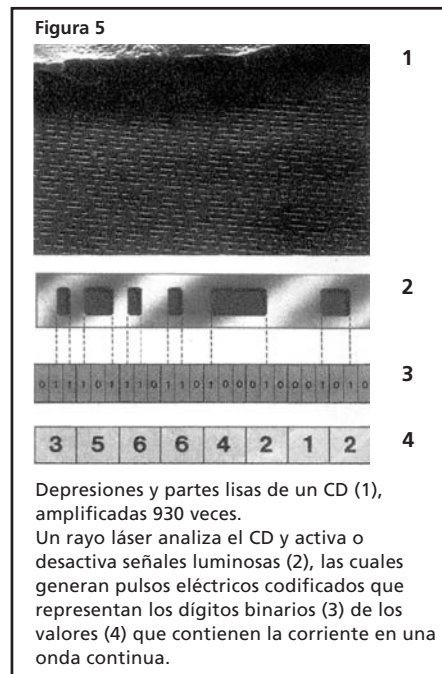


Los discos compactos sólo tienen 12 cm de diámetro, pero contienen 5 km de pista de sonido. Están grabados de un solo lado y no se maltratan ni se desgastan, ya que no hay aguja que los roce. Un rayo láser de baja intensidad lee el disco por la parte inferior e interpreta las microscópicas depresiones y partes planas de la pista, trazada en espiral desde el centro del disco. Así como la clave Morse se basa en puntos y rayas, las



depresiones y partes planas forman una clave digital convertible en sonido.

Las claves digitales forman patrones en los que sólo se usan dos dígitos: el 0 y el 1. Con ellos se crea un código de infinitas modulaciones y so-

nidos. Mediante la decodificación, es posible reproducir fielmente cualquier sonido perceptible para el oído humano.

Cuando el rayo láser analiza el disco en rotación, las depresiones y partes planas afectan la reflexión de la luz, que incide en un dispositivo fotosensible llamado fotodiodo. Éste convierte la información recibida en señales

eléctricas, que a su vez se transforman electrónicamente en una corriente variable, se amplifican y llegan a las bocinas, donde se reproducen las ondas acústicas que originaron las depresiones y las partes planas del disco.

#### IV. Actividades

- Para comprender mejor el tema de estudio, vale la pena que los alumnos consulten los siguientes términos o conceptos: *Láser, Fotodiodo, Reflexión, Electroimán, Campo magnético, Oscilación de voltaje, Deflexión.*
- Realizar un trabajo de investigación sobre los discos de vinil, los casetes y los discos compactos (producción, materiales, funcionamiento).
- Realizar un trabajo de investigación sobre el sonido que incluya información referente a transmisión, barrera, cualidades, intensidad, percepción, reflexión, reverberación, timbre, tono y velocidad.

#### V. Bibliografía

1. *Cómo son y cómo funcionan casi todas las cosas*, Reader's Digest, México, 1991.
2. *The Way Things Work*, Simon and Shuster, New York, 1967.
3. <http://www.ee.washington.edu/conselec/CE/kuhn/cdmulti/chap1/history.htm>

Esperamos sus comentarios y sugerencias, que pueden hacer con atención a: Rosa María Catalá, al teléfono 56 22 72 97, fax 54 24 01 38, correo electrónico [comoves@universum.unam.mx](mailto:comoves@universum.unam.mx)

Los profesores pueden copiar esta guía para su uso en clase. Para cualquier otro uso es necesaria la autorización por escrito del editor de la revista.



# Nostalgia setentera: el audio digital vs. el analógico

De: Francisco Delahay  
(No. 36, p. 10)

#### Maestros:

Esta guía se ha diseñado para que un artículo de cada número de *¿Cómo ves?* pueda trabajarse en clase con los alumnos, de modo que se adapte a los programas de ciencias naturales y a los objetivos generales de estas disciplinas a nivel bachillerato. Esperamos que la información y las actividades propuestas sean un atractivo punto de partida o un novedoso “broche de oro” para dar un ingrediente de motivación adicional a sus cursos.

#### I. Ubicación de la temática en los programas del bachillerato de la UNAM

##### Sistemas ENP y CCH

El artículo y esta guía pueden abordarse en cursos medios y superiores de física, donde los temas de ondas y acústica pueden conectarse para enriquecer la discusión.

#### II. Más información

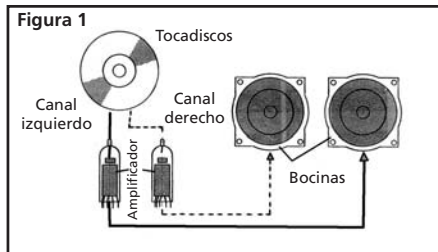
##### El origen del sonido grabado

Hace apenas 125 años, todos los sonidos se producían en vivo y eran tan fugaces como un eco. Ahora el aire está lleno de sonidos que han sido almacenados en discos, cintas y discos compactos, que pueden ser vueltos a tocar en cualquier tiempo y lugar. Esta inundación de sonidos grabados comenzó en 1877, cuando a Thomas A. Edison se le ocurrió que la presión de las ondas percibidas como sonidos podía retenerse en grabaciones permanentes que permitieran reproducir los sonidos

originales. Construyó un aparato (en el que la grabación se hacía sobre un cilindro) al cual llamó fonógrafo y reprodujo de forma rasposa y apenas audible la primera frase grabada de la historia *Mary had a little lamb* (María tenía un borreguito). El instrumento fue aclamado como el “milagro del siglo XIX”.

La maravillosa máquina de Edison, que pronto se usaría para grabar de todo, desde solos de corneta hasta arias de ópera, era un mecanismo simple (ver parte III), tan simple que pronto surgieron competidores. En 1886 Chichester Bell (primo de Alexander Graham Bell) y Charles Tainter patentaron el *Graphophone*, basado en el mismo principio, pero que, como en lugar de papel de estaño usaba cera, reproducía mejor. En 1887 Emile Berliner se presentó con el *Gramophone* (véase figuras 1 y 2), que usaba discos en vez de cilindros. Los discos ganaron la partida a pesar de que se produjeron cilindros hasta 1929.

El sonido grabado se popularizó gracias a dos mejoras hechas en las máquinas parlantes originales. Una, muy importante, fue dotarlas de motores de cuerda pequeños y baratos que hacían girar los discos a velocidad constante (los primeros tenían manivelas manuales y era casi imposible evitar que los cambios de velocidad produjeran un sonido fiel, en general la voz grabada tenía cambios drásticos entre chillidos muy agudos o sonidos muy graves). La otra fue la producción en masa mediante galvanoplastia de miles de grabaciones tomadas de un disco maestro.



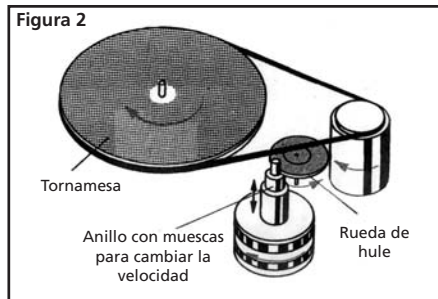
### La revolución eléctrica

A principios de los años veinte, la joven industria de la grabación fue sacudida por un invento que invadió los hogares: la radio. Las grabaciones que habían entusiasmado al mundo parecían ahora rayadas, burdas y aburridas. Descendió dramáticamente la venta de fonógrafos: para 1925, la utilidad anual de la *Victor Talking Machine Company* (luego la famosa RCA Victor), había bajado de 23 millones de dólares a sólo 123 mil. Pero el tropiezo de los fonógrafos fue transitorio. Los mismos principios físicos que hicieron posible el advenimiento de la radio pronto se aplicaron con gran éxito a las grabaciones. Las antiguas grabaciones acústicas dependían exclusivamente de las vibraciones mecánicas del sonido para imprimir sobre el papel de estaño o en la cera. La nueva técnica empleaba micrófonos que convertían el sonido en corriente eléctrica, la cual era amplificada mediante tubos de vacío o "bulbos". El sonido de una gran orquesta o de un coro podría grabarse con muchas más sutilezas. En 1925 apareció el primer éxito de la era de la grabación eléctrica: *Adeste Fidelis*, cantado por 900 voces.

Finalmente, lo que la electricidad hizo con las grabaciones en los años veinte, la cinta magnetofónica lo hizo en los años cuarenta. En 1898, un ingeniero danés había inventado la grabación magnética, pero ésta no se hizo práctica hasta después de la Segunda Guerra Mundial. En lugar de registrar los sonidos como marcas resaltadas en un surco, las vibraciones se registran en forma magnética, sobre una cinta de plástico. Como combinaba la reproducción de alta fidelidad y la facilidad de edición, la cinta sustituyó a los discos para hacer grabaciones maestras.

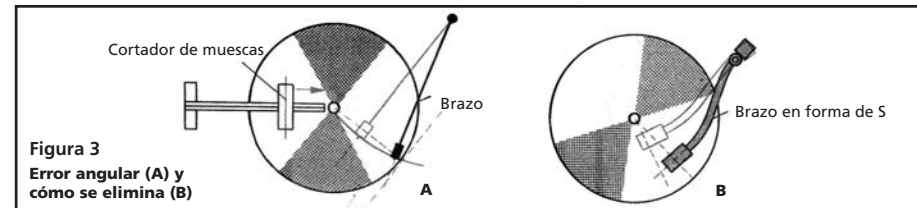
### La revolución digital

Como medio para reproducir música, el CD fue en su momento la adaptación emergente de varias



tecnologías, incluyendo el uso del láser (inventado en 1958), la grabación digital (inventada en 1967), la tecnología de discos ópticos (comercializada por primera vez en los años setentas para la realización de películas *LaserVision*), y por supuesto, la computadora. El muestreo digital de 44.1 kHz se basa en ecuaciones publicadas originalmente en 1928; el método de audio basado en la modulación de pulso codificado (PCM por sus siglas en inglés) que utilizan los CDs data de 1948, y los códigos de corrección de error se usaban desde el principio de los años sesenta. A mediados y fines de los años setenta, el diseño y desarrollo del aparato reproductor de discos compactos corrió a cargo de dos compañías: Philips y Sony. Philips fue la primera en concebir la idea de la reproducción de audio por medio de discos ópticos, ya que originalmente habían desarrollado el videodisco de barrido por láser. La compañía decidió producir un prototipo y presentarlo a los fabricantes. De las cinco grandes empresas que asistieron a la demostración, Sony fue la única que decidió colaborar con Philips en el desarrollo final del producto.

Sony era entonces la empresa líder en la producción y reproducción de audiocasetes y en la conversión de las técnicas de grabación magnética a digitales. Debido a lo complementario del acuerdo entre ambas compañías, pudieron resolver el problema original, pero también generaron en forma conjunta la estructura de las nuevas fábricas donde se producirían los nuevos discos. En 1981, 35 compañías productoras firmaron un acuerdo con el nuevo estándar de manufactura establecido por la mancuerna Philips/Sony, y empezó una carrera desenfrenada para lanzar al mercado el primer reproductor de discos compactos. Finalmente fue la propia Sony quien lanzó el primer aparato



to, un mes antes de que Philips lo lograra, a principios de 1983. Ya por 1986, los reproductores de CDs tenían ventas por arriba de un millón de unidades por año, haciendo del aparato el producto de consumo electrónico de mayor crecimiento en ventas jamás introducido al mercado.

## III. El funcionamiento de los equipos de reproducción de sonido

### El tocadiscos

El tocadiscos reproduce las ondas de sonido a partir de las muescas en el disco, donde el barrido por medio de un estilite o aguja las convierte en señales eléctricas. Para lograr que el sonido sea lo suficientemente fuerte para salir por una bocina, éste tiene que amplificarse, y si es necesario, corregirse por medio de ecualizadores y controles de tono. El tocadiscos consiste principalmente de un tornamesa y un brazo con la aguja, y el conjunto con el amplificador y las bocinas es un sistema de reproducción (véase figura 1).

El sistema de rotación se encarga de hacer girar el disco de la forma más silenciosa y libre de vibraciones posible, a la velocidad correcta (véase figura 2). Para lograr esto, se coloca un sistema de transmisión, donde una de las ruedas es de hule, la cual, por medio de fricción controla por pasos tanto la velocidad de rotación como la eliminación de vibraciones.

La función del brazo es la de soportar la aguja y equilibrar su peso, de manera que las únicas fuerzas que actúen sobre la aguja sean las fuerzas de deflexión ejercidas por las muescas del disco. El "error angular", debido a las diferencias en el corte de las muescas en el disco y la forma en que se recoge el sonido por medio de la aguja, nunca puede ser del todo eliminado y distorsiona el sonido, pero el efecto se reduce modificando la forma del brazo, por lo que éstos suelen tener formas ligeramente curvas (véase figura 3). Hay otras

fuentes de distorsión y a lo largo de los años, los gramofones fueron incorporando sistemas muy sofisticados para reducir de errores. Los más modernos combinan alta resistencia con el movimiento de masas muy pequeñas, lo cual reduce la distorsión del sonido y disminuye el deterioro de los discos a medida que repetidamente se colocan bajo la aguja.

### La cinta magnetofónica

Para producir una cinta magnetofónica, el sonido se convierte en señales eléctricas por medio de un micrófono en conjunto con un equipo de amplificación. Estas señales eléctricas (oscilaciones de voltaje), producen variaciones en la fuerza de un campo magnético. Las señales son entonces grabadas en una cinta magnética, la cual es magnetizada a lo largo de su extensión de acuerdo con las señales impresas en ella. En las primeras grabadoras se utilizaban cintas de alambre de acero, pero desde hace más de 40 años se emplean cintas plásticas con un recubrimiento de polvo de óxido de hierro rojo ( $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ). Las partículas de óxido, las cuales se aplican a la cinta por medio de una sustancia adhesiva, son altamente magnetizables y retienen sus propiedades magnéticas de forma casi indefinida. Las vibraciones de sonido son recogidas por el micrófono de la grabadora/reproductora, amplificadas y convertidas en variaciones del campo magnético de un electroimán que se encuentra en la cabeza del aparato (véase figura 4), y de ese modo se graban los sonidos en la cinta. Para reproducir los sonidos, la cinta se pasa por una cabeza similar, llamada cabeza reproductora, a la misma velocidad en que se hizo la grabación. El magnetismo almacenado en la cinta induce oscilaciones de voltaje en la bobina del electroimán de la cabeza, y las señales eléctricas producidas pasan por el amplificador que proporciona la energía suficiente para el funcionamiento de las bocinas.