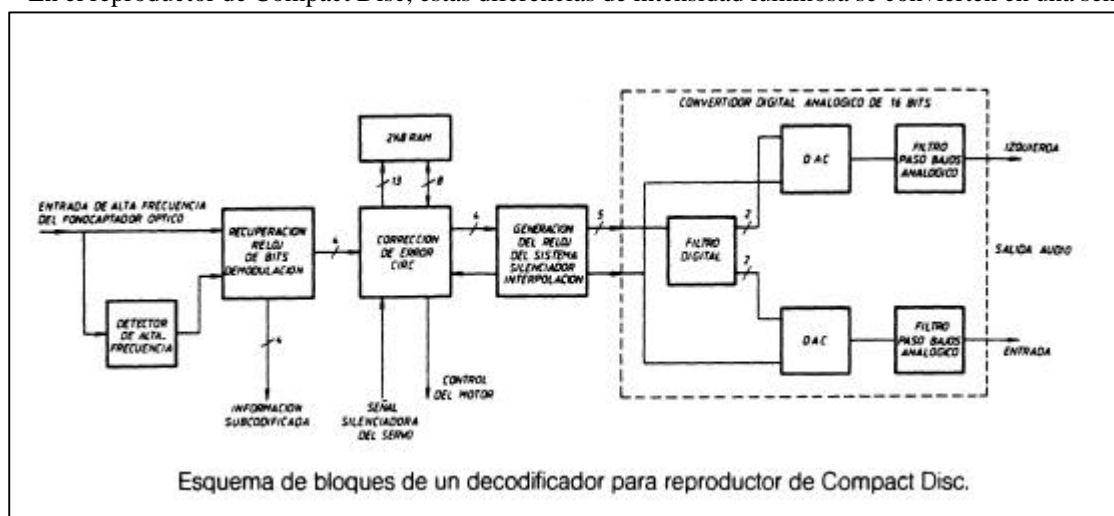
Figura 10. Niveles de luz obtenidos al recorrer el haz de luz láser la pista de pits de un Compact Disc.

### Proceso de la señal

Hemos dicho en el párrafo anterior que cuando, durante la reproducción de un Compact Disc, el haz de luz láser encuentra un pit, la intensidad de la luz reflejada, y que es devuelta a los fotodiodos, es mucho menor que la reflejada por la superficie del disco, entre los pits (Fig. 4 y 5).

Como consecuencia de ello, durante el recorrido de la pista de pits por el rayo láser, se obtendrán variaciones continuas de niveles de luz, según incida o no el haz de luz láser sobre un pit (Fig. 10).

En el reproductor de Compact Disc, estas diferencias de intensidad luminosa se convierten en una señal eléc-



Esquema de bloques de un decodificador para reproductor de Compact Disc.

trica que puede asumir dos niveles: 0 voltios si la intensidad de la luz es alta y + 5 voltios si la intensidad de la luz es baja.

Todas las informaciones necesarias para recuperar las señales de audio analógicas originales de los canales

izquierdo y derecho están, como ya sabe, contenidas en esta señal binaria.

En la figura 11 puede ver el esquema de bloques de un reproductor de Compact Disc, que permite reconstruir las señales analógicas originales a partir de la registrada en el disco. Para ello, en primer lugar se toma de la señal de entrada una señal de sincronismo, o señal de reloj (*clock*), la cual se utiliza para recuperar los valores binarios originales de 2 x 8 bits. Esta operación se realiza en un demodulador (Fig. 11).

Los símbolos de 8 bits que hay a la salida del demodulador se aplican luego al circuito integrado de corrección de error, en donde se reagrupan los datos demodulados en el circuito anterior y se detectan y corrigen los errores en la secuencia de datos, además. Si existen errores en los símbolos, estos serán corregidos mediante los bits de paridad. Debemos decir, no obstante, que el número de errores que puede corregir es limitado.

Una vez corregidos los errores, la señal se aplica a un circuito de interpolación y silenciamiento. En este circuito se reconstruyen los datos de audio por interpolación si el circuito anterior es incapaz de corregir muestras erróneas y además silencia muestras erróneas consecutivas, tales como la pérdida de un muestreo completo.

La señal de salida del último circuito descrito se aplica a un filtro digital, que permite el paso sólo a una banda de frecuencias de audio muy restringida y suprime cualquier otra frecuencia que no pertenezca a la señal de audio.

La señal a la salida del filtro digital es aún digital, y debe ser convertida en una señal analógica. Esto se hace en un convertidor digital analógico (DAC), a cuya salida aparece la señal de audio original reconstruida y que, después de pasar por un último filtro, aparece a la salida del aparato.

Todo este proceso va acompañado, lógicamente, de unos controles de seguimiento de pista, control de enfoque, control de la velocidad de giro del plato, etc., que iremos estudiando con más detalle en las páginas que siguen.

### Seguimiento de pista

Ya sabe que es imprescindible que, durante la lectura del Compact Disc, la unidad fonocaptora siga la pista con extrema precisión para asegurar una señal fidedigna. Al no existir ningún contacto mecánico entre la unidad fonocaptora y el disco, el seguimiento deberá realizarse electrónicamente.

Como referencia del correcto seguimiento de la pista de un Compact Disc se recurre a la propia luz reflejada. Efectivamente, si el rayo luminoso está correctamente centrado sobre la pista, la intensidad de la luz reflejada será igual en todos los puntos, o sea que la luz reflejada por el lado derecho de la pista será igual a la que se refleja por el lado izquierdo (Fig. 12a).

Si el rayo de luz se desvía a la izquierda de la pista, parte de él se dispersará dentro del pit, reflejándose muy poco, y otra parte, la que incide sobre la superficie reflectante del disco, se reflejará con gran intensidad, es decir que la cantidad de luz reflejada por el lado izquierdo de la pista será superior a la reflejada por el lado derecho (Fig. 12b).

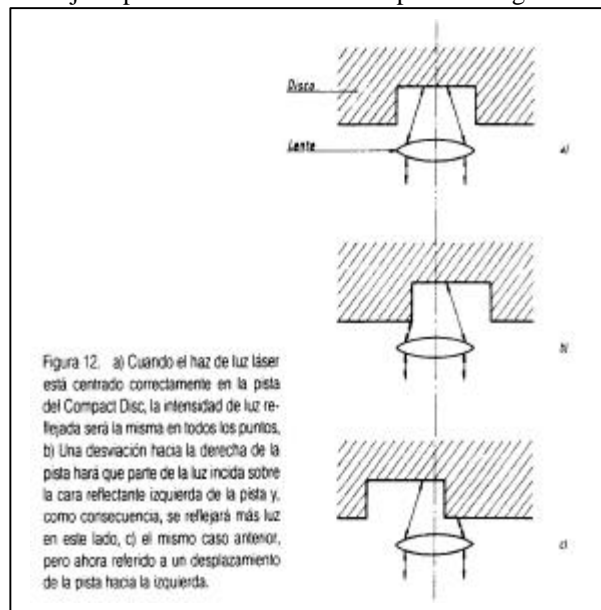
Análogamente, un desplazamiento del rayo hacia la derecha hará aumentar la cantidad de luz reflejada por la derecha de la pista, la cual será superior a la reflejada por la de la izquierda (Fig. 12c).

En los reproductores CD, las dos mitades de luz reflejada inciden en dos fotodiodos distintos. Si la intensidad luminosa incidente en cada fotodiodo es la misma, ello querrá decir que la unidad fonocaptora sigue la pista correctamente. Cualquier desplazamiento a la derecha o a la izquierda de la pista hará que la intensidad luminosa que incide en ambos fotodiodos sea desigual, lo que genera una

señal eléctrica diferencia que se suma y se resta a las dos señales de salida de los fotodiodos. Esta señal diferencia se compara con la señal de error radial que controla el brazo soporte de la unidad fonocaptora, desplazándolo hasta que el rayo láser de la unidad fonocaptora queda perfectamente centrado en la pista y se anula con ello la señal de error.

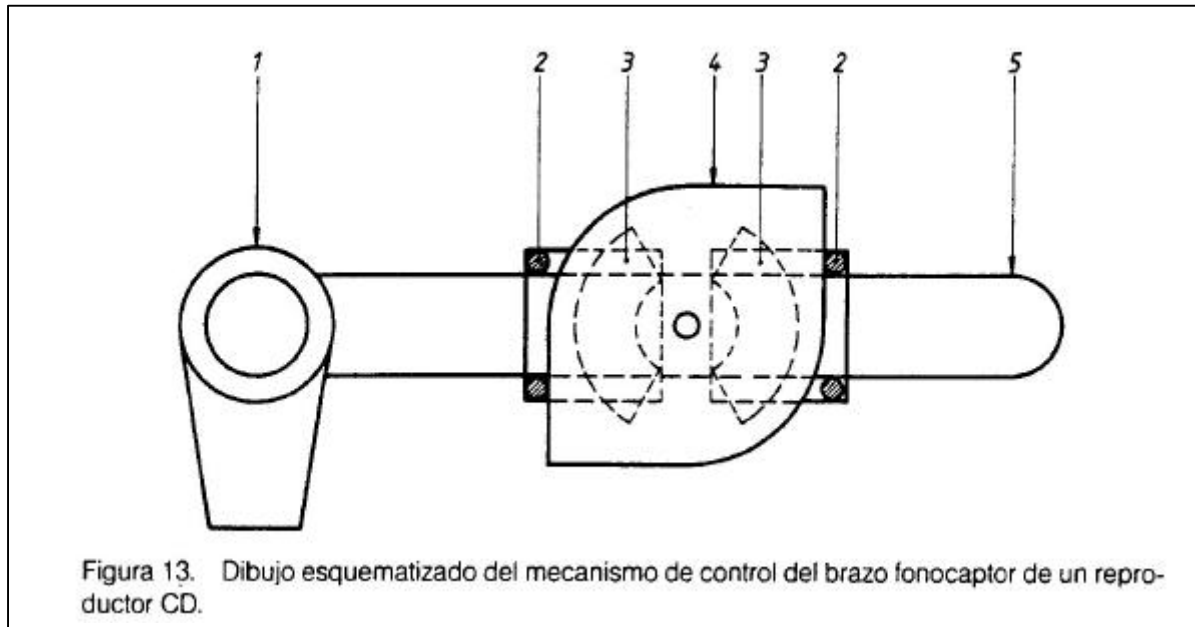
El sistema descrito no es otra cosa que un servosistema, es decir, un sistema que continuamente en el tiempo compara la señal de error con una señal de referencia y de esta comparación se obtiene una señal de error que controla la posición del brazo y con él el de fonocaptor.

Todos los servosistemas utilizados en los reproductores CD poseen una red de realimentación que los mantiene estables. No obstante se presenta el problema de que la ganancia de los sistemas depende de tantos factores, que cualquier variación en uno de ellos puede llevar a que la ganancia unitaria se produzca fuera del punto



de cruce antes de la actuación de la red de realimentación. Por este motivo es aconsejable mantener la ganancia lo más constante posible, lo cual se consigue controlando la ganancia tal y como se hace en el *seguimiento radial*, que estudiaremos en las líneas que siguen.

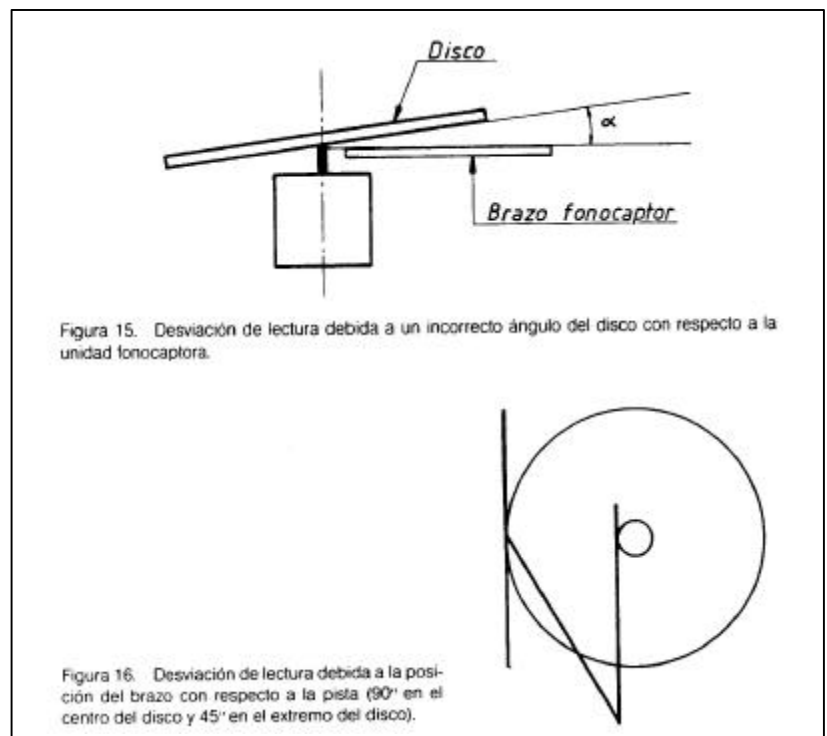
### Seguimiento radial



En la figura 13 se ha dibujado esquematizado un brazo para fonocaptor de Compact Disc para su seguimiento radial.

Fíjese que el fonocaptor (1) está montado en un brazo (5) que puede desplazarse en un plano horizontal. El movimiento del brazo está basado en el clásico principio de la bobina móvil, muy utilizado en los instrumentos de medida, y que consiste en enfrenar a unos imanes permanentes el campo magnético engendrado en unas bobinas por las que circula una corriente eléctrica. Si la intensidad de corriente que circula por las bobinas aumenta, aumenta la fuerza de atracción y/o repulsión (según sea el sentido de la corriente por el devanado) entre el campo magnético de las bobinas y los imanes, por lo que cuando la corriente sea nula no se producirán dichas atracciones y repulsiones y el brazo permanecerá en su punto de reposo. De lo expuesto podemos extraer la conclusión de que si hace circular más o menos corriente por la bobina, podemos llevar el brazo a una posición muy bien definida; la correspondiente a la lectura correcta de la pista.

Ya se ha dicho que la información de la posición del brazo, con respecto a la pista del disco, se obtiene de la cantidad de luz que incide en unos fotodiodos montados a cada lado del fonocaptor. Para que en estos fotodiodos incida la luz reflejada por el disco, el prisma del cual sale la luz reflejada se





realiza en forma de cuña (Fig. 8).

Como resultado de ello, la luz reflejada se divide en dos rayos iguales que se dirigen a dos pares de fotodiodos (FD en la figura 14).

La luz que incide en estos fotodiodos genera unas corrientes de valores instantáneos. Para el seguimiento radial se utiliza la suma de las señales de cada par de fotodiodos.

Sin embargo la señal puede estar influenciada por varios factores que hagan inestable al sistema, tales como:

- Asimetría del rayo de luz reflejado.
- Desviación del ángulo que el disco debe formar con respecto a la unidad fonocaptora (Fig. 15).
- Angulo del brazo con respecto a la pista (90' en el centro del disco y 45" en el extremo del disco (Fig. 16).
- Intensidad del rayo de luz.
- Reflexión de la superficie del disco.

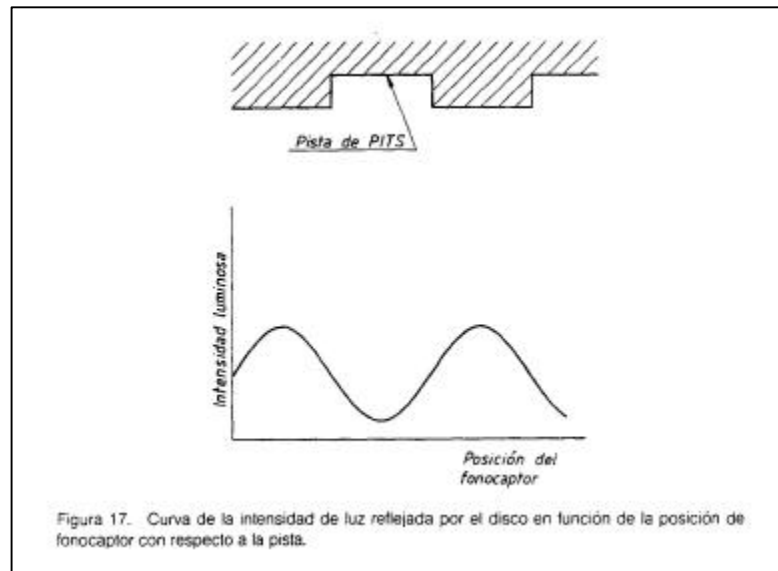


Figura 17. Curva de la intensidad de luz reflejada por el disco en función de la posición de fonocaptor con respecto a la pista.

En la parte superior de la figura 17 hemos dibujado lo que sería el corte en sección de un Compact Disc, justo por el pit de una pista, y en la parte inferior de la misma figura una curva representativa de la suma de la luz reflejada por el disco en función de la posición de la unidad fonocaptora con respecto a la pista. Como puede ver, cuando la unidad fonocaptora se encuentra entre dos pistas el disco refleja mucha luz y, cuando está justo en el centro de una pista, o sea cuando el rayo láser incide exactamente en un pit, la luz reflejada es mínima.

### Control de enfoque

Hemos visto en las líneas precedentes de este capítulo que, para obtener una señal fidedigna es imprescindible que el rayo láser recorra con exactitud la pista; no obstante se nos presenta otro problema que puede hacer incorrecta la lectura de la pista: un mal enfoque del rayo láser sobre ella debido a las continuas variaciones de distancia entre el Compact Disc y el objetivo de la unidad fonocaptora, durante el giro del plato, como consecuencia de las tolerancias mecánicas.

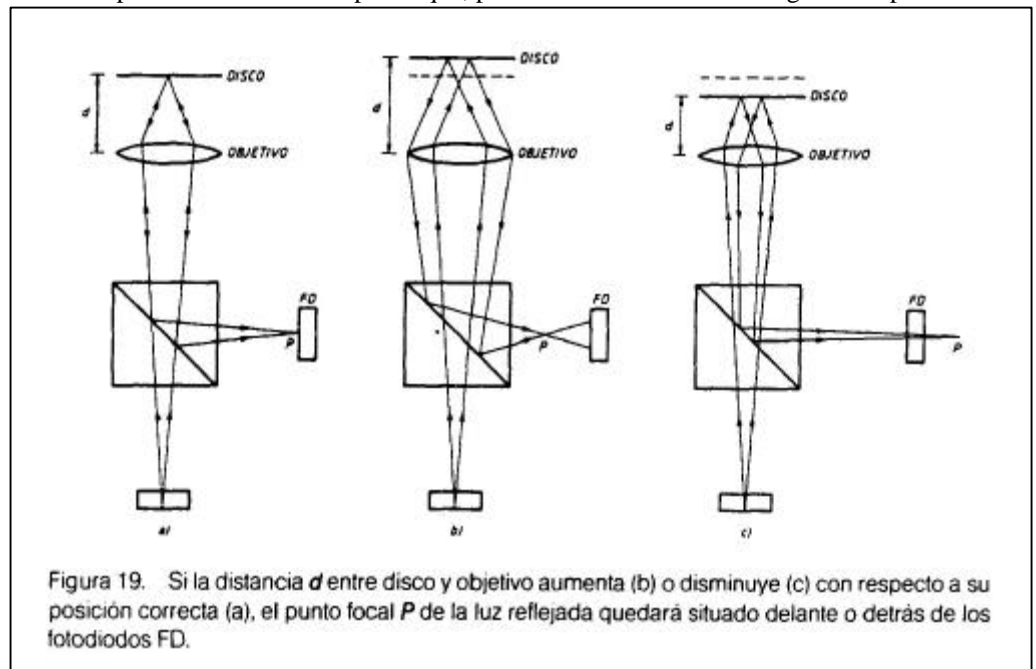


Figura 19. Si la distancia  $d$  entre disco y objetivo aumenta (b) o disminuye (c) con respecto a su posición correcta (a), el punto focal  $P$  de la luz reflejada quedará situado delante o detrás de los fotodiodos FD.

Efectivamente, el propio disco y las tolerancias mecánicas del plato y de su soporte pueden producir variaciones de distancia entre el disco y el objetivo de la unidad fonocaptora y, por tanto, un enfoque incorrecto del rayo luminoso sobre el disco y como consecuencia la lectura de la pista será deficiente (Fig. 19). Para evitarlo se deberá proceder a un continuo control sobre el enfoque del rayo láser.

Para mantener una distancia constante entre el disco y el objetivo, en los reproductores CD el objetivo de la unidad fonocaptora puede desplazarse automáticamente en sentido vertical, compensando así las variaciones de distancia que puedan producirse entre disco y objetivo durante la lectura.

Recordemos (Fig. 9) que el mecanismo de enfoque automático consiste en un imán permanente y una bobina, solidaria al objetivo, por la que circula una corriente eléctrica cuyo valor dependerá de la distancia entre disco y objetivo.

Cualquier error en el enfoque hará que la luz recibida por los fotodiodos cambie de intensidad y ello se convierte automáticamente en una señal de error que se utiliza para activar la bobina de enfoque del objetivo a través de un servosistema controlado por un microprocesador.

Efectivamente, si la distancia  $d$  entre disco y objetivo es la correcta, la luz reflejada que a través del prisma llega a los fotodiodos FD de la figura 19a quedará perfectamente enfocada en ellos.

Si el disco se aleja a la unidad fonocaptora, la luz reflejada seguirá el camino que hemos trazado en la figura 19b, con lo cual, una vez desviada por el prisma hacia los fotodiodos, queda enfocada en un punto  $P$  anterior a la posición de estos.

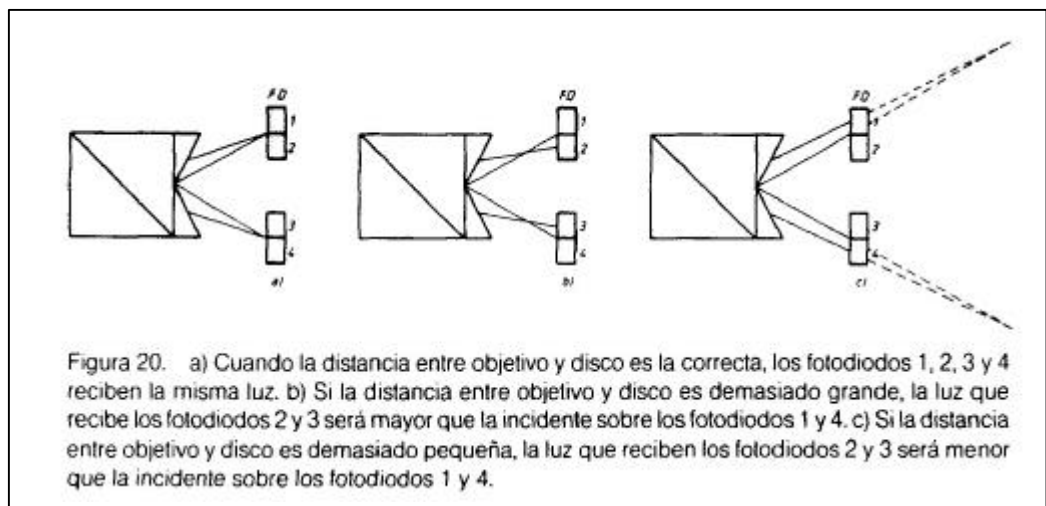
De igual forma, si el disco se aproxima al objetivo, la luz reflejada quedará enfocada en un punto  $P$  posterior a la posición de los fotodiodos FD (Fig. 19c).

Así pues, podemos obtener una información continua y veraz de la posición que ocupa el disco con respecto al objetivo a partir de la luz reflejada en éste.

En resumen, si el punto focal del objetivo coincide con el plano de las informaciones registradas en el disco, los puntos focales de la luz reflejada coincidirán también con los fotodiodos. Si el punto focal del objetivo no coincide con el plano de las informaciones registradas en el disco, por ser demasiado grande o demasiado pequeño, los puntos focales de la luz reflejada quedarán situados delante o detrás de los fotodiodos. La disposición de estos fotodiodos nos permiten determinar si el sistema está correctamente enfocado o no y, si no lo está, corregir la distancia objetivo-disco.

Veamos esto que acabamos de exponer, con algo más de detalle, y ayudándonos de la figura 20.

En la figura 20 puede ver cómo la luz reflejada, procedente del disco, queda dividida en dos rayos iguales, cada uno de los cuales incide sobre un par de fotodiodos FD. El rayo de luz superior incide sobre el par de fotodiodos 1 y 2, y el rayo de luz inferior sobre el par de fotodiodos 3 y 4.



Cuando el sistema está bien enfocado, es decir cuando la distancia entre el objetivo y la superficie reflectante del disco es la correcta, cada uno de los dos rayos de luz obtenidos por el prisma inciden en el centro de cada par de fotodiodos (Fig. 20a) y, en este caso, todos los fotodiodos reciben la misma cantidad de luz. Esta circunstancia la hemos representado en la figura 20a tramando con gris todos los fotodiodos que reciben la misma luz.

Si la distancia entre objetivo y disco es demasiado grande el punto focal de la luz reflejada queda situado delante de los fotodiodos, por lo que los fotodiodos 2 y 3 recibirán más luz que los fotodiodos 1 y 4, tal y como hemos dibujado en la figura 20b.

Si la distancia entre objetivo y disco es demasiado pequeña, los puntos focales quedarán detrás de los fotodiodos y, entonces, los fotodiodos 1 y 4 recibirán mayor cantidad de luz que los fotodiodos 2 y 3 (Fig. 20c).

La señal de error de enfoque se aplica a la entrada de un amplificador para que obtenga en él un nivel adecuado para el accionamiento de la bobina que, solidaria al objetivo, desplazará a éste hacia arriba o hacia abajo hasta que la señal de error focal  $E_f$  adquiera el valor 0, momento en el cual podemos asegurar que el sistema está correctamente enfocado.

Así pues, las señales eléctricas que se generan en los fotodiodos al incidir sobre ellos la luz reflejada por el disco se utilizan no sólo para ser convertidas en señales de audio, sino también para corregir de forma continua cualquier desviación de luz láser fuera de la pista y para enfocar correctamente la luz láser sobre el disco.

## Control del motor giradiscos

Las informaciones y datos leídos en el disco deben procesarse de forma uniforme, es decir que no se produzcan cantidades de lectura diferentes a igualdad de tiempos, pues ello provocaría errores en la interpretación de los datos. Es pues imprescindible que la velocidad de lectura sea lo más constante posible, y ello depende, lógicamente, de una velocidad del motor giradiscos sin fluctuaciones.

Efectivamente, la velocidad de entrada de los bits depende de la velocidad de rotación del giradiscos y de la posición de la unidad fonocaptora con respecto al punto central del disco, puesto que si la velocidad del giro del disco es constante el flujo de datos será menor cuando el fonocaptor lee la pista en una posición cercana al centro que cuando lee la pista en su final (por la periferia del disco).

En los reproductores CD debe disponerse por tanto un circuito de control de la velocidad de giro del motor, de forma que la velocidad de lectura de los bits sea constante.

Para ello, la velocidad de entrada de los datos se compara con una señal de frecuencia constante generada por un oscilador de cristal de cuarzo. Si entran demasiados bits por unidad de tiempo, el motor del giradiscos es frenado, mientras que si son leídos pocos bits la velocidad aumenta. De esta forma se mantiene un flujo de lectura de bits constante y, en consecuencia, se elimina prácticamente el lloro y el trémolo.

## **EL REPRODUCTOR DE CD (II)**

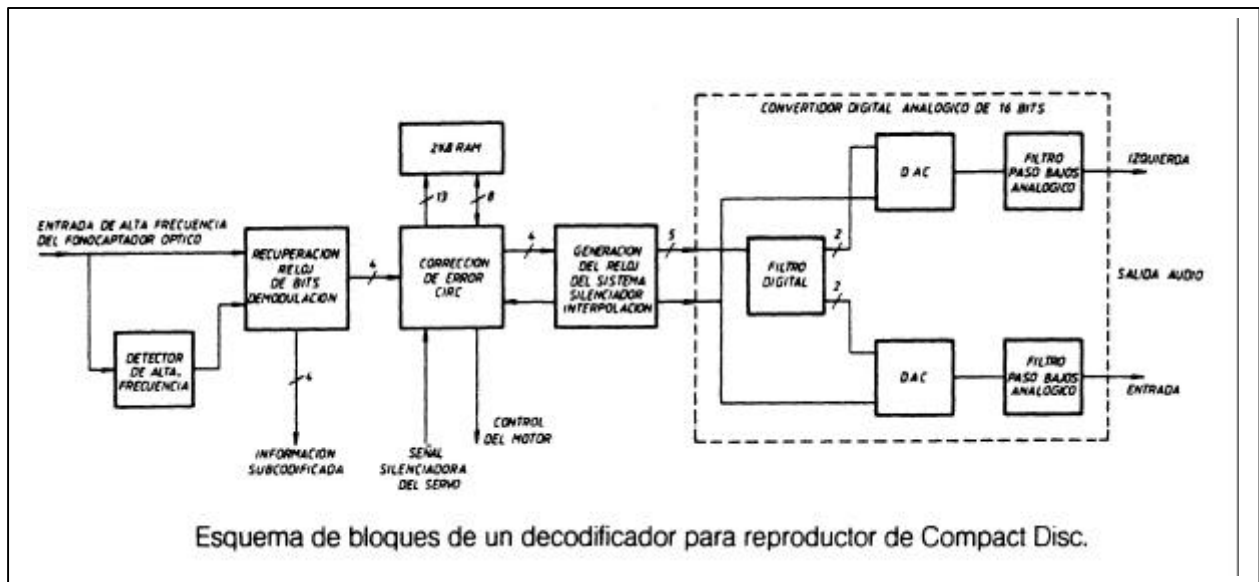
### **EL DECODIFICADOR**

## Introducción

En la figura 1 hemos dibujado el esquema de bloques de todas las etapas constituyentes de un decodificador para reproductor de Compact Disc. La misión de este decodificador es recuperar, a partir de la secuencia de datos de alta frecuencia obtenida del disco por el fonocaptor, los dos canales de audio analógicos.

En pocas palabras, el proceso de recuperación de la señal analógica es como sigue:

La señal luminosa captada por los fotodiodos y transformada en ellos en impulsos eléctricos de baja frecuencia, se aplican a un circuito demodulador.



Esquema de bloques de un decodificador para reproductor de Compact Disc.

En el demodulador, un circuito PLL permite procesar esta señal, tomando de la misma una señal de sincronismo para la lectura de las informaciones en instantes exactos de tiempo.

Empleando la señal de sincronismo de la señal de baja frecuencia, la lectura queda sincronizada y pueden leerse los códigos digitales. Para la lectura los códigos digitales se transforman de códigos de 14 bits en códigos de 8 bits y se aplican a un circuito corrector de error.

El primer control que realiza el circuito corrector de error es sobre la velocidad de entrada de datos. Para ello la velocidad de entrada de datos se compara con la frecuencia de la señal generada por un reloj muy estable. El resultado de esta comparación es una señal que servirá para controlar la velocidad de giro del motor del giradiscos, reduciéndola o aumentándola según aumente o disminuya, respectivamente, la velocidad de lectura de los datos.

Las palabras de 8 bits, que contienen las informaciones de audio, se introducen en una memoria (RAM) antes de enviarlas al decodificador para la corrección de error. La memoria RAM hace que los códigos sean enviados al decodificador en el orden correcto para realizar el proceso de decodificación y de corrección de error.

En un primer decodificador, los 32 símbolos de un campo se subdividen en 28 símbolos de información y 4 de paridad.

A continuación se procede a multiplicar algebraicamente los símbolos de información por los de paridad.

Si no existe error en la información, los 28 símbolos volverán a la memoria RAM. Si se detecta un error, éste se corrige y, el campo corregido se envía a la memoria. Si, por el contrario, se detectan dos o más errores, los 28 símbolos de información se envían a la memoria RAM sin corregir y se generan unos indicadores de error (flags) que servirán para informar, al segundo decodificador que estos símbolos son erróneos o no fiables.

Como durante este proceso se realiza una acción de intercalado, los símbolos llegan al segundo decodificador en un orden diferente.

Cuatro de los 28 símbolos son símbolos de paridad, y los 24 restantes contienen la información de audio.

A continuación se vuelven a realizar multiplicaciones algebraicas.

Si se encuentra uno o dos errores en los 24 símbolos de información de audio se corrigen, y el campo corregido es enviado de nuevo a la memoria.

Si son tres o más los símbolos erróneos, el campo se envía a la memoria sin corrección y, al igual que antes, se generan indicadores de error que informan al circuito de interpolación y silenciamiento que los símbolos son erróneos.

El siguiente proceso es el paso de la información por un circuito de interpolación y silenciamiento. Con la ayuda de los indicadores (o flags) obtenidos en el circuito de corrección de error, el circuito de interpolación y

silenciamiento puede determinar si una muestra errónea debe ser interpolada o debe aceptarse.

Cuando se conocen los valores de los muestreos anteriores y siguientes, la interpolación lineal permite el cálculo de un valor para el muestreo que falta. En cambio, si uno de estos valores de muestreo falta, se procede a un enmudecimiento de la señal.

Además de lo expuesto, el circuito de interpolación y silenciamiento separa las informaciones para los canales derecho e izquierdo.

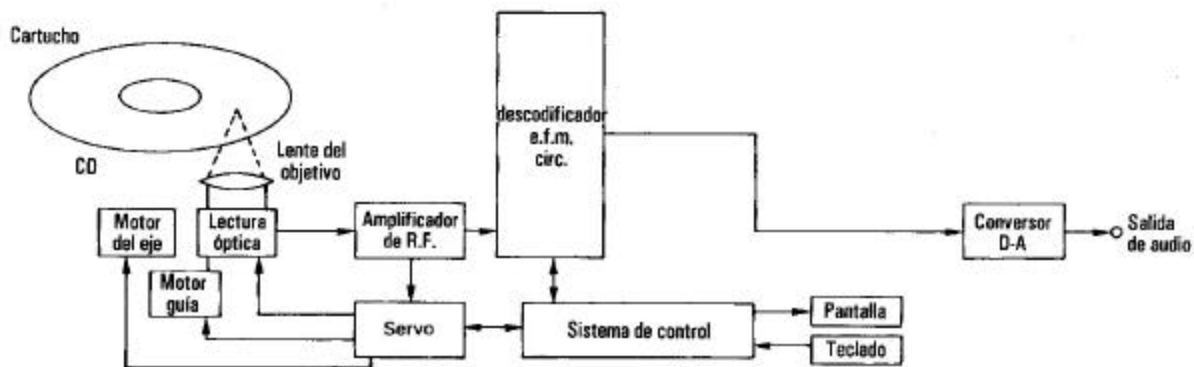
A continuación se envía la señal de cada canal a un filtro digital, el cual deja pasar solamente las señales de audio al convertidor digital analógico

(DAC).

El DAC genera una corriente analógica cuyo valor está en correspondencia con cada palabra binaria de entrada. Esta corriente cambia su valor cada vez que en la entrada aparece un código binario diferente, y así la señal analógica de audio original es reconstruida a partir de los códigos binarios.

El último paso consiste en hacer pasar la señal analógica por un filtro analógico, en el cual se suprimen las frecuencias de interferencia

Dada la complejidad del decodificador, se fabrican circuitos integrados LSI que llevan a cabo las funciones de filtro digital, demodulación, corrección de error (ERCO), interpolación y silenciamiento y de conversión de digital a analógico (DAC)



## **EL REPRODUCTOR DE CD (III)**

### **Investigación de averías**

En este capítulo se examinará un método práctico y comprensible para el control de averías de un reproductor de CD típico. Sin embargo, los términos "práctico" y "comprensible" son en ocasiones relativos. Evidentemente, existen informes más prácticos y comprensibles que otros, es decir, ninguna guía de investigación de averías puede ser tan completa como para adivinar y enumerar todos los fallos posibles de un producto determinado y citar a continuación, al mismo tiempo, los arreglos pertinentes para solucionar el problema. No obstante, cualquier guía de investigación de averías ha de ser capaz de determinar la naturaleza general del problema y sugerir sus posibles causas inductoras con cierto grado de aproximación. No existen, por tanto, fórmulas mágicas que guíen al técnico hacia la pieza o componente del aparato que se debe reemplazar a partir de una somera descripción del problema (siempre que no se trate, claro está, de un simple fusible fundido).

El técnico deberá contar con el equipo mínimo de reparación que incluya instrumentos de pruebas, manual de instalación y documentación asociada, voltímetro, osciloscopio, herramientas adecuadas, equipo de soldadura y desoldadura, amplificador y altavoces, correa de conexión a tierra y puesto de trabajo conectado a tierra, conector maestro de energía de corriente alterna como seguridad adicional, todo ello junto a un informe completo del problema.

### ***INFORME DEL PROBLEMA***

Al igual que un médico indaga sobre cuestiones específicas cuando recibe la visita de un paciente, el técnico debe conseguir un informe claro del problema mediante preguntas adecuadas dirigidas al consumidor. Sin embargo, en muchas tiendas de atención al cliente no es el técnico la persona encargada de la relación directa, sino el recepcionista o alguien con funciones análogas. Ya sea técnico o no quien hable personalmente con el consumidor, habrá de responsabilizarse de la confección de una lista detallada del problema o problemas existentes. En la mayoría de los casos, se cumplimenta una hoja o un formulario de servicio. Reclamaciones de la índole "no funciona bien" o "salta solo" resultan insuficientes para encuadrar el problema y representan una pérdida de tiempo para el técnico. Si se perfilan las quejas en la forma: "el disco gira, pero no acaba de sonar" o "dos de los CD hacen que salte la unidad", el técnico puede comenzar a hacerse una idea de cómo *verificar* el problema, sin tener que recurrir a una *especulación gratuita*. Para evitar que los consumidores sientan un interrogatorio sobre la naturaleza del problema que aqueja a su unidad, es preciso explicarles claramente que una descripción concisa de los síntomas ayudará, con toda seguridad, a reparar antes dicha unidad.

No es corriente que se produzcan problemas no verificables, aunque en todo caso sería una buena iniciativa por parte del técnico o del director de servicios dirigirse al cliente para que confeccione una descripción más detallada del problema o certifique personalmente la imposibilidad de verificar la avería. Las preguntas dirigidas al consumidor por teléfono han de centrarse en cuestiones como la frecuencia del problema ("¿ocurre de continuo o cada vez que se inserta un disco?") u observaciones de carácter general para localizar la zona defectuosa ("¿sabe si el disco estaba girando?", o "¿existe algún sonido de reproducción?", o bien "¿cambia el indicador mientras el disco está en funcionamiento?", "¿aparece la tabla de índices nada más insertar el disco?"). Existen muchos otros tipos de cuestiones, en función del informe inicial y las contestaciones del usuario. De gran ayuda para el técnico será sin duda su familiarización con el funcionamiento normal del modelo en cuestión. Además, en el caso de modelos diferentes de características similares, se aligerará el estudio de su composición y operación normales. En este sentido, algunos problemas del cliente se derivan de carencias de conocimiento por, sencillamente, no haber comprendido las instrucciones de funcionamiento. En estos casos, que nada tienen que ver con una avería, el técnico ha de ser capaz de reconocer la situación y responder adecuadamente.

### ***VERIFICACION DEL PROBLEMA***

Una vez en manos del técnico, ha de colocarse la unidad sobre la mesa de trabajo y examinar su rendimiento. En particular, se deben verificar las indicaciones que sobre el problema ha expuesto el cliente, siempre que sea posible. Efectivamente, un fusible principal fundido producirá un síntoma de "sonido no reproducido", pero el técnico debe advertir también la ausencia de luces de panel, el bloqueo de la puerta del disco, etc. Es en esta fase en la que el técnico debe avezar al máximo todos sus sentidos. Entre los aspectos que es preciso examinar se incluyen la verificación de una rotación suave del motor del eje, la iluminación del indicador, o la posible



presencia de humo. Escúchese el sonido normal de reproducción a medida que se lee la tabla de contenidos y se pone en funcionamiento la primera selección. El sonido emana desde el conjunto de la lente al ser activado por la bobina de enfoque y las espirales de pista. (Se comporta realmente de forma semejante al arrollamiento de un altavoz). El sentido del olfato, a su vez, constituye un buen medio de detección de humo y recalentamiento. Así, el empleo de los sentidos no sólo es importante sino también de indudable precisión.

Igualmente, de importancia comparable sería no dejarse intimidar por la sofisticación de estos productos. En los circuitos que utilizan microprocesadores, existe la tendencia equivocada a culpar a estos elementos de la avería simplemente porque son complicados y no se entienden bien. Bajo ningún concepto deberá sospecharse del microprocesador por el solo hecho de que realiza un elevado cúmulo de funciones. La historia enseña que los elementos que fallan a intervalos bastante más regulares son los mecanismos electromecánicos y no los microprocesadores. Es más probable que artículos sencillos como motores de c.c., enchufes, correas, enlaces mecánicos, fusibles, uniones ralas de soldadura, conectores flojos, tuercas sueltas, hilos apretados, trazas rotas sobre los tableros de circuitos impresos, etc., estén en el origen de un fallo de funcionamiento antes que el microprocesador. Ha de mantenerse el microprocesador en una perspectiva apropiada que permita contemplar la mayoría de sus numerosos pines, necesarios por la elevada producción y recepción de señales. Únicamente ha de examinarse una zona del circuito cada vez, comprobando las señales de envío y recepción del microprocesador asociadas a dicho circuito. Básicamente, los chips de ordenador son muy fiables, por lo que se recomienda buscar antes causas mecánicas, elementos propensos al desgaste, áreas de tensión o calentamiento excesivos, enlaces o motores susceptibles de obturarse o correas que puedan haberse desprendido o roto. Siempre el microprocesador constituye el último recurso.

### ***REVISION DE LOS ELEMENTOS BASICOS***

En esta sección se ofrece, a modo de repaso y rápida referencia, una visión general de los distintos circuitos principales. Se establecen en ella las funciones básicas de cada circuito y los síntomas más probables producidos en caso de avería en la zona en cuestión.

#### ***Sistema óptico de reproducción***

El sistema óptico de reproducción es el sistema de generación y detección de triple haz que emplea el láser para crear los haces y producir los datos RF de reproducción.

#### **Funciones básicas**

1. Leer los pozos/niveles (recuperación de datos).
2. Generar una señal voltaica de error de enfoque (y responder a la señal de activación de error de enfoque).
3. Generar una señal de error de seguimiento (y responder a la señal de activación de error de seguimiento).

#### **Síntomas de avería**

1. No se lee la tabla de contenidos (*TOC*).
2. No hay reproducción.

#### **Servomecanismo de en foque**

El circuito de servomecanismo de enfoque actúa sobre la señal de error de enfoque desarrollada por el sistema óptico. Genera una señal de activación de error de enfoque para corregir el estado de falta de focalización.

#### **Síntomas de avería**

1. No se lee la tabla de contenidos (*TOC*).
2. Se requieren intervalos anormalmente largos de tiempo para leer la *TOC* (alrededor de 10 segundos).
3. Lectura de la *TOC* inestable e inconsistente (indicador incorrecto).

### **Servoseguimiento**

Este servocircuito actúa sobre la señal del error de seguimiento desarrollada por el sistema óptico y se utiliza para mantener la lente permanentemente sobre la pista. Este circuito genera la señal de activación de error de seguimiento y se emplea para accionar las cuatro bobinas de seguimiento en la estructura de la lente.

#### **Síntomas de avería**

1. El CD salta (salto de pista).
2. No se lee la *TOC*.

### **Mecanismo servotransversal**

Este circuito actúa sobre la señal de activación de error de seguimiento y, cuando el voltaje supera un nivel predeterminado, indica al circuito de control del sistema que genere una orden de motor transversal, de avance o avance inverso. La orden de avance o avance inverso conmuta un circuito de activación que induce el movimiento del motor transversal.

#### **Síntomas de avería**

- 1) La unidad no realiza saltos o búsquedas (no consigue acceder a la pista).
- 2) No se lee la *TOC*.
- 3) Funcionamiento errático de salto o búsqueda.

### **Lectura de datos RF**

Este circuito se encarga de recoger la señal RF de reproducción y, a través de la operación de fase sincronizada, detecta las señales *EFM* y *PCK*.

#### **Síntomas de avería**

- 1) No se lee la *TOC*.
- 2) Funcionamiento errático del sistema óptico.
- 3) Ruido de reproducción (si el *PLL* pierde el bloqueo).

### **Servomotor del eje.**

Este circuito es responsable del arranque del motor de eje y el mantenimiento de la rotación del disco a una velocidad lineal constante. Funciona bajo el control del circuito integrado de control del sistema (la señal *ACC*) y a partir de la señal *EFM* de reproducción (11 T). El control fino se consigue por comparación de la sincronización de trama de reproducción con el reloj de trama controlado por cristal de cuarzo.

#### **Síntomas de avería**

1. El disco no gira.
2. El disco gira de forma anormal.
3. Saltos incontrolados.
4. No se lee la *TOC*.

### **Motor de carga**

Este circuito, sujeto al control del circuito integrado de control del sistema, se encarga de abrir y cerrar la bandeja del disco (puerta).

#### **Síntomas de avería**

1. La puerta no se abre o no se cierra.
2. El disco roza el conjunto de la lente.

### **Decodificación EFM/corrección de errores**

Este circuito recibe la señal *EFM* de reproducción y la decodifica en muestras digitales de sonido de 16 bits y canales de subcódigos.

#### **Síntomas de avería**

1. No se lee la *TOC*.
2. Elevado ruido de reproducción.
3. No hay sonido.

### **Tratamiento audio**

Este circuito convierte la señal digital de sonido de 16 bits en analógica. Produce la deserialización (a través de pulsos rápidos) así como la restauración de fase del canal izquierdo.

#### **Síntomas de avería**

1. Uno de los dos canales no funciona.
2. Elevado ruido de reproducción.

### **Control del sistema**

Constituye el control principal para todas las operaciones de la unidad. Asimismo calcula los datos de visualización y activa los indicadores de panel. Genera servoseñales claves (*TR ON*, *CLDCK*, *IT ON*, etc.), y controla la amortiguación y las órdenes dirigidas a los diferentes mecanismos (*KICK*, *OPEN*, *CLOSE*, etc.).

#### **Síntomas de avería**

1. No funcionamiento (aunque la unidad está activada).
2. No se lee la *TOC*.
3. Funcionamiento errático del sistema.

### **Control remoto**

Este dispositivo consta de un sistema de circuitos incorporado para la generación de códigos sin cables. El receptor se encuentra en el aparato, y actúa paralelamente el funcionamiento de los botones de presión del panel frontal.

#### **Síntomas de avería**

1. El control remoto no funciona (pilas nuevas)
2. Funcionamiento errático del control remoto.
3. La unidad cambia de modo por sí sola.

## **OTRAS AVERÍAS**

### ***VERIFICACION DEL SUMINISTRO DE POTENCIA***

La determinación de problemas de cualquier dispositivo electrónico debe empezar siempre por la confirmación del funcionamiento adecuado del suministro de potencia y sus distintas salidas.

### ***VERIFICACION DEL MOTOR DE CARGA***

Un fallo en la bandeja del disco durante el funcionamiento indicaría o bien una avería del circuito de la unidad del motor de carga o un error del circuito de control cuando genera un orden de cierre o apertura.

### ***COMPROBACION DEL FUNCIONAMIENTO DEL SERVO DE ENFOQUE***

### ***COMPROBACION DEL SERVO TRANSVERSAL***

### ***COMPROBACION DEL SERVOMOTOR DEL EJE***

### ***COMPROBACION DEL CIRCUITO EFM (EXTRACCION DE DATOS)***

### ***COMPROBACION DEL MODULO LSI***

### ***COMPROBACION DE LOS CIRCUITOS D/A Y LOS CIRCUITOS DE SONIDO***

### ***COMPROBACION DEL C.I. DE CONTROL DEL SISTEMA***

### ***COMPROBACION DEL CONTROL REMOTO***