

## Capítulo 11

# Filtros y ecualizadores

### 11.1. Introducción

Hasta ahora hemos estudiado dos tipos de procesadores de señal: los *transductores*, que transforman señales de un tipo de energía en otro (micrófonos y altavoces) y los *amplificadores*, que modifican (aumentan) la amplitud o nivel de la señal. Ahora estudiaremos los **filtros**, procesadores que actúan modificando el *espectro* de la señal.

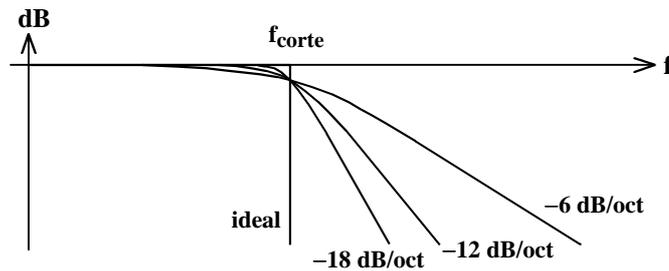
La utilización de filtros en el equipamiento electrónico es muy amplia y abarcativa, ya que son muchas las situaciones en que se requiere acentuar o atenuar determinadas frecuencias. Internamente, por ejemplo, aparecen filtros a la entrada de los diversos procesadores para evitar la presencia de señales de muy baja o muy alta frecuencia que sin ser útiles implican el agregado de ruido al sistema. También es necesario filtrar la señal que se envía a un cabezal de grabación magnética para *preefatizar* las bajas frecuencias, que por la naturaleza propia del sistema de grabación se graban más débilmente. Técnicas parecidas se utilizaban en los discos de vinilo tradicionales. También se emplean filtros para separar la señal en sus componentes espectrales de baja, media y alta frecuencia dentro de los gabinetes acústicos de múltiples vías. Finalmente, podemos mencionar los filtros “antialias” y de “suavizado” que se utilizan en audio digital (desarrollados más adelante).

Desde el punto de vista del usuario, existen varios ejemplos de aplicación de filtros: los **filtros pasaaltos** o **pasabajos** que opcionalmente pueden intercalarse en las entradas de algunas consolas para evitar el ingreso de ruidos de muy baja o muy alta frecuencia, las **redes divisoras de frecuencia (crossover)** utilizadas en los sistemas de bi- o triamplificación, y los **ecualizadores**, que permiten corregir deficiencias en la respuesta en frecuencia de un sistema.

### 11.2. Filtros pasabajos y pasaaltos

Los **filtros pasabajos (PB)** son dispositivos que, intercalados en el camino de la señal, permiten pasar todas las frecuencias que están por debajo de cierta frecuencia llamada **frecuencia superior de corte**, bloqueando en cambio las frecuencias superiores a la misma. En la práctica, los filtros pasabajos reales *no bloquean totalmente* las altas frecuencias, sino que las atenúan a razón de una cierta cantidad de **dB** por octava.

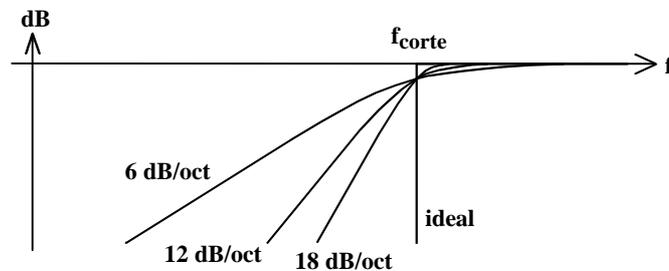
Los valores típicos de atenuaciones son  $-6$  dB/oct,  $-12$  dB/oct y  $-18$  dB/oct (ver **Figura 11.1**).



**Figura 11.1.** Respuesta en frecuencia de un filtro pasabajos ideal y de tres pasabajos reales con diferentes pendientes de corte.

Los filtros pasabajos se utilizan con frecuencias de corte que varían entre **3 kHz** y **20 kHz**. Se aplican para eliminar ruido de alta frecuencia en señales de banda limitada. Por ejemplo, una señal grabada con un micrófono con respuesta en frecuencia hasta **12 kHz** podría contener ruido de cinta de frecuencias mayores de **12 kHz**, que sería deseable eliminar. Un caso típico puede ser cuando se graba una voz o una percusión grave. Si bien la señal original no contiene frecuencias más allá de **8 kHz**, en el proceso de grabación se agrega ruido que de no eliminarse, incrementará el ruido de alta frecuencia innecesariamente.

Los **filtros pasaaltos (PA)** cumplen la función opuesta a la de los pasabajos: intercalados en el camino de la señal bloquean las frecuencias menores que la **frecuencia inferior de corte**, dejando inalterada la señal por encima de dicha frecuencia. Igual que los pasabajos, los pasaaltos reales permiten hasta cierto punto el paso de las bajas frecuencias atenuadas. En la ver **Figura 11.2** se ilustra esta situación. Los filtros pasaaltos



**Figura 11.2.** Respuesta en frecuencia de un filtro pasaaltos ideal y de tres pasaaltos reales con diferentes pendientes de corte.

se utilizan esencialmente con la misma finalidad que los pasabajos: la eliminación de bandas de frecuencia que únicamente aportan ruido. En este caso se trata de ruido de baja frecuencia que podría provenir de vibraciones estructurales del edificio en general, de sistemas de ventilación insuficientemente insonorizados, de pasos, de la manipula-

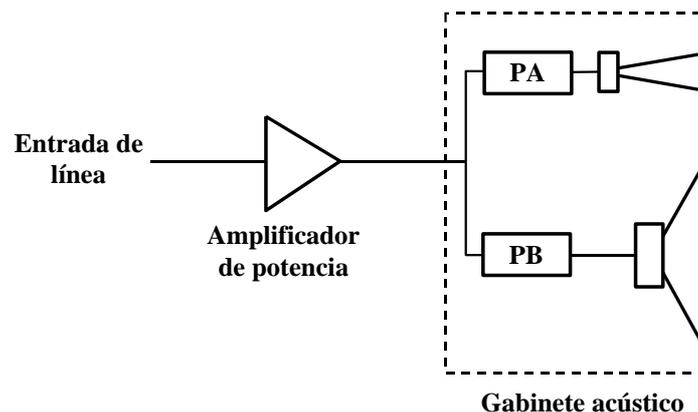
ción del micrófono, etc. Es bastante común que las consolas de mezcla provean un filtro opcional de este tipo que puede intercalarse a la entrada reduciendo el ruido sin alterar el material de programa. La frecuencia de corte suele estar entre **20 Hz** y **100 Hz**.

### 11.3. Redes divisoras de frecuencia

Cuando estudiamos los altavoces, vimos que existían unidades fabricadas para cubrir rangos limitados de frecuencia, debido a las dificultades contrapuestas inherentes al comportamiento de un altavoz en alta y baja frecuencia. Por este motivo era necesario cubrir con un sistema de dos o más altavoces el rango de frecuencias completo de la señal de audio.

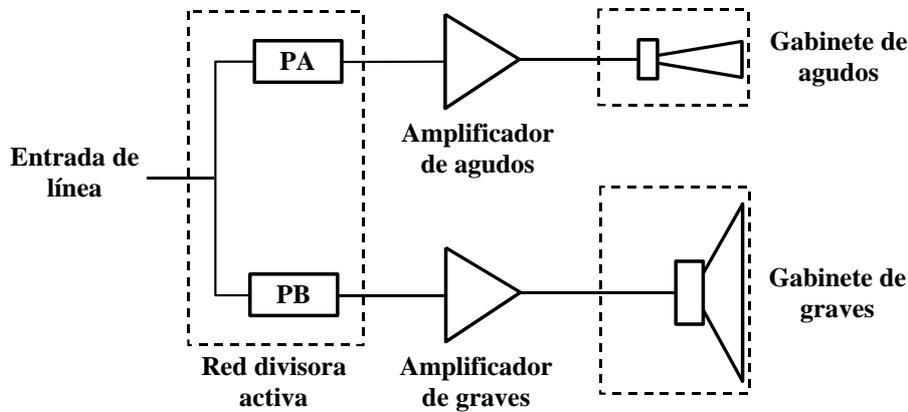
Cada altavoz del sistema responde, acústicamente, a la porción de la señal comprendida en su rango de frecuencias específico, pero *eléctricamente* responde a todo lo que recibe. Por consiguiente, si enviáramos toda la señal a cada altavoz, no sólo se estaría desperdiciando potencia eléctrica, sino que además se estaría sometiendo a los altavoces a una gran sobrecarga. Por esta razón es necesario efectuar una separación de la señal en rangos de frecuencia según los altavoces a utilizar. Esta separación se realiza mediante **redes divisoras de frecuencia**, o **redes crossover**.

En el caso de sistemas de pequeña o mediana potencia, los gabinetes acústicos contienen dos o tres altavoces juntos, cubriendo los diferentes rangos de frecuencia, y la red crossover correspondiente es pasiva (es decir, construida utilizando capacitores y bobinas). En este caso el gabinete recibe una única señal de potencia, proveniente de un solo amplificador, y la división se efectúa, a nivel de potencia, en el propio gabinete (ver **Figura 11.3**). En el caso de grandes potencias (típicamente mayores de **100 W**), este enfoque tiene serias dificultades. Las bobinas deberían ser de grandes dimensiones para poder administrar tanta potencia, el rendimiento de las cajas se reduciría, y deberían hacerse previsiones para desprenderse del calor generado por el recalentamiento de los componentes pasivos. Por estas razones se utiliza otro enfoque, consistente en realizar la división de frecuencias *antes* de la amplificación, y luego amplificar



**Figura 11.3.** Sistema de amplificación tradicional con divisor de frecuencias pasivo en el propio gabinete. **PA** y **PB** denotan los filtros pasaaltos y pasabajos del divisor pasivo.

por separado cada una de las señales así obtenidas. Este esquema se denomina genéricamente **multi-amplificación** (**bi-amplificación** en el caso de dos vías, **tri-amplificación** en el caso de tres, etc.), y se ilustra en la **Figura 11.4**.



**Figura 11.4.** Sistema de bi-amplificación con divisor de frecuencias activo antes de la amplificación. **PA** y **PB** denotan los filtros pasaaltos y pasabajos del divisor activo.

Los filtros utilizados en el caso de la multi-amplificación son activos, es decir que contienen amplificadores, resistencias y capacitores, evitándose así el uso de las bobinas, (que en el caso anterior era imprescindible ya que un filtro activo de potencia sería de hecho más complejo y tendría menor rendimiento que la propia multi-amplificación).

Los sistemas multi-amplificados presentan varias ventajas frente a los tradicionales. En primer lugar, dado que la potencia se reparte en dos o más amplificadores, cada uno de ellos resulta de menor potencia que si se usara un solo amplificador. En segundo lugar, la distorsión se reduce, debido a que la distorsión en una de las vías no tiene ninguna repercusión en la otra u otras. Esto es especialmente cierto con la distorsión en los graves. En un sistema tradicional, la sobrecarga en los graves implica la generación de armónicos de alta frecuencia que pasan sin inconvenientes por el filtro pasaaltos del divisor, apareciendo en los altavoces de alta frecuencia. En un sistema multi-amplificado, como la división de frecuencias se realiza a bajo nivel de señal, donde no hay posibilidad de tener distorsiones severas, dichos armónicos se circunscriben al altavoz de baja frecuencia, donde tienen muy poca influencia debido a que la respuesta en alta frecuencia de dichos altavoces cae rápidamente. Se aprovecha así favorablemente una limitación del altavoz para combatir la distorsión. En tercer lugar, aunque normalmente no se echa mano de este recurso, podrían utilizarse amplificadores de respuesta en frecuencia más restringida, con lo cual se podría optimizar el comportamiento en lo que respecta a ruido y reducir el costo del equipo, ya que no se requeriría de un amplificador de excelentes prestaciones en toda la banda de audio sino en regiones más restringidas.

Se encuentran disponibles en el mercado redes crossover activas de diversos tipos, en las cuales es posible seleccionar la o las frecuencias de cruce, es decir las frecuencias que limitan las bandas en las que se divide el espectro de audio, así como controlar in-

dependientemente las ganancias en cada banda, de modo de acomodarse a diferencias de sensibilidad de los diversos altavoces utilizados.

Las especificaciones técnicas incluyen los parámetros habituales, relativos a respuesta en frecuencia, distorsión, impedancias de entrada y salida, relación señal a ruido, etc., para los cuales caben los mismos comentarios que para el caso de los amplificadores.

## 11.4. Ecualizadores

Un ecualizador permite aumentar o reducir la ganancia selectivamente en tres o más frecuencias. De este modo es posible resaltar frecuencias que estaban originalmente debilitadas, o atenuar otras de nivel excesivo. El ecualizador más sencillo es el clásico **control de tono**, que permite controlar según convenga tres grandes bandas fijas de frecuencia, denominadas genéricamente **graves**, **medios** y **agudos**.

Existen dos tipos de ecualizadores: los **ecualizadores gráficos** o **de bandas** (por ejemplo los ecualizadores de octava, o de tercio de octava), que poseen varias bandas fijas (normalmente entre **5** y **31** bandas), y los **ecualizadores paramétricos**, que poseen una o más frecuencias ajustables, además de otras fijas. Los más difundidos son los ecualizadores gráficos, aunque en general las consolas suelen incluir en cada canal de entrada un sencillo ecualizador paramétrico o semiparamétrico.

## 11.5. Ecualizadores gráficos

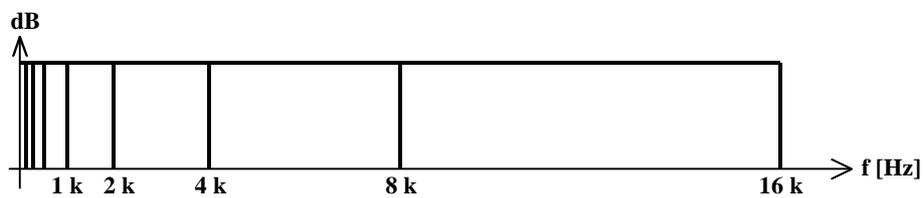
Analicemos primero los ecualizadores gráficos. Como ya se señaló, están divididos en bandas de frecuencia. Cada banda está centrada en una frecuencia determinada, perteneciente a una lista estándar de frecuencias seleccionadas para que la relación entre dos frecuencias consecutivas sea aproximadamente constante. Así, en los ecualizadores de **bandas de octava**, las frecuencias están elegidas de modo que cada frecuencia sea el doble de la anterior (ya que subir una octava equivale a multiplicar por **2**). En los ecualizadores por bandas de **tercio de octava**, por otra parte, cada frecuencia es aproximadamente un **25 %** mayor que la anterior. En la **Tabla 11.1** se resumen las frecuencias estándar para ecualizadores de distintas resoluciones.

Es interesante observar que para un ecualizador de resolución dada, por ejemplo de bandas de octava, el ancho de cada banda en **Hz** aumenta con la frecuencia, de modo que en un gráfico con escala lineal de frecuencia, las primeras bandas están muy comprimidas (ver **Figura 11.5**). En un gráfico con escala de frecuencia logarítmica (el típico gráfico que se utiliza en la especificación de las respuestas en frecuencia), en cambio, el espaciado es uniforme (ver **Figura 11.6**).

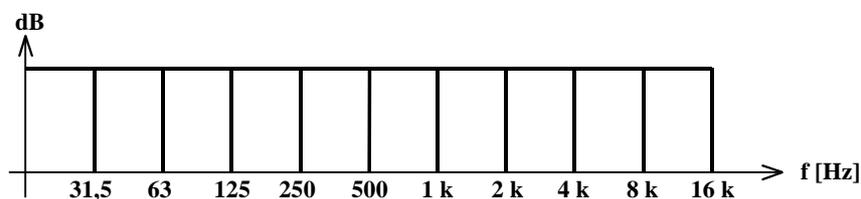
Para el ajuste de la ganancia o atenuación, los ecualizadores gráficos cuentan con un potenciómetro deslizante vertical en cada banda graduado en **dB**, cuya posición central o neutra corresponde a **0 dB**, es decir una ganancia **1** (salida igual a la entrada). En la posición más alta se tiene una ganancia máxima típicamente de **12 dB**, es decir una ganancia **4** (aunque en algunos equipos puede conmutarse entre **6 dB** y **12 dB**, y en otros se llega hasta **18 dB**), y en la posición más baja una atenuación de **-12 dB** (ó **-6 dB**, ó **-18 dB**), correspondiente a una *reducción* de la señal en un factor **4**.

**Tabla 1.** Frecuencias estándar que se utilizan en los ecualizadores de bandas de octava, 2/3 de octava, 1/2 octava y 1/3 octava.

f [Hz]	1	2/3	1/2	1/3	f [Hz]	1	2/3	1/2	1/3	f [Hz]	1	2/3	1/2	1/3
20				*	200				*	2.000	*		*	*
22,4			*		224					2.240				
25		*		*	250	*	*	*	*	2.500		*		*
28					280					2.800			*	
31,5	*		*	*	315				*	3.150				*
35,5					355			*		3.550				
40		*		*	400		*		*	4.000	*	*	*	*
45			*		450					4.500				
50				*	500	*		*	*	5.000				*
56					560					5.600			*	
63	*	*	*	*	630		*		*	6.300		*		*
71					710			*		7.100				
80				*	800				*	8.000	*		*	*
90			*		900					9.000				
100		*		*	1.000	*	*	*	*	10.000		*		*
112					1.120					11.200			*	
125	*		*	*	1.250				*	12.500				*
140					1.400			*		14.000				
160		*		*	1.600		*		*	16.000	*	*	*	*
180			*		1.800					18.000				
										20.000				*

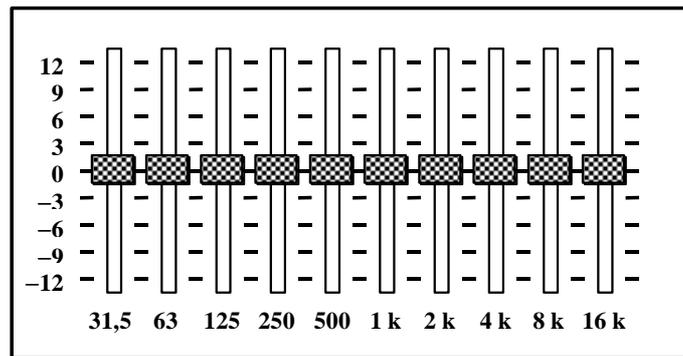


**Figura 11.5.** Frecuencias centrales de las bandas de octava representadas en un diagrama con eje de frecuencias lineal. Las frecuencias menores de 1 kHz no han sido rotuladas y las inferiores a 125 Hz directamente se han omitido.

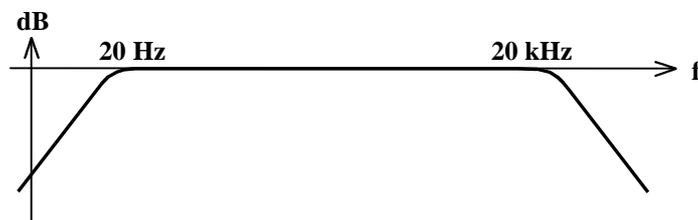


**Figura 11.6.** Frecuencias centrales de las bandas de octava representadas en un diagrama con eje de frecuencias logarítmico.

En la ver **Figura 11.7** se muestra el aspecto que presentan los controles de un ecualizador de bandas de octava cuando están todos en la posición central. La respuesta en frecuencia resulta en ese caso plana en toda la banda de audiofrecuencias, como se indica en la **Figura 11.8**. Las caídas a uno y otro lado de dicha banda son las normales en todo equipo de audio, colocadas ex profeso para reducir el ruido fuera de la banda de interés (ya que si bien se trata de un ruido inaudible, consume potencia y resta rango dinámico a la señal útil).



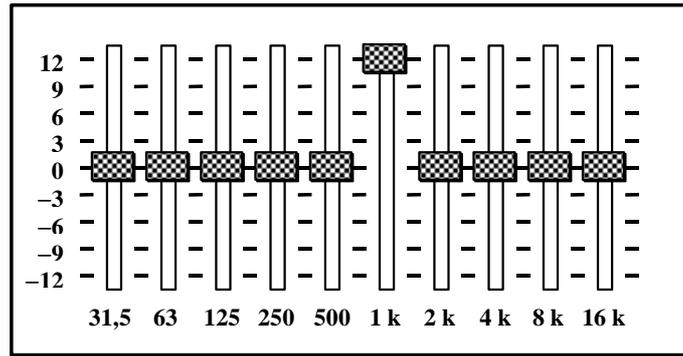
**Figura 11.7.** Ecualizador de bandas de octava con todos los controles en su posición central (neutra). La respuesta en frecuencia resulta plana en toda la banda de audiofrecuencia.



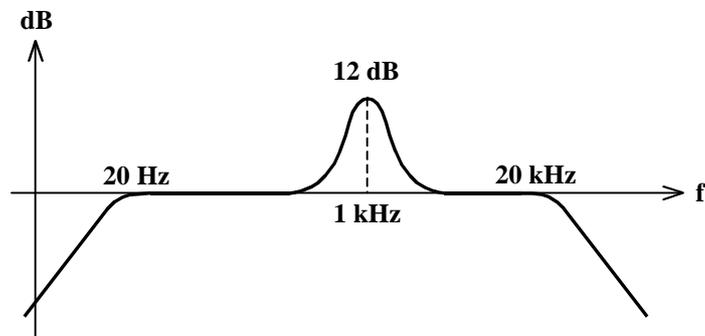
**Figura 11.8.** Respuesta en frecuencia de un ecualizador de bandas de octava con los controles como en la **Figura 11.7**.

Si se eleva una de las bandas hasta el valor máximo de **12 dB** (**Figura 11.9**), el punto central de dicha banda se enfatizará en **12 dB**, pero el resto de la banda lo hará en menor cuantía. Debido a que los filtros no son ideales, fuera de la banda habrá cierta ganancia residual que se atenúa rápidamente al alejarse de la banda (**Figura 11.10**).

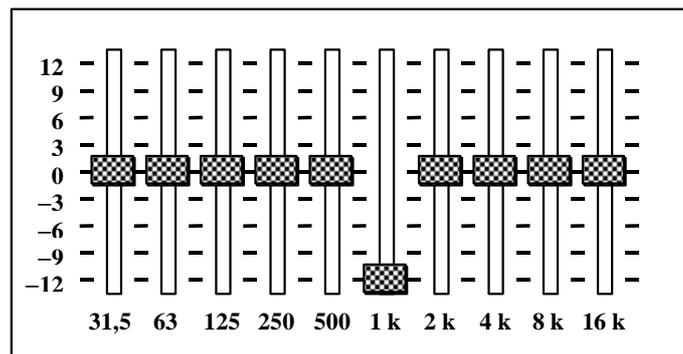
Si, en cambio, se lleva una banda al valor mínimo de **-12 dB** (**Figura 11.11**), el punto central de dicha banda quedará atenuado en **12 dB**. El resto de la banda se atenuará menos, y debido a la no idealidad habrá cierta atenuación residual aún fuera de la banda (**Figura 11.12**).



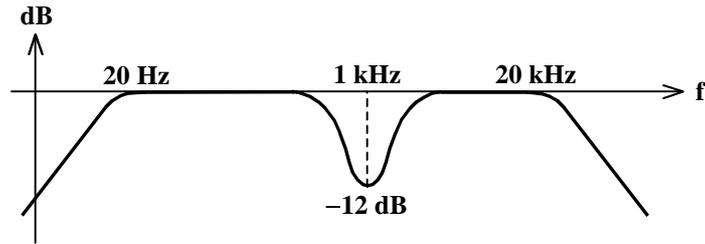
**Figura 11.9.** Posición de los controles después de acentuar al máximo la frecuencia de **1 kHz**.



**Figura 11.10.** Respuesta en frecuencia de un ecualizador de bandas de octava con los controles como en la **Figura 11.9** (la frecuencia de **1 kHz** acentuada al máximo).

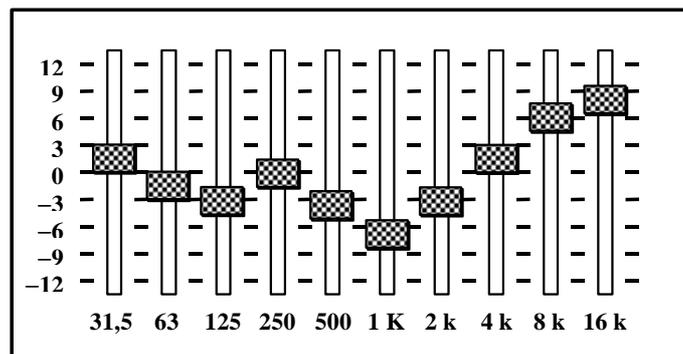


**Figura 11.11.** Posición de los controles después de atenuar al máximo la frecuencia de **1 kHz**.

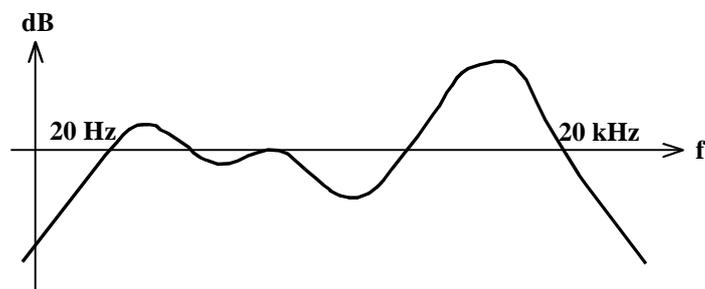


**Figura 11.12.** Respuesta en frecuencia de un ecualizador de bandas de octava con los controles como en la **Figura 11.11** (la frecuencia de 1 kHz atenuada al máximo).

En la **Figura 11.13** se muestra una ecualización más general, y en la **Figura 11.14** se muestra la correspondiente respuesta en frecuencia. Se observa que la disposición de los potenciómetros deslizantes es una analogía gráfica bastante representativa de dicha respuesta en frecuencia (salvo las frecuencias muy altas y muy bajas, en donde actúan los filtros pasabajos y pasaltos incluidos dentro del ecualizador). Esa es la razón por la que estos ecualizadores se denominan *ecualizadores gráficos*.

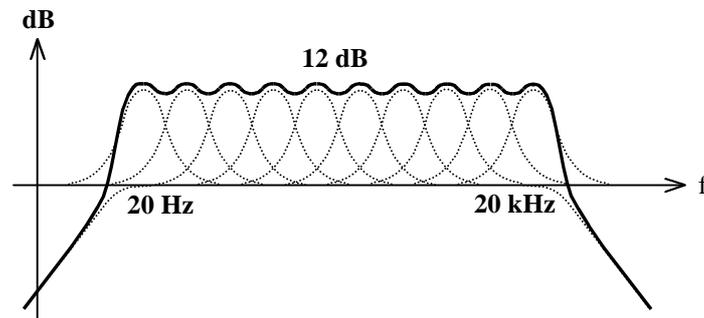


**Figura 11.13.** Posición de los controles después de una ecualización determinada.



**Figura 11.14.** Respuesta en frecuencia de un ecualizador de bandas de octava con los controles como en la **Figura 11.13**.

Es importante tener en cuenta lo siguiente. Si todos los controles se elevan al máximo, idealmente se obtendría una respuesta plana entre **20 Hz** y **20 kHz**, con una ganancia de **12 dB**, es decir **4**. En la práctica se obtiene la respuesta indicada en la **Figura 11.15**, en la cual se aprecia la existencia de una ondulación en la curva de respuesta en frecuencia que puede alcanzar o aún superar los **2 dB**. Si bien desde el punto de vista de una señal de régimen permanente (por ejemplo una senoide o una onda cuadrada de gran duración) es difícil apreciar la diferencia entre esta respuesta y la ideal, la palabra y la música (señales mucho más probables en la práctica) distan de constituir un régimen permanente, siendo más bien el resultado de una sucesión de transitorios (sonidos de corta duración). El efecto más notorio en la respuesta transitoria es la presencia de pequeños campanilleos de frecuencias cercanas a las frecuencias centrales de las bandas, que se superponen creando un ruido audible, especialmente en los sonidos cortos de tipo percusivo.



**Figura 11.15.** Respuesta en frecuencia de un ecualizador de bandas de octava con todos los controles en su extremo superior. En líneas de puntos se han indicado la respuesta “plana” del ecualizador y las respuestas individuales de cada banda.

Por este motivo *no es recomendable asignar al ecualizador una función que no le es propia* como es contribuir a dar ganancia a la señal. Es preferible encomendar esa función a alguno o algunos de los varios controles dispuestos para ajuste de nivel tanto en las consolas como en los procesadores. En realidad algunos ecualizadores de hecho poseen controles a tal fin, y es preferible utilizarlos en lugar de dar ganancia subiendo todas las bandas. Los mismos comentarios son válidos para la atenuación. Un criterio saludable para una ecualización satisfactoria es verificar que haya aproximadamente el mismo número de controles por encima y por debajo de la línea de **0 dB**. De esta manera se reduce tanto el ruido de campanilleo (dependiente de la señal) como el ruido propio del ecualizador (ruido intrínseco).

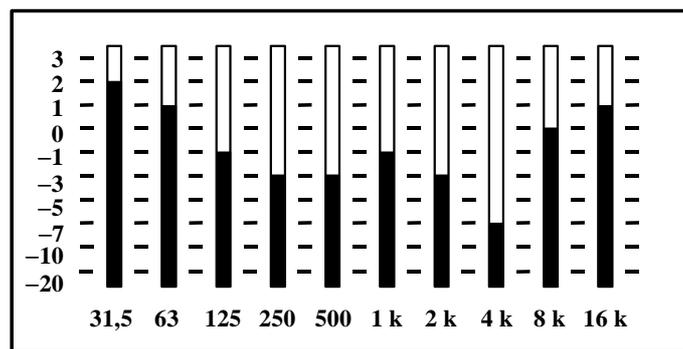
En cuanto a las especificaciones de los ecualizadores gráficos, se encuentran las que son comunes a los diversos componentes de un sistema de audio: impedancias de entrada y salida, máxima salida, distorsión total armónica (con salida máxima), respuesta en frecuencia (con todos los controles en **0 dB**, es decir planos), y ruido. En este caso es común especificar los valores de ruido (o de la relación señal/ruido) para varias posiciones de los controles, como ser todos en **0 dB**, todos en **-12 dB**, y todos en **12 dB**. Como puede suponerse, en general el ruido es menor con los controles en **0 dB**.

Existen varias aplicaciones de los ecualizadores gráficos, entre las cuales pueden citarse el retoque tonal de diversos instrumentos musicales, la utilización como complemento de diversos efectos y procesadores, y la compensación de deficiencias en un sistema de audio. De todas ellas, la última es la aplicación más representativa. Para comprender la naturaleza del problema, debe observarse primero que un sistema de audio comprende no sólo los diversos micrófonos, altavoces y equipos electrónicos utilizados, sino también el ambiente acústico en el cual los mismos habrán de funcionar. Cualquiera de las partes involucradas puede contribuir con defectos en cuanto a la respuesta en frecuencia. Así, un amplificador puede tener algunas irregularidades leves en la respuesta en frecuencia; un micrófono tiene irregularidades importantes por encima de los **8 ó 10 kHz**; una caja acústica presenta no sólo irregularidades en el patrón direccional, sino que además exhibe altibajos en su respuesta en frecuencia debido entre otras cosas a sus propias resonancias, a la imperfección de las redes divisoras de frecuencia para las distintas vías, etc. Por último, el ambiente donde se instala el equipo puede tener absorciones a diversas frecuencias que atenúan algunas frecuencias más que otras, o puede contener resonancias a determinadas frecuencias (originadas en ondas estacionarias), que podrían acentuar las señales de dichas frecuencias.

Los ecualizadores proporcionan una solución a este género de problemas, permitiendo atenuar las frecuencias que resuenan o resaltar aquellas que son absorbidas. Para ello se intercala antes del amplificador de potencia (o de la red crossover en caso de multi-amplificación) el ecualizador, que luego debe quedar instalado como parte integral del sistema.

## 11.6. Ecualización

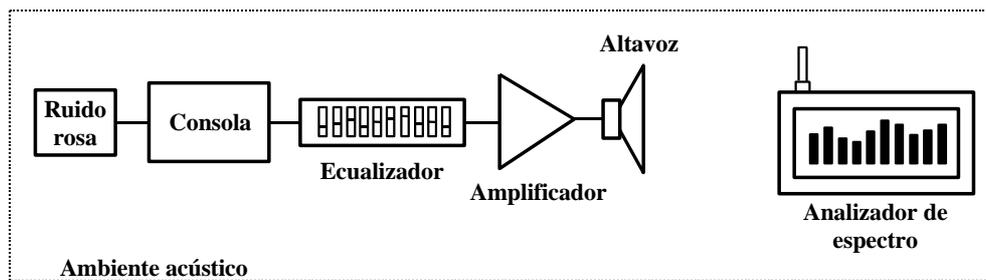
Para realizar un *ajuste objetivo* del sistema es necesario utilizar **un analizador de espectro en tiempo real** (real-time analyzer, **RTA**), instrumento de medición que muestra en forma gráfica (por pantalla) el espectro de un sonido en cada instante. Más precisamente, proporciona en forma de un gráfico de barras el nivel de presión sonora en cada banda de octava o en cada banda de tercio de octava, según el tipo de analizador. En la **Figura 11.16** se muestra la pantalla de un analizador de bandas de octava.



**Figura 11.16.** Pantalla de un analizador de espectro en tiempo real por bandas de octava. El valor **0 dB** es relativo a la escala seleccionada mediante un selector.

Antes de comenzar con el proceso de ecualización se debe llevar todos los controles de la consola a su posición central. Esto significa que los controles de ganancia o atenuación deben estar en la posición en que la ganancia sea unitaria, y los controles de tono o “ecualizadores” en posición plana. Esto último es muy importante, ya que la ecualización del sistema debe considerarse como un *ajuste de referencia*, lo cual significa que se establece un punto de operación en el cual *se sabe* que la respuesta del sistema es plana. Si posteriormente, por necesidad, gusto, estética o cualquier otra razón se requiere modificar la respuesta en frecuencia parcial de uno o más canales, desde luego podrá hacérselo.

El ajuste se lleva a cabo según el diagrama de bloques de la **Figura 11.17**. Se conecta a una entrada de la consola un **generador de ruido rosa**. Se utiliza este tipo de señal porque contiene la misma cantidad de energía en cada banda de tercio de octava, de manera que si se conectara dicha señal directamente a un analizador de espectro, se obtendría la misma indicación en todas las bandas. Luego se ubica el micrófono del analizador de espectro en la posición en la que se quiere lograr la ecualización. Esto es importante porque la ecualización puede no ser la misma en todos los puntos de una sala, especialmente si ésta tiene defectos acústicos notorios. Por último, se ajustan los controles del ecualizador de manera de tener una indicación pareja en todas las bandas del analizador de espectro.



**Figura 11.17.** Disposición para llevar a cabo la ecualización de un sistema de sonido, incluido el ambiente acústico.

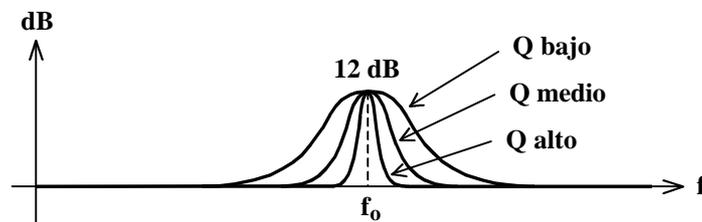
Debe advertirse que el ruido rosa es un ruido de carácter aleatorio, por lo cual varía dinámicamente. Esto implica que la imagen obtenida en la pantalla del analizador no es en realidad estática. En general los analizadores proveen varias velocidades de respuesta. En la velocidad lenta la imagen es más estable que en la rápida. De todas maneras, será necesario efectuar una promediación visual, procurando observar alrededor de qué nivel oscila la indicación en determinada banda.

Si se debe ecualizar una sala de monitoreo de un estudio, será conveniente que la ecualización se realice en el punto en el cual se encontrará el operador, con éste presente, a fin de asegurar que las condiciones de ajuste sean lo más parecidas que sea posible a las condiciones de operación reales del sistema. Si, en cambio, se va a ecualizar una sala de concierto, deberá seleccionarse varias ubicaciones representativas, y realizar un ajuste del ecualizador que sea aproximadamente el promedio de los ajustes en dichas ubicaciones.

Finalmente, hay que advertir que el método de ecualización propuesto es un método *objetivo*, vale decir que su resultado es *una respuesta en frecuencia general plana para el sistema*. Aún cuando esto sería aparentemente lo deseable en todos los casos, ya que provee un punto de partida conocido, una referencia, muchas personas pueden no conformarse con dichos ajustes. Ello puede deberse a diversos factores: el gusto personal, la postura estética, la costumbre de haber operado durante mucho tiempo con un sistema mal ajustado, y las deficiencias auditivas que sufre toda persona que vive en una sociedad ruidosa. Estos motivos pueden llevar a que distintas personas exijan más graves, más medios o más agudos de un sistema de sonido, según el caso. Por ejemplo, podría suceder que un músico afamado requiera siempre de sus sonidistas, tanto para sus grabaciones como para sus espectáculos en vivo, una ecualización con predominancia de agudos. Sus seguidores, aún cuando sus preferencias individuales espontáneas pudieran ser diferentes, estarán acostumbrados a *ése* sonido, y no aceptarán de buen grado ecualizaciones que lo alteren, aún cuando *objetivamente* proporcionen una respuesta más plana y natural. Este ejemplo muestra el tipo de dificultades que se encuentran al intentar definir el “sonido perfecto”, dificultades inherentes a cualquier definición que involucre directa o indirectamente el arte.

## 11.7. Ecualizadores paramétricos

Pasemos ahora a los ecualizadores paramétricos. Estos ecualizadores se diferencian de los anteriores en que en general tienen menos bandas, pero de frecuencia ajustable. Esto implica la posibilidad de ubicar en forma precisa un defecto acústico (por ejemplo una resonancia) y corregirlo. Para lograr mayor versatilidad también es posible ajustar el ancho de banda, y, por supuesto, la ganancia (como en los ecualizadores gráficos). En la **Figura 11.18** se ilustra el efecto que tiene el ajuste del ancho de banda. En los filtros de



**Figura 11.18.** Efecto del ajuste del ancho de banda de una sección de un ecualizador paramétrico. Se muestra una única frecuencia y el control de ganancia está al máximo en todos los casos.

banda ajustable es común hablar del **factor de calidad, Q**, del filtro, el cual se define como

$$Q = \frac{f_0}{AB},$$

donde  $f_0$  es la frecuencia central del filtro y  $\mathbf{AB}$  su ancho de banda. Así, cuanto más grande sea el ancho de banda, menor será  $\mathbf{Q}$  y viceversa. Obsérvese que el factor de calidad no tiene ninguna relación con la *calidad del producto*.

Una de las aplicaciones más interesantes de los ecualizadores paramétricos es la eliminación de acoples (ver capítulo 12). Otras aplicaciones pueden ser eliminar zumbidos de línea cuyo origen es difícil de detectar, o resaltar frecuencias específicas que son excesivamente absorbidas.

Los ecualizadores paramétricos no están tan difundidos en forma de componentes separados como los ecualizadores gráficos. En cambio casi siempre se encuentra un ecualizador paramétrico o semiparamétrico (un ecualizador que permite ajustar la frecuencia pero no el  $\mathbf{Q}$ ) en cada canal de entrada de las consolas de cierta importancia. Entre los ecualizadores paramétricos externos a las consolas se encuentran dispositivos denominados **filtros notch** (o filtros muesca), en los cuales sólo es posible lograr atenuación, en lugar de atenuación y ganancia como en un ecualizador propiamente dicho. Por lo general tienen un  $\mathbf{Q}$  bastante alto y fijo.

Las especificaciones de los ecualizadores paramétricos son similares a las de los ecualizadores gráficos, con el agregado de los rangos de ajuste de las frecuencias y del  $\mathbf{Q}$  de cada sección.