

TEMA 11: GRABACIÓN MAGNÉTICA DEL AUDIO

INTRODUCCIÓN

Fue en el año 1887 cuando se realizó la primera grabación de audio sobre un soporte magnético, en concreto fue sobre un hilo magnético enrollado. En 1900, se patentó el primer sistema de grabación y reproducción que conocía el mundo. Durante la II guerra mundial, se hicieron grandes esfuerzos en investigación. Fueron los alemanes los que crearon las cintas magnéticas, colocando pequeñas partículas sobre una base flexible. Al final de la guerra, la firma alemana BASF, comenzó a comercializar cintas magnéticas para el consumo. Primero se empleó un soporte de papel, para pasar poco después a emplear un soporte plástico, tal y como se emplea actualmente.

EL MAGNETISMO

Pocos materiales poseen las propiedades de un imán. Entre ellos figuran en primer lugar el hierro, el cobalto, el níquel y sus aleaciones. Otros materiales sólo en una determinada composición presentan propiedades magnéticas técnicamente interesantes. Así, por ejemplo aunque el cobre, manganeso y aluminio por sí solos no son magnéticos, pueden obtenerse potentes imanes de sus aleaciones.

A todos los materiales que tienen las citadas propiedades magnéticas en alto grado se les llama materiales *ferromagnéticos*.

Los materiales que no admiten ninguna imanación se les denomina *diamagnéticos* y los que son susceptibles de una débil imanación *paramagnéticos*.

De los tres grupos citados sólo los materiales ferromagnéticos son, por sus características utilizados en las cintas magnéticas como elemento principal puesto que el plástico (diamagnético) es un elemento que limita su función a la de soporte del anterior.

Los imanes elementales

De todos es sabido que en un imán el fenómeno magnético no se manifiesta de manera uniforme en toda su masa sino que se hace patente principalmente en sus extremos, los cuales reciben el nombre de *polo Norte* y *polo Sur*.

Sin embargo, si cortamos por la mitad una barra imán no se obtienen dos polos magnéticos aislados, sino dos nuevos imanes, cada uno con un polo norte y un polo sur. Repitiendo la operación se obtienen sucesivos pares de polos y nunca polos sueltos.

Llegado a este punto apreciamos una diferencia esencial entre cargas eléctricas y polos magnéticos: las cargas eléctricas aparecen sueltas, mientras que los polos magnéticos siempre van aparejados.

A una barra imán podemos por tanto descomponerla en diminutos imanes. De muchos pequeños imanes podemos naturalmente asimismo componer un gran **Iman**.

MAGNETIZACIÓN DE UN TROZO DE HIERRO

Para Magnetizar un trozo de hierro, podemos emplear varios métodos. Los más conocidos son:

Frotar repetidas veces un trozo de hierro con un polo de imán, cuidando que este frotamiento se realice siempre en el mismo sentido.

Otro método consiste en someter al trozo de hierro a la acción de un campo magnético producido por una corriente eléctrica, para lo cual se utiliza una bobina, por la que se hace circular una corriente, apareciendo en los extremos de esta el polo norte y sur del campo magnético.

Este sistema es el utilizado en los magnetófonos, ya que la cabeza no es más que un electroimán cuyo campo magnético se hace incidir sobre la cinta magnética que se desea imanar.

FLUJO MAGNÉTICO

Un campo magnético es el espacio que rodea a un imán, y que es influenciado por él. A este espacio, nos lo imaginamos lleno de líneas, que denominamos líneas de fuerza. Éstas son, no obstante, líneas imaginarias.

Un haz de líneas de fuerza, recibe el nombre de flujo magnético. En las proximidades de los polos, el flujo es muy apretado, a medida que nos alejamos, éste irá decreciendo.

INTENSIDAD DE CAMPO MAGNÉTICO (H)

Se mide en Oersted, o en Amperios/metro.

El Oersted, representa el número de líneas de fuerza que atraviesan una superficie de 1cm^2 .

El amperio/metro, relaciona la intensidad de un campo magnético, con la que produciría una corriente de un amperio, circulando por una bobina de 1 espira y 1m de longitud.

Un Oersted equivale a $79,6\text{ A/m}$.

PERMEABILIDAD MAGNÉTICA

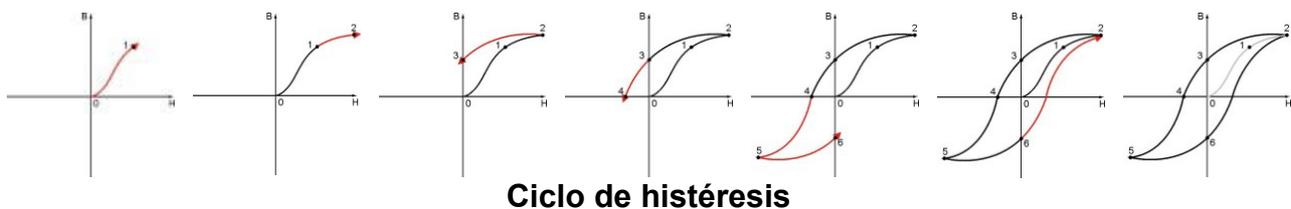
Es el valor de la inducción que aparece en un cuerpo, como consecuencia de la influencia de un campo magnético. Expresa el número de veces que la inducción es mayor que la intensidad del campo residual. Este valor no es constante, pues los materiales ferromagnéticos, rápidamente se saturan, y llegado este punto ya no admite mas magnetización, es decir, aunque se aumente la intensidad del campo, el magnetismo residual no aumenta.

EL CICLO DE HISTÉRESIS

Si sometemos un cuerpo desmagnetizado a la acción de un campo magnético que crea una intensidad de campo **H** (inducción magnética), observaremos que :

- ❖ Al aplicar campo magnético superior al umbral, se obtiene una magnetización en la cinta. (0 -1)
- ❖ Si el campo aumenta más, llegamos al punto de saturación de la cinta. (1 - 2)
- ❖ Al disminuir el campo, la cinta mantiene una magnetización remanente. (2 -3)
- ❖ Para eliminarla, debemos aplicar campo de sentido contrario. (3 -4)
- ❖ La polaridad negativa produce una curva similar a la positiva. (4-5-6)
- ❖ Para completar el ciclo, aplicamos de nuevo campo positivo, consiguiendo una nueva magnetización. (6 - 2)
- ❖ A partir de este punto, el ciclo se repite por las líneas exteriores

La gráfica que relaciona la intensidad del campo magnético inductor **H**, y el campo magnético inducido **E**, se denomina ciclo de *histéresis*.



Los cabezales de grabación/reproducción en audio y vídeo, son *electroimanes*. Un electroimán está formado por un núcleo de hierro dulce u otro material similar alrededor del cual se enrollan espiras conductoras por las que se hace pasar una corriente eléctrica.

Este núcleo necesita un campo coercitivo muy débil para perder el magnetismo remanente. No obstante, al hacer pasar una corriente eléctrica por las espiras enrolladas sobre el núcleo magnético, se crea un campo magnético que adquiere un valor muy alto.

De igual manera, si sometemos un electroimán aun campo magnético, éste provoca la aparición de una corriente eléctrica en sus espiras proporcional al campo magnético que la ha creado. El principio es por tanto reversible.

CONSTITUCIÓN DE UNA CINTA MAGNÉTICA

Los elementos constituyentes de una cinta magnética son el soporte, aglutinante y el material magnético.

SOPORTE

Es el elemento que proporciona a la cinta sus propiedades mecánicas. Se fabrica de acetato de celulosa, cloruro de polivinilo o de poliéster.

La cinta de acetato de celulosa posee, con respecto a la de cloruro de polivinilo, una mayor uniformidad en el espesor, pero tiene el inconveniente de ser higroscópica, y por lo tanto la cinta es sensible a la humedad.

El acetato posee un límite de elasticidad medio, alargamiento pre-rotura mínimo, resistencia baja a los choques y al desgarramiento, excelente estabilidad frente a los cambios de temperatura y pequeña estabilidad dimensional. Fue muy utilizado como soporte para cinta magnética hace años, pero en la actualidad se limita su uso a cintas profesionales, siendo desplazado por el poliéster.

El policloruro de vinilo (PVC) presenta un límite de elasticidad medio, alargamiento a la pre-rotura grande, resistencia a los choques mediana y buena resistencia al desgarramiento. Es muy sensible a los cambios de temperatura y su estabilidad dimensional es pequeña. En la actualidad prácticamente no se utiliza.

El poliéster presenta las ventajas de los dos anteriores y prácticamente ninguno de los inconvenientes, por lo que la mayoría de las cintas comerciales existentes lo utilizan como soporte. Como características positivas del poliéster caben citar su límite de elasticidad muy elevado, alargamiento a la pre-rotura grande, resistencia a los choques muy elevada, gran resistencia al desgarramiento, estabilidad máxima a los cambios de temperatura y estabilidad dimensional excelente.

Como inconvenientes caben citar su elevado precio en comparación con los otros dos materiales y el que se estire con facilidad cuando se somete a esfuerzos, aun reducidos.

Como resumen de todo lo expuesto podemos decir que la mayoría de los fabricantes de cintas magnéticas utilizan poliéster tensilizado (Tensilized polyester) como soporte de las mismas.

Un buen soporte debe presentar las propiedades mecánicas siguientes:

- ❖ Resistencia mecánica
- ❖ Estabilidad frente a los cambios de temperatura
- ❖ Resistencia al desgarre
- ❖ Estabilidad dimensional.

AGLUTINANTE

Proporciona cohesión a los cristales componentes de la capa magnética y fija ésta al soporte.

Existen gran variedad de aglutinantes, en los cuales, además de una sustancia adhesiva, se incorporan otras que protegen la unión entre capa magnética y soporte.

MATERIAL MAGNÉTICO

Es el elemento más importante, puesto que de ella dependen las propiedades de grabación-reproducción de la cintas. Se emplean varios tipos de sustancias magnéticas. A destacar:

Óxido de hierro:

El óxido de hierro o hematita (Fe_2O_3), es el elemento más empleado. Se usa en todo tipo de cintas, incluyendo las de video o de datos. Es económico, y además susceptible de mejoras, pues todavía no ha alcanzado su límite físico.

Bióxido de cromo

Mejora las características de las cintas de óxido de hierro, en la respuesta a altas frecuencias, que la puede mejorar en 7 ú 8 db. Presenta otros inconvenientes como son una mayor abrasividad, que se traduce en un mayor desgaste de las cabezas, una menor sensibilidad a las frecuencias medias-bajas y las necesidad de unas corrientes de borrado y polarización mayores que las anteriores, lo que exige contar con un magnetófono preparado. Su utilización hoy en día está muy extendida.

Cobalto

Se introdujeron en el mercado en 1975. Aunque no gozan de tanta popularidad como las cintas de cromo, presentan unas características similares y además no son tan abrasivas, con lo que mejoran la durabilidad de las cabezas. Aunque en audio no se emplean mucho, si se usan en vídeo.

Ferricromo

Se emplearon durante mucho tiempo mezclas de óxidos de hierro con óxidos de cromo o cobalto. La idea es dotar a la cinta de una doble capa magnética, una férrica y la otra de cromo. Así tenemos las cualidades de las dos: buena sensibilidad en agudos y en medios-bajos.

Hoy en día prácticamente no se fabrican.

Metal

Aparecen en el mercado en 1979. En lugar de emplear óxidos metálicos, utilizan partículas de metal puro, normalmente una mezcla de un 70% de hierro y un 30% de

cobalto. Como consecuencia de sus características, la cinta de metal proporciona grandes relaciones señal/ruido, elevados márgenes dinámicos y de nivel de salida. Los niveles de salida en frecuencias bajas, llegan a doblar los conseguidos con cintas de óxido. La respuesta en frecuencia, es elevada, alcanzándose los 15kHz a -3db, lo que es una cota adecuada para sistemas de alta fidelidad. El principal inconveniente es su precio, muy elevado debido a que el proceso de fabricación es delicado, ya que las partículas de metal no pueden nunca entrar en contacto con el aire, ya que se oxidarían. Serán necesarios buenos aglutinantes.

Metal evaporado

La última generación de cintas de capas metálicas homogéneas de evaporación al vacío ya ha empezado a introducirse comercialmente en todo el mundo con unos resultados óptimos.

Uno de los factores más determinantes de su nivel de calidad proviene de su propia fase de desarrollo, ya que elimina el concepto de utilizar aglutinantes y pigmentos que se empleaban para adherir la capa de emulsión a la base de poliéster.

En el proceso de evaporación al vacío se forma un pequeño estrato magnético directamente sobre la base. Esto se logra por medio de un crisol que contiene el componente de partículas metálicas magnéticas, especialmente cobalto-níquel. Por medio de unos haces de electrones se calienta el contenido del crisol hasta una elevadísima temperatura, de forma que el producto contenido se evapora. En ese momento se hace desfilarse la base del soporte, de forma que el vapor se vaya depositando sobre ella en una pequeñísima capa, de un grosor de 2.000 Angstroms. Posteriormente se baña con un gas, con lo que se produce una capa de óxido que cubre toda la superficie.

Este proceso produce una mayor uniformidad en la distribución de las partículas, un menor desgaste de las mismas al entrar en contacto con las partes mecánicas del transporte, un mayor flujo remanente, una considerable mejora en la relación señal/ruido y una gran mejora en la respuesta de frecuencias.

CARACTERÍSTICAS DE LAS CINTAS MAGNÉTICAS

Las características de una cinta magnética las podemos estudiar a partir de sus diferentes propiedades. A destacar:

- ❖ Propiedades mecánicas
- ❖ Propiedades magnéticas
- ❖ Propiedades electroacústicas.

Propiedades mecánicas

Definen parámetros de la cinta, tales como:

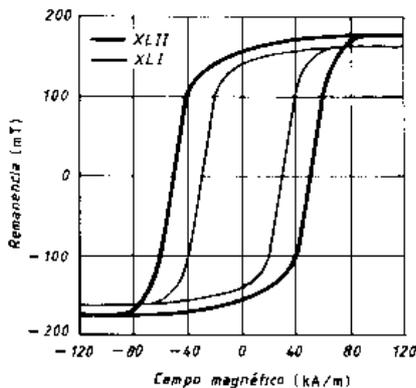
Nivel abrasivo, pérdida de la capa magnética, flexibilidad, inmunidad a la formación de cargas estáticas

Propiedades magnéticas

Retentividad

Como se sabe, la retentividad de un material magnético es una propiedad de dicho material que se mide por la densidad de flujo residual correspondiente a la inducción de saturación del material. Las cintas magnéticas serán tanto mejores cuanto mayor sea este

parámetro, ya que más elevada será la sensibilidad de la cinta y por lo tanto se incrementará la tensión inducida en la cabeza de reproducción.



El valor de la retentividad se indica en militeslas (mT) o en Gauss (G), pudiéndose comparar una cinta con otra mediante valores absolutos dados por el o los fabricantes o mediante las curvas de histéresis dadas por el propio fabricante. Así, las curvas de histéresis de la figura nos indican que la cinta XLII de MAXELL posee 160 mT de retentividad, mientras que la XLI de la misma firma posee 150 mT, es decir la cinta XLII es en este aspecto mejor que la XLI.

Coercitividad

Esta magnitud expresa la capacidad de una cinta para evitar la desmagnetización espontánea, la cual alcanza su máximo valor en altas frecuencias. Se expresa en kiloamperios/metro (kA/m) o en Oersteds (Oe).

La cinta será tanto mejor cuanto mayor sea el valor de su coercitividad; así, es indudable que una cinta para cassette de metal que alcanza una coercitividad de 92 kA/m (1150 Oe) es muy superior a la cinta para cassette de óxido de cromo, cuya coercitividad es de 50 kA/m (630 Oe).

Sensibilidad de salida

La sensibilidad de salida debe ser uniforme, es decir que no se produzcan subidas o bajadas de nivel en la reproducción de la cinta. Para lograr esto es preciso que el espesor de la capa magnética de la cinta sea uniforme, por lo que es un parámetro vinculado al de superficie uniforme, dentro de las propiedades mecánicas.

Como orientación diremos que cuanto más gruesa es la capa magnética de la cinta más sensible es ésta.

La sensibilidad se mide en dB y la variación máxima permitida en una cinta de calidad es de 1 dB.

Drop-out

El «Drop-out» es la caída instantánea del nivel de salida. Naturalmente no debe existir en una buena cinta.

La caída instantánea del nivel de salida puede estar causada por la concentración insuficiente de los cristales magnéticos en la superficie de la cinta, por la falta completa de ellos en un punto de la misma o por la introducción de una partícula de polvo en el aglutinante durante el proceso de fabricación.

Ruido de fondo

El ruido de fondo o ruido blanco se produce cuando los cristales en el material magnético están dispuestos de forma irregular y sin homogeneidad. Para reducir este factor es preciso que los cristales de la capa magnética sean muy pequeños.

El ruido de fondo debe mantenerse a un nivel inferior a los -60 db (a 1000Hz).

Efecto de copia

El efecto de copia es el fenómeno por el cual las señales grabadas en un determinado punto de la cinta magnetizan la espira más próxima a través del soporte. Este fenómeno es debido a soportes de mala calidad y se traduce por la aparición de un eco en la reproducción que puede llegar a ser bastante molesto.

El efecto de copia se mide en decibelios, y marca la relación entre la señal grabada y la señal copia. Una cinta será tanto mejor cuanto mayor sea el valor en decibelios del efecto de copia. Como orientación diremos que la tecnología actual ha logrado reducir el efecto de copia a valores que oscilan entre 50 y 59 dB.

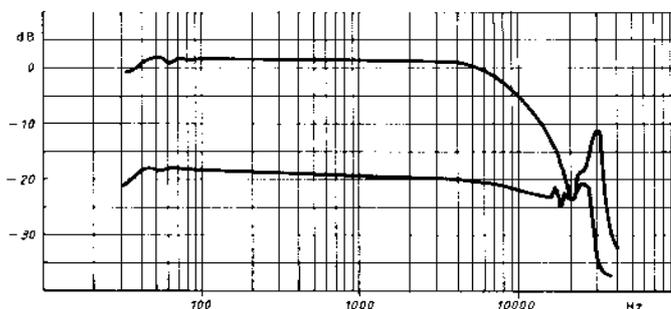
PROPIEDADES ELECTROACÚSTICAS

Respuesta en frecuencia

La respuesta de frecuencia nos indica la variación de la ganancia o pérdida de la amplitud de la señal grabada en la cinta en función de la Frecuencia, el método utilizado en electroacústica para obtener la curva de respuesta de frecuencia consiste en inyectar un tono puro de una frecuencia determinada en el sistema bajo estudio, y obtener a su salida otro tono de distinta amplitud e igual frecuencia (suponiendo que el sistema no presenta distorsiones por linealidad). Los valores obtenidos para distintas frecuencias se representan luego sobre un sistema de coordenadas cartesianas .

Dado que la respuesta de frecuencia es una relación entre dos magnitudes, su valor se suele dar en db.

Respuesta en frecuencia de una cinta de óxido de hierro



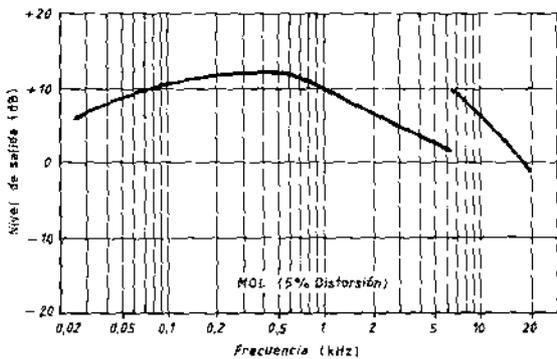
La calidad de una cinta se enjuicia por la anchura de su respuesta de frecuencias. Dicha anchura recibe el nombre de banda pasante y dentro de ella se encontrará todas las frecuencias en las que la curva no cae más de tres decibelios por debajo de la zona plana.

En la figura puede ver la curva de respuesta de una cinta para cassette de óxido de hierro. En primer lugar distinguiremos dos curvas, pues la medición se ha efectuado a dos niveles distintos de grabación. 0 dB y -20 db VU. (VU = Volume Unit = unidad de volumen).

La curva inferior, correspondiente a -20 db, tiene un ancho mayor que la curva a 0 dB. Esto siempre ocurre en las cintas, ya que éstas tienen mejor respuesta a los bajos niveles de grabación. De ello se deduce que siempre debemos fijarnos en el nivel tomado como referencia por el fabricante para juzgar la calidad de una cinta. La curva superior cae 3 db por debajo de su valor de referencia (0 dB a 1000 Hz) a, aproximadamente los 8000 Hz, mientras que la curva inferior cae 3 db por debajo de su referencia (-20 dB a 1 kHz) a los 16000 Hz. Por lo tanto podemos deducir que la cinta responde bien hasta los 8000 Hz a 0 db VU y hasta los 16000Hz a -20 dB VU.

Otro dato importante que ha de tenerse en cuenta es que la curva no presente picos ni caídas, es decir que sea lo más plana posible (sin desviaciones respecto al valor de referencia mayores de 3 db).

Nivel máximo de salida (MOL)



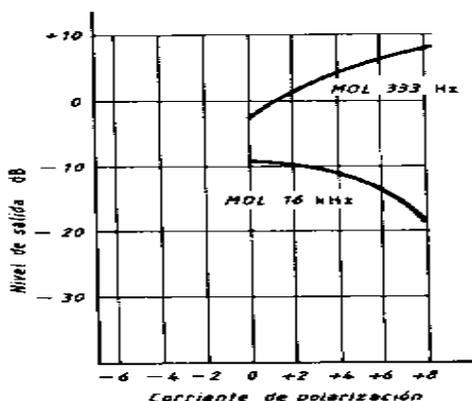
Curva característica del nivel de salida, frecuencia en una cinta magnética

El nivel máximo de salida de una cinta magnética depende de la frecuencia y de la corriente de polarización.

Existen tres formas de indicar esta característica. La primera consiste en el gráfico de la curva del nivel de salida en función de la frecuencia, en este caso se indica el porcentaje de distorsión introducido en la grabación. Así, el nivel máximo de salida o MOL (Maximum Output Level) de la cinta de la figura 17 es de unos 12 dB a 500Hz, 10dB a 1000Hz, etc.

Una segunda forma de dar este dato por los fabricantes es indicando los niveles máximos de salida a diferentes frecuencias, por ejemplo:

315 Hz	+ 7,5 db
10000 Hz	- 15 db



Finalmente la tercera y más completa consiste en unas curvas características en las que se indica el MOL en función de la corriente de polarización y de las frecuencias (Fig. de al lado) para una señal de grabación constante.

Comparando las curvas de MOL de diferentes tipos de cintas se observa que, con una corriente de polarización un 50 % mayor, el MOL de una cinta de metal es superior a las de otras sustancias magnéticas.

Distorsión

En toda cinta magnética aparece una distorsión armónica debido a la no linealidad de la misma. Para medir el porcentaje de distorsión armónica se graba en a cinta una señal de frecuencia determinada y se mide la amplitud de las nuevas frecuencias aparecidas en la reproducción de la cinta a frecuencias múltiples (armónicos) de la frecuencia grabada.

EL PROCESO DE GRABACIÓN Y POLARIZACIÓN

El registro magnético es una técnica que alinea los polos de las finas partículas de una cinta magnética siguiendo la evolución de la señal eléctrica de entrada.

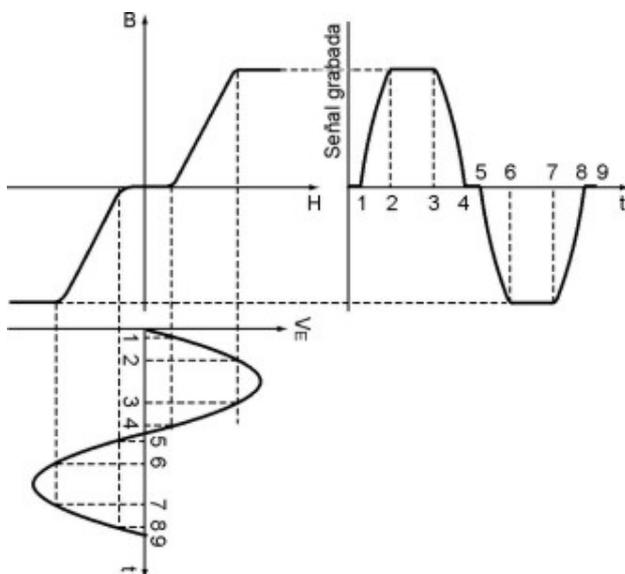
La señal a grabar se aplica en el cabezal de grabación, que consiste en un

electroimán con un entrehierro muy estrecho al que se le hace pasar una cinta con una cobertura magnética que será magnetizada y constituirá el soporte de grabación.

Cuando la corriente pasa por el electroimán se genera un flujo magnético en su núcleo. Como el entrehierro es de aire y presenta gran reluctancia (resistencia al paso del campo magnético), el flujo no puede atravesarlo directamente y se dispersa produciendo un campo magnético a su alrededor. Al estar la cinta magnética situada delante del cabezal, el flujo magnético pasa de norte a Sur a través de ella imantándola.

Este sistema, tal como se ha expuesto anteriormente, es reversible y también puede servir para la reproducción de la señal grabada en cinta magnética desplazando ésta sobre el entrehierro del electroimán (cabezal de reproducción). La cinta imantada creará un flujo magnético en el electroimán de reproducción, que hará circular una corriente eléctrica en la bobina del cabezal proporcional a la señal grabada.

La corriente de polarización BIAS

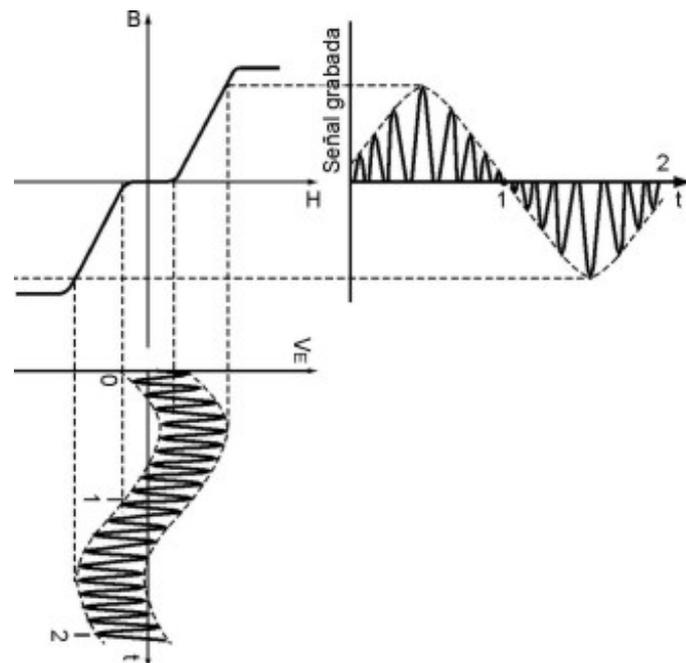


Señal grabada con distorsión

Cuando la cinta se mueve a velocidad constante en contacto con el cabezal, las partículas magnéticas de la cinta quedan magnetizadas siguiendo al flujo que circula por éste. Esto sucede, no obstante, de forma no lineal, siguiendo el ciclo de histéresis propio de la cinta.

Puede observarse en la curva B-H que la cinta necesita una intensidad de campo mínima para quedar magnetizada. Si adquiere valores inferiores, la señal no será registrada.

Para subsanar esta deficiencia se adiciona a la señal una corriente BIAS (o de polarización) de alta frecuencia que permite situar la señal en la zona lineal de la curva B-H.



La corriente BIAS es de 100 a 200 kHz y por tanto inaudible. La señal BIAS no es registrada por los cabezales debido a su alta frecuencia, y además reduce el ruido de fondo.

Los diferentes tipos de cinta requieren distintos niveles de BIAS para alcanzar condiciones óptimas de grabación. Las cintas de alta coercitividad precisan mayores niveles de polarización que las de baja coercitividad para quedar magnetizadas adecuadamente.

Este ajuste fino de BIAS lo llevan los equipos profesionales y algunos equipos domésticos.

Señal con corriente Bias

LA FRECUENCIA MÁXIMA

La longitud de onda de la señal grabada depende de la velocidad de desplazamiento de la cinta. Esta debe ser lo más estable posible para evitar variaciones de la señal tanto en reproducción como en grabación.

$$C = \lambda * f$$

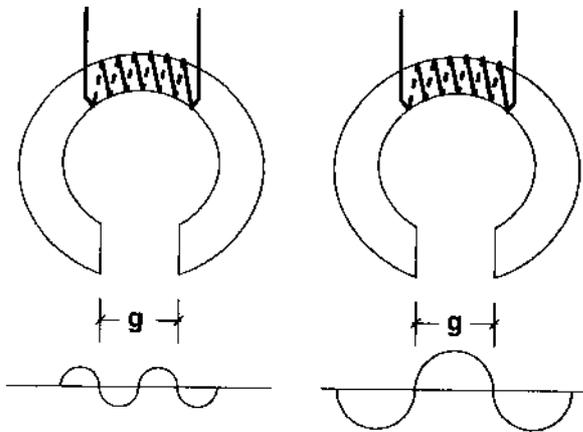
donde:

c: velocidad de arrastre.

λ : longitud de onda grabada.

f: frecuencia de la señal de audio.

Idealmente debería ser constante: $\lambda = c * 1/f$



Al grabar la señal, un ciclo cancelaría al otro y la salida será nula

Se observa que al aumentar la frecuencia disminuye la longitud de onda. La longitud de onda mínima está limitada por la longitud del entrehierro (g). Tal como se puede observar en la figura, cuando el ancho del entrehierro coincide con la longitud de onda a grabar, la intensidad es nula al compensarse los semiciclos positivo y negativo. Se toma como longitud de onda mínima la que coincide con un semiciclo. Pensemos que de ella dependerá la frecuencia máxima a grabar

$$F_{max} = c / 2g$$

También es posible alcanzar una frecuencia máxima mayor aumentando la velocidad de arrastre. Se aumenta así la longitud de onda mínima, pudiendo trabajar con mayores entrehierros para cubrir el mismo espectro.

Esta solución puede ser muy desastrosa por los enormes rollos de cinta que deberían utilizarse para grabar pequeños fragmentos. El espectro de la señal de vídeo es de 5 MHz, y la imposibilidad tecnológica de fabricar cabezales con entrehierros tan minúsculos, hace que se aumente la velocidad relativa cabezal-cinta empleando cabezales rotatorios.

ECUALIZACIÓN

El cabezal de reproducción restaura la señal grabada con una pendiente de 6 db por octava, ya que la tensión de la señal depende de su frecuencia, tal como se puede observar en la fórmula siguiente. Por otra parte, debemos recordar que entre dos octavas consecutivas se duplica la frecuencia, lo que supone un incremento de 6 db.

Otro problema que surge en la grabación es la aparición de ruido (generalmente de alta frecuencia), y para reducir sus efectos se realiza un pre-énfasis en altas frecuencias, siguiendo una curva estándar de respuesta en frecuencia. En la reproducción se efectúa un desénfasis que permitirá recuperar la señal original. Al realizarlo, además de restaurar

la señal, se atenúan conjuntamente los niveles de ruido en alta frecuencia, corrigiéndose las alinealidades producidas en los procesos de grabación y reproducción. Esto será ampliado en el anexo dedicado a la reducción de ruido.

Todos estos modelos de curvas estándar están definidos por su constante de tiempo. La frecuencia de corte correspondiente a una constante de tiempo se puede determinar mediante la siguiente expresión.

$$f = 1 / (2H RC)$$

y sustituyendo RC (constante de tiempo) por T obtenemos:

$$f = 1 / (2\pi T)$$

Las ctes. empleadas son de 120 μ S para las cintas de óxido de hierro y de 70 μ S para las demás.

FORMATOS DE GRABACIÓN MAGNÉTICA

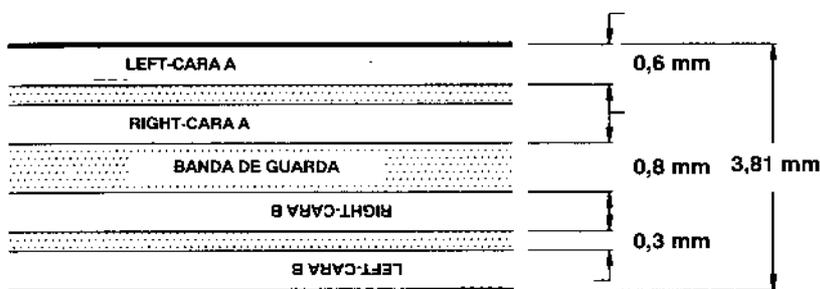
La casete

La casete para uso doméstico, inventada por PHILIPS, se presentó en el mercado en 1963. Comenzó con formato de baja calidad, pero el trabajo realizado en investigación y desarrollo ha permitido mejorar este nivel. Las cintas de casete se arrollan en carretes que se encierran en una carcasa de plástico con una aceptable robustez. Existe una almohadilla de fieltro que facilita el contacto entre la cinta y los cabezales permitiendo una correcta reproducción o grabación.

Utiliza cinta de 1/8 de pulgada (3,81 mm) de ancho, con cuatro pistas de audio. La velocidad de desplazamiento es de 4,75 cm/s. Por la cara A se leen las pistas 1 y 3, que constituyen un par estéreo. Al dar la vuelta a la cinta se reproducen las pistas 2 y 4, que son el par estéreo de la cara B.

En la parte posterior de la carcasa de la cinta hay unos orificios que indican el tipo de cinta. Además existen unas lengüetas cuya misión es informar de la posibilidad de grabar sobre ella. Si rompemos la lengüeta protegeremos la grabación, y ya no se podrá grabar sobre la cinta (a no ser que se tape de nuevo este orificio con cinta adhesiva o un papel, por ejemplo).

Los estándares de duración de las casetes más utilizados son 46, 60 y 90 minutos. Hay duraciones superiores, pero no es muy recomendable su uso, ya que producen una



Distribución de pistas en una cinta de casete

excesiva tensión sobre el motor de arrastre con la posibilidad de romper la cinta. Además exigen un espesor menor de ésta. Existe un modelo más pequeño de cinta de casete, la *microcasete*, que se usa en grabadoras contestadores automáticos y equipos similares.

La bobina abierta

El formato profesional de *bobina abierta* que se utiliza actualmente puede ser de una o de varias pistas, y se desplaza en una sola dirección. El estándar de ancho de pista más extendido es el de grabar 2 pistas en 1/4 de pulgada.

Un equipo profesional de cuatro pistas utilizará cintas de 1/2 de pulgada. Uno de ocho pistas utiliza cintas de 1". Dieciséis y 24 pistas emplean 2". A todos estos sistemas se les conoce como *multipistas*.

La cinta viene cubierta por las sustancias magnéticas en su cara interior, que es la que estará en contacto con los cabezales. La cara externa tiene un acabado rugoso que permite un arrollamiento más uniforme. También ha de evitar la interacción entre las diferentes capas de la cinta. Al producirse una cierta fricción entre éstas, permite que la cinta se mantenga alineada. Por otra parte, el contorno del carrete tiene como Única misión protegerla de cualquier daño, y el uso de contornos metálicos es preferible por su rigidez.

Normalmente estas cintas se emplean a velocidades altas (9.5 , 19 ó 39 cm/s)

El cartucho

El *cartucho* se utiliza principalmente en radio. Se emplean habitualmente para el lanzamiento de cuñas de corta duración, aunque existen cartuchos de hasta 10 minutos. Generalmente se usa el cartucho NAB AA con bobinado de cinta sin final. El empalme de la cinta es detectado por los equipos borradores, y sirve de referencia de inicio de la cinta.

La velocidad de arrastre es de 19 cm/s. Utiliza una cinta de 1/2" en la que se graban dos pistas, que constituyen el par estéreo. Además, existe otra pista denominada CUE que permite grabar un tono primario, 1 kHz, que detecta el comienzo de la cuña. También se puede grabar en esta pista un tono secundario de 150Hz, para marcar el final de cuña y provocar su bobinado rápido hasta el principio, e incluso un terciario de 5 kHz para sincronizaciones externas.

La cinta está encerrada en una carcasa de plástico que la protege de golpes, y puede ser reproducida de manera indefinida. En el cartucho sólo existe un eje de bobina y no hay posibilidad de rebobinado. Solamente es posible el avance rápido FAST-FORWARD.

REDUCCIÓN DE RUIDO

INTRODUCCIÓN

El ruido es una parte aleatoria de la señal de audio que la empeora, y que generalmente es de alta frecuencia. Por tanto, para mantener un alto nivel de calidad es necesario minimizar su presencia. La relación entre la señal y el ruido (S/N) ha de ser grande para tener claridad en el mensaje transmitido. Además, depende de qué tipo sea la información, considerándose correctos para la música valores cercanos a 80 db, y menores para la locución.

En el campo de la grabación magnética, se ha hecho imprescindible, la utilización de reductores de ruido, por dos motivos principales:

- ❖ Mejorar el nivel de ruido de la cinta (típico de 55db)
- ❖ Mejorar la gama dinámica

Los primeros reductores de ruido realizaban un filtrado de las altas frecuencias, con

lo cual disminuían el efecto del ruido. Por contra, atenuaban los armónicos de la música, dando como resultado un sonido más seco. Actualmente se utilizan los reductores complementarios, que permiten recuperar la señal de audio íntegramente después del proceso de reducción de ruido. En primer lugar, la señal débil aumenta su nivel (no así el ruido de su misma frecuencia que genera el grabador) antes de grabarse, y en la reproducción se disminuye el nivel de ambas reduciendo el ruido de fondo. Todo este proceso se efectúa filtrando la señal en varias gamas de frecuencias y tratándolas independientemente.

Hay que remarcar que *no se puede reducir la relación S/N de la señal de entrada*. La reducción de ruido sólo afecta al que se genera en el proceso de grabación. Se basa en el efecto del *enmascaramiento*, que consiste en que cuando una señal tiene un nivel en db suficientemente superior a otra esta última puede quedar enmudecida. Por tanto el ruido estará mucho más presente en los pasajes débiles, siendo inapreciable en los fuertes. Esto se debe a que la intensidad del ruido de fondo se mantiene más o menos constante, mientras que la de la grabación varía, luego la corrección ha de realizarse preferentemente en los pasajes débiles.

SISTEMAS NO COMPLEMENTARIOS

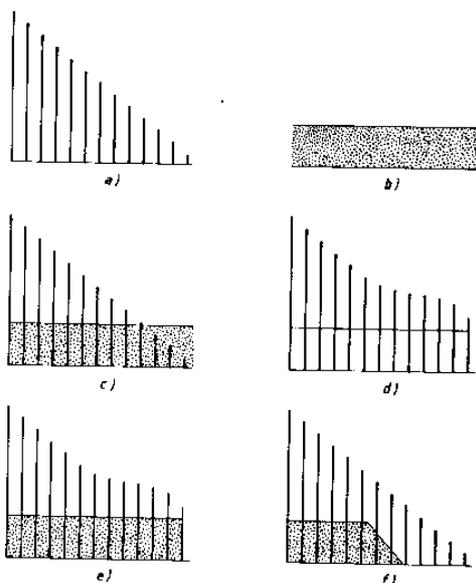
Son los sistemas de reducción de ruido más simples. Se basan en filtros, con un control más o menos sofisticado, y su misión es mejorar la relación **s/n** en cualquier tipo de cinta. Se conectan ente el magnetófono y el amplificador, sin necesidad de ningún tratamiento previo durante la grabación.

Podemos citar **dnl**, **dnr** y otros.

SISTEMAS COMPLEMENTARIOS

Requieren un doble proceso, primero de codificación durante el proceso de grabación y posteriormente de decodificación, durante la reproducción . Estos sistemas son los que se han impuesto, pues producen mejoras en la s/n mucho más eficaces.

Entre ellos **dolby**, **dbx** y otros.



- a) Señal a grabar
- b) Ruido de la cinta
- c) Señal grabada sin tratamiento
- d) Señal a grabar con tratamiento
- e) Señal grabada con tratamiento
- f) Señal obtenida después del tratamiento en reproducción (igual a la original)

Sistema de grabación complementario (Fg.b):

Fg b

SISTEMAS DOMÉSTICOS

Para mejorar la calidad de las grabaciones efectuadas en equipos domésticos se han ido creando diversos sistemas de reducción de ruido. Estos han sido generalmente variaciones sobre los sistemas profesionales. Además, son seleccionables por el usuario, no funcionando de manera automática.

Actualmente casi todas las platinas (de cierta calidad) incorporan los sistemas **Dolby B y C**, y el sistema **S** está presente en las de gama alta. La evolución de los reductores domésticos ha sido paralela a la mejora en cintas y cabezales, consiguiéndose una calidad de grabación y reproducción cercana al sonido digital.

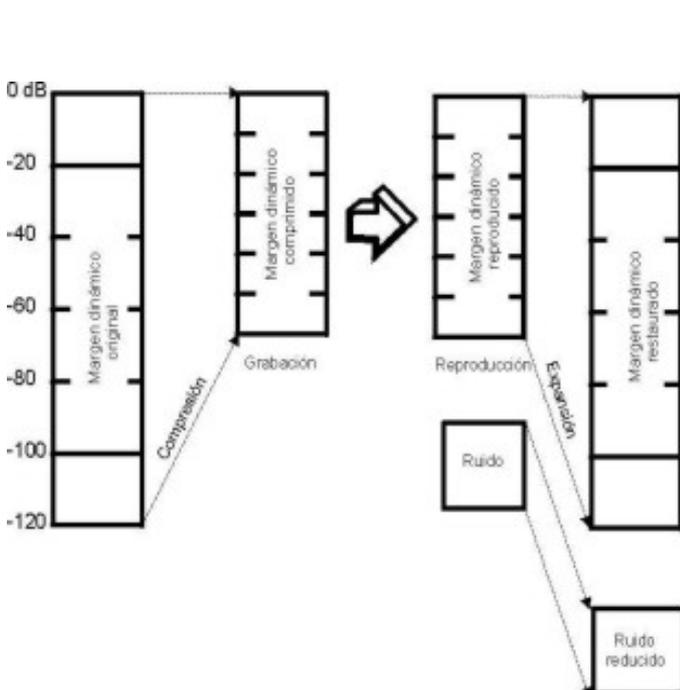
El dnl

Este sistema de reducción de ruido (dynamic noise limiter), se basa en enmascarar el ruido de fondo o siseo característico de la cinta, mediante un filtro conmutable de manera automática. La señal se descompone en dos partes, mediante sendos filtros pasa bajos y pasa altos. La frecuencia de corte suele estar sobre los 400Hz. Las frecuencias bajas no sufren ningún tratamiento y pasan directamente a la salida. Las frecuencias altas se hacen pasar por un conmutador electrónico, que permitirá su paso o no en función del nivel de las componentes de alta frecuencia.

Es decir, sólo se permitirá el paso de las altas frecuencias, cuando las componentes del sonido sean lo suficientemente elevadas para enmascarar al ruido.

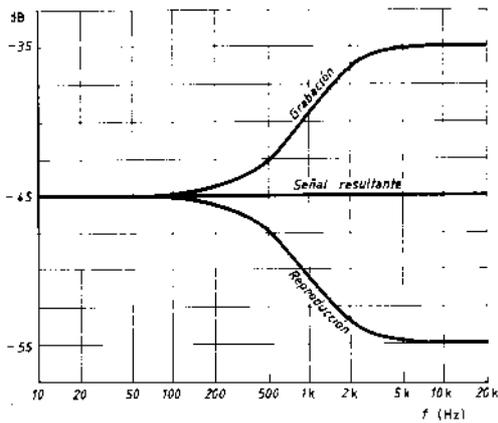
Otros sistemas más complejos, emplean filtros con frecuencia de corte variable y ajustable automáticamente, o incluso expansores, para aumentar la dinámica de las señales débiles.

El Dolby B



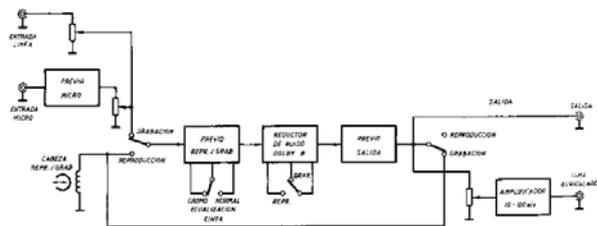
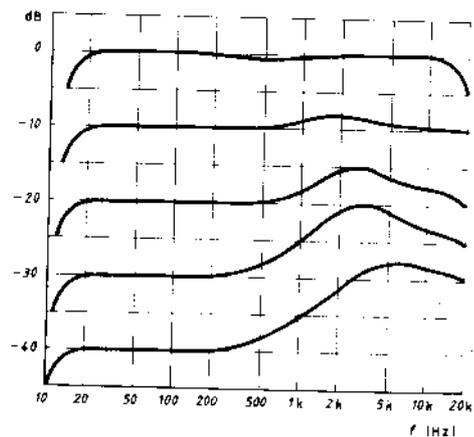
Una primera solución empleada en la reducción de ruido es la *compresión/expansión*. La compresión se aplica sólo a las altas frecuencias de la señal antes de grabarla. En reproducción, La expansión restablece la señal original amortiguando el ruido, al realizar el proceso inverso.

El sistema **Dolby B** efectúa este proceso. Empieza a funcionar aproximadamente a 400 Hz, siendo mejor su acción cuanto mayor es la frecuencia de la señal. El nivel de amplificación en alta frecuencia es de 10db para señales a partir de -20 db con respecto al nivel de referencia. la mejora en la relación **S/N** del **Dolby B** es de **10db**. Es un sistema estándar, igual para todos los equipos independientemente de su marca comercial.

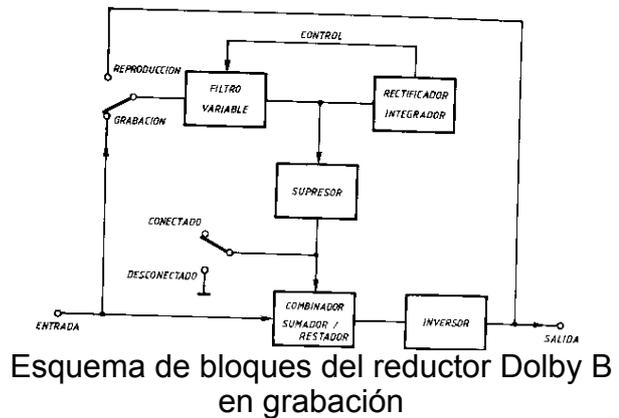


Característica complementaria del Dolby B

Curvas de respuesta en grabación, en función del nivel de entrada



Esquema de bloques de un magnetofón con Dolby B

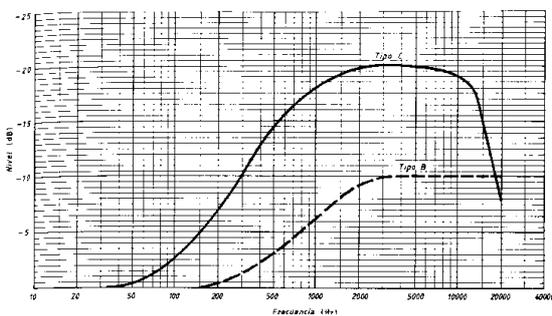


Esquema de bloques del reductor Dolby B en grabación

El Dolby C

Es otro sistema doméstico de reducción de ruido. Se introdujo a finales de los años 70 como mejora del Dolby B. Permite una reducción de ruido de 20 db. Tiene un considerable aumento de la S/N en la zona comprendida entre 100Hz y 10kHz, con lo que incrementa el margen de frecuencias corregidas.

Se diferencia del Dolby B en que aplica un ratio de compresión-expansión mayor, y comienza a actuar a una frecuencia menor. El resultado es bastante superior.



Comparativa entre compresión del Dolby B y C

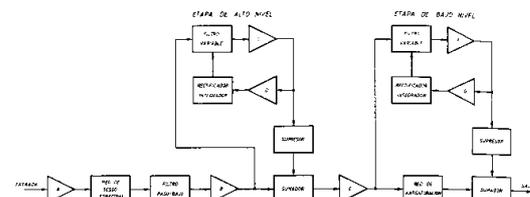


Diagrama de bloques del Dolby C durante la grabación

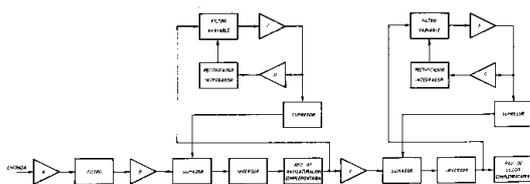


Diagrama de bloques Dolby C durante la reproducción

Podemos deducir observando la figura, que un sistema **Dolby C** equivalea a **2 Dolby B** en cascada.

El sistema dbx

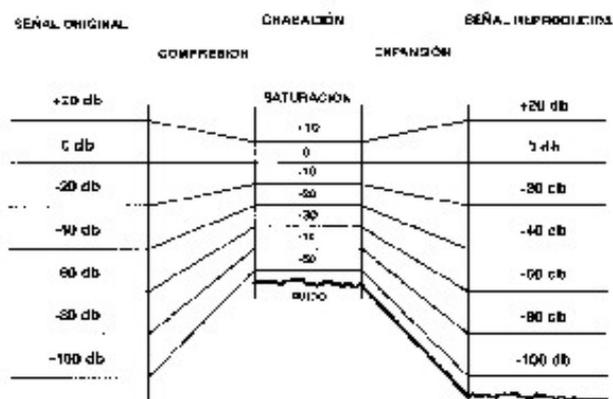
Emplea un compresor para corregir la señal. Un *compresor* es un amplificador que varía su ganancia dependiendo de la intensidad de la señal de entrada. A estos dispositivos electrónicos se les conoce como **VCA** (amplificador controlado por tensión).

El compresor amplifica los niveles bajos de tensión y a partir de un determinado valor *umbral* (THRESHOLD) atenúa los niveles altos de señal. En este caso, se encuentra a 0db. El *expansor* realiza el proceso inverso, recuperando de esta forma la señal su dinámica original. La *relación de compresión* (RATIO) es el valor por el cual se divide o multiplica la señal en decibelios.

El procesado es muy fuerte en niveles bajos, por lo que en ocasiones, producirá distorsión en transiciones rápidas de nivel de señal. Efectúa también un preénfasis de graves (inferiores a 100Hz) y agudos (superiores a 2 kHz) para optimizar el proceso.

Emplea una relación de compresión de 2:1 y amplifica niveles de -80 a -40 db, es decir, con una ganancia de 40 db, y niveles de -20db a -10 db, con una ganancia de 10db. El hecho de ir variando la ganancia provoca una modulación del ruido que lo hace más molesto, por lo que el reductor debe proporcionar una mejora considerable en la relación S/N. La *relación, de expansión* es la inversa, 1:2, con lo que la señal recupera la dinámica original.

Por tanto, si el ruido de cinta se puede considerar que vale -50db, queda reducido a -100db. Y si una cinta está saturada a +10db, podemos considerar que admite 55 db de señal grabada.



Esto supone que podemos recibir cualquier señal comprendida entre -90 (que se convierte en 45), y +20 db (+10). Este intervalo de 110db de dinámica se traduce una vez grabado en los 55 que admite la cinta, quedando el ruido fuera de este intervalo.

El resultado es muy bueno, sorprendiendo la dinámica y claridad del sonido grabado. El inconveniente principal es que una cinta grabada con este sistema suena muy mal en un equipo que no incorpore decodificador dbx.

El Dolby S

Es la variante doméstica del sistema profesional **Dolby SR** (que veremos más adelante). Supone una mejora sobre el **Dolby C**, y se consigue para *altas frecuencias* una reducción de ruido **de 24 db**, y para *bajas* **de 10 db**. De esta manera el siseo es prácticamente eliminado.

Esta mejora permite que las frecuencias de los extremos (en mucha mayor medida las bajas) se puedan grabar a unos niveles más elevados.

El Dolby HX Pro

Es un sistema de realce de la señal que amplía la banda de alta frecuencia sin producir saturación en la cinta. Ha sido concebido debido a la necesidad de poder registrar el incremento de dinámica que presentan los discos compactos y las señales digitales en general.

Ajusta automáticamente en grabación el nivel de Bias en las altas frecuencias para evitar así que se produzca la saturación de la cinta. De esta manera se mantiene la brillantez de las grabaciones, no resultando éstas apagadas al retener los agudos.

Al ser un sistema de mejora de la grabación, no es necesario reproducir las grabaciones efectuadas con **Dolby HX Pro** en platinas que lo incorporen. Además, **no es seleccionable** como el Dolby B o el C, pues efectúa esta mejora en la grabación de manera automática

SISTEMAS PROFESIONALES

Es evidente que la necesidad de calidad en la grabación sonora es mucho mayor en el ámbito profesional. Por otra parte, las inversiones en equipamiento también son muy superiores. Estos dos factores dan como resultado la existencia de sistemas reductores de ruido para usos profesionales.

El Dolby A

Aumentar la ganancia puede llevar la señal a la saturación, por ello, los sistemas más avanzados en reducción de ruido filtran previamente la señal en bandas de frecuencia realizando los procesos de compresión y expansión por separado. Se consigue así un tratamiento mucho más preciso y selectivo. Este es el caso del **Dolby A**, que realiza una división en **cuatro bandas de frecuencia**.

Las bandas van de 30 a 80Hz, de 80 a 3 kHz, de 3 kHz a 9kHz, y de 9kHz a 15kHz. La reducción de ruido que se consigue es de 10db hasta 9kHz. y de 15 db para la última banda, reduciendo considerablemente el ruido de alta frecuencia.

Es de destacar que solamente actúa este reductor sobre las señales débiles, inferiores a un valor preajustado, mejorando su relación S/N. La principal diferencia respecto a otros sistemas de corrección es que reduce el ruido sin variar la dinámica, pues los picos los deja pasar sin alterarlos.

El Dolby SR

El Dolby *Spectral Recording* ofrece una reducción de 25db, lo que supone una gran mejora sobre el Dolby A. Para conseguirlo emplea 10 filtros, de los que unos tienen frecuencia fija y ganancia variables, mientras otros son totalmente paramétricos (con el ancho de banda fijo). Esto precisa un análisis espectral de la señal previo a su ajuste, proceso que se efectúa de manera automática. La corrección que se necesita en la reproducción es inversa a la de la grabación, y se selecciona también automáticamente.

El margen dinámico queda ampliado, por lo que podemos mantener a un nivel constante e igualado, y además más alto, las señales de todas las frecuencias. Emplear filtros paramétricos permite efectuar la corrección solamente en aquellas frecuencias que lo necesiten, dejando inalteradas las demás, por muy cercanas que sean. Este sistema tiene además en cuenta que todas las frecuencias no son grabadas de idéntica manera en las cintas magnéticas, por lo que trata de obtener el nivel adecuado para cada frecuencia.

CABEZAL REPRODUCTOR

Los cabezales de reproducción están constituidos de forma análoga a los cabezales grabadores, de tal forma que en muchos equipos semiprofesionales se utiliza un solo cabezal para la grabación y la reproducción.

Las cualidades que ha de reunir un cabezal reproductor son comunes, en muchos puntos, a las del cabezal grabador. Entre esta cabe citar:

- 1._ El magnetismo remanente del cabezal reproductor debe ser el mínimo posible, con el fin de que confiera una gran proporcionalidad entre el campo magnético de la cinta y la tensión inducida en la bobina del cabezal.
- 2._ La frecuencia de resonancia propia del cabezal ha de ser lo más elevada posible y, en todo caso, superior a la frecuencia más elevada que deba reproducir.
- 3._ El cabezal debe estar apantallado.
- 4._ Las pérdidas de las corrientes parasitarias han de ser muy pequeñas e independientes de la frecuencia, en lo posible.
- 5._ El entrehierro debe ser muy estrecho y uniforme, con el fin de que pueda leer las señales de alta frecuencia grabadas en la cinta.
- 6._ El contacto con la cinta debe ser uniforme.
- 7._ El cabezal debe ser resistente al desgaste producido por la fricción de la cinta.

La lectura de la cinta se realiza de la siguiente manera:

La cinta contiene partículas de material magnético más o menos imantadas por el cabezal grabador. Al pasar por el cabezal reproductor, las líneas de flujo magnético de estas partículas encuentran un medio de conducción efectivo a través del núcleo del cabezal y tienden a concentrarse ahí.

El movimiento de la cinta provoca cambios en la dirección y fuerza del campo magnético en el núcleo del cabezal, induciendo en la bobina que lo rodea tensiones eléctricas, puesto que en toda bobina sometida a un campo magnético variable se genera una tensión eléctrica. Tales tensiones son proporcionales al grado de magnetización de cada zona de la cinta y, también, a la velocidad de variación del campo magnético en el núcleo del cabezal, siendo por tanto proporcionales al grado de magnetización y velocidad a la que pasan las partículas magnéticas de la cinta por delante del cabezal.

Cabezales mixtos de grabación – lectura

En muchas ocasiones se utiliza un único cabezal magnético que cumple la doble función de grabador y lector. Durante la grabación, se genera un flujo magnético de intensidad variable en el entrehierro del cabezal de grabación – lectura, que imana las partículas ferromagnéticas de la cinta.

En la reproducción, de la cinta pasa sobre el entrehierro del mismo cabezal y el flujo magnético de las partículas ferromagnéticas de la cinta genera una tensión en los arrollamientos del cabezal. Esta tensión, de valor muy pequeño, se amplifica luego en un amplificador de BF.

El cabezal mixto de grabación – lectura debe poseer unas características medias entre las exigidas a uno de grabación y las de otro de reproducción, si bien se concede más importancia a las exigidas a un cabezal lector, es decir, que la longitud del entrehierro, la impedancia del bobinado y el blindaje, se aproximan más a los del cabezal reproductor.

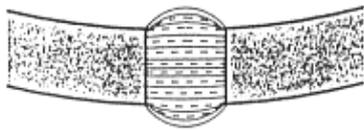
CABEZAL DE BORRADO

Este tiene una forma parecida al de lectura. El circuito magnético consta de dos mitades y un solo arrollamiento. Como material magnético se utiliza el ferrocubo. La frecuencia de borrado está aproximadamente situada por encima del límite de audibilidad; por ejemplo los 60Hz.

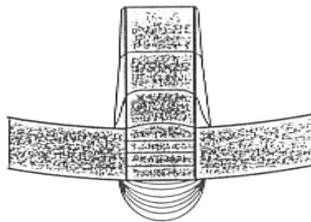
El cabezal de borrado se dispone inmediatamente antes del cabezal de grabación, quedando conectado al oscilador de alta frecuencia. Como consecuencia se borra la antigua grabación, antes de grabar la nueva.

TIPOS DE CABEZALES

1._ **Cabezal con entrehierro enfocado:** Posee una reducida reluctancia alrededor del núcleo, con el fin de disminuir las pérdidas en la frecuencia de polarización.



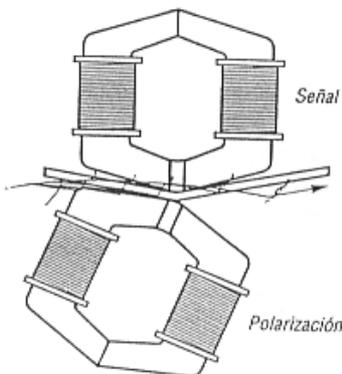
Entrehierro de un cabezal convencional



Entrehierro de un cabezal con entrehierro enfocado

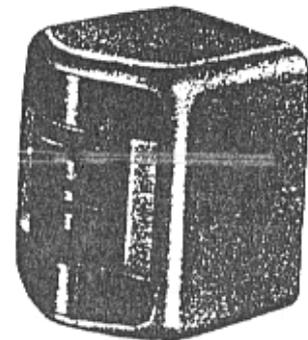
En el entrehierro se coloca un material conductor que se comporta como una espira en cortocircuito de un transformador. Al desplazarse la cinta por encima del entrehierro, el campo magnético de polarización disminuye a mayor velocidad que la señal de audio.

2._ **Cabezal de campo cruzado:** En un magnetófono convencional la señal de audio y la de polarización se aplican al mismo cabezal grabador. En estas circunstancias las señales de audio de alta frecuencia son atenuadas, e incluso anuladas, por el campo de polarización.



Fg. Disposición de los cabezales para obtener un campo cruzado

En este tipo de modelo, como la señal de audio no queda afectada por el campo magnético de polarización, la cinta puede ser grabada en todo el espectro de frecuencia con la máxima fidelidad.

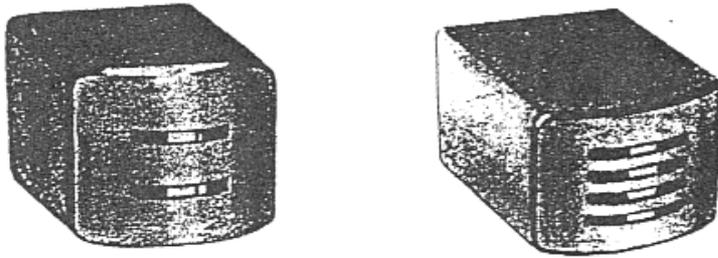


Fg.a

3._ **Cabezales GX:** (Fg a) El núcleo de los cabezales GX está hecho de ferrita cristalizada, montada y fijada con precisión en vidrio. Estos materiales hacen que el cabezal permanezca limpio y que no se desgaste, además este se distingue por tener un campo magnético enfocado.

CABEZALES MAGNÉTICOS PARA GRABACIÓN EN ESTÉREO

Los cabezales magnéticos para la grabación en estéreo consisten en disponer, dentro de una misma cápsula o envoltura, dos o cuatro cabezales magnéticos.

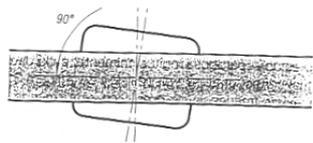


Cabezal estéreo de 2 canales Cabezal estéreo de 4 canales

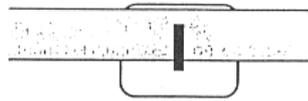
Para reducir la diafonía entre cabezales se insertan entre ellos unas pantallas de mumetal conectadas a masa, utilizándose pantallas externas para evitar la captación de campos magnéticos parásitos.

ALINEACIÓN DE LOS CABEZALES MAGNÉTICAS

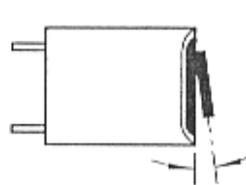
Las alineaciones a tener en cuenta en los cabezales son las siguientes:



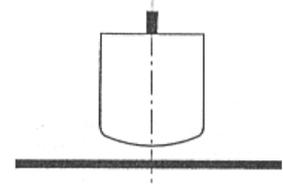
Azimut



Altura



Angulo



Contacto

DESMAGNETIZACIÓN DE LOS CABEZALES

Los cabezales adquieren una imanación permanente por defecto de campos externos, fugas de los circuitos, sobremodulaciones, etc. Para desmagnetizar el cabezal se utiliza un electroimán con núcleo terminado en punta que tenga la forma adecuada para facilitar su acercamiento a los cabezales.

El proceso consiste en acercar y retirar lentamente el electroimán de los cabezales varias veces, con la platina conectada a la red.

LIMPIEZA DE CABEZALES

Para limpiar los cabezales se utilizan líquidos como el Freon TF y el Xylene con Aerosil. Estas soluciones se aplican suavemente a los cabezales mediante un pincel, sin raspar, o con algodón, secándolas después con tela sin hilazas.

En el mercado también existen cintas limpiadoras aun que no dan buen resultado debido a que siempre se utiliza la misma almohadilla limpiadora.