

# Procesamiento Espectral y Dinámico en la Masterización de Audio

Por Gabriel Data<sup>1</sup> y Pablo J. Miechi<sup>2</sup>

## Resumen

Dos de las prácticas más utilizadas en la masterización de señales de audio consisten en la aplicación de herramientas y procedimientos con el fin de lograr un adecuado equilibrio espectral y dinámico acorde a diferentes medios y soportes de distribución (LP, CD de audio, DVD, Radio, etc.)

Mucho se ha escrito al respecto con diverso grado de rigurosidad y resulta que la mayoría de estos trabajos se basan en la práctica y muchas veces en gustos personales tanto en lo relativo al sonido en sí mismo como en la música que se masteriza. La práctica brinda una valiosa experiencia pero también puede acarrear malos hábitos si no se la acompaña con una reflexión profunda sobre lo que se está haciendo, sustentada por un conocimiento técnico profundo tanto en la manipulación de los equipos y sus principios de funcionamiento y de las consecuencias que conllevan una u otra acción. El "gusto" está condicionado inevitablemente por la familiaridad (o no) con un determinado género musical y, por lo tanto, atravesado por un alto grado de subjetividad que, muchas veces, se traducen en prejuicios a la hora de masterizar músicas poco conocidas.

En este trabajo expondremos las características sobresalientes de ambas prácticas aplicadas al proceso de masterización, dejando de lado las características especiales que estos procedimientos conllevan en otra etapa de la producción sonora como la grabación y mezcla de señales de audio.

## Introducción

A diferencia de lo que ocurre en los procesos iniciales de una producción (donde el profesional trabaja sobre cada sonido individualmente para luego ensamblarlos) en el proceso de masterización siempre se manipulará la señal estéreo, ya mezclada, y por lo tanto será muy difícil ecualizar y procesar la dinámica de un sonido sin afectar a otros. Incluso el balance espectral y la

---

<sup>1</sup> Investigador externo por la Universidad Nacional de Rosario

<sup>2</sup> Investigador externo por la Universidad Nacional de Rosario

dinámica de una señal están lejos de ser fenómenos independientes entre sí en la medida en que las modificaciones realizadas en un campo tendrán indefectiblemente consecuencias en el otro. Por esto, ambas prácticas no deben ser vistas como compartimentos estancos y su análisis por separado en este trabajo obedece a necesidades metodológicas para una mejor comprensión de las particularidades de cada una; pero siempre deben entenderse como aspectos complementarios en el proceso de masterización de audio.

“Audio” surge como término de uso común en la época en que todo sistema de grabación y reproducción era analógico para denominar a una representación eléctrica (idealmente exacta) de una señal sonora, el término “sonido”, entonces, debería restringirse al campo acústico exclusivamente ya que sólo se manifestará como tal a través de los altavoces. Con el advenimiento del dominio digital, el término “audio” se extendió a este campo pudiendo diferenciarse, entonces, entre “audio analógico” y “audio digital”. El audio analógico sigue las leyes propias de una señal variable en el tiempo y que deben ser entendidas y observadas cuando se la modifica mediante algún tipo de procesamiento, pero involucrando procedimientos que no deben restringirse al solo control de los aspectos técnicos de la señal sino también incluir en el proceso objetivos artísticos y estéticos. Todo esto es extensible al audio digital en la medida que este último es una representación (numérica) de su versión analógica.

Si bien nos centraremos en la Masterización de Audio Digital en este trabajo, siempre mantendremos como referencia la proveniencia del dominio analógico en el proceso.

### **La ecualización en el proceso de masterización de audio**

El principal uso de ecualización en la masterización está orientado a corregir deficiencias en el balance espectral del sonido asegurando que el mismo se encuentre dentro de un rango aceptable. Si tales deficiencias son producidas por defectos en el monitoreo de la señal durante el proceso de producción, situación muy habitual por la baja calidad de los estudios de producción actuales, todas las mezclas se verán afectadas de la misma manera, pero además, como sucede por ejemplo, en las producciones discográficas, el

ingeniero mezcla las canciones u obras de la producción en días distintos, bajo diferentes condiciones, concentrándose prioritariamente en el sonido de cada una sin tener demasiado en cuenta el equilibrio final de ecualización de toda la producción.

Otra situación habitual, beneficiada por los avances tecnológicos, es que una producción actual es concebida en diversas locaciones con distintas características y calidades acústicas y electrónicas generando diferencias en el color sonoro de una misma producción.

El balance espectral también puede afectar la sonoridad de una señal. Como es de saber, existen experiencias, originalmente iniciados por Fletcher y Munson (1933) y luego estandarizados por la norma ISO 226:2003 (Fig. 1), que estudiaron como el sistema auditivo percibe la sonoridad de acuerdo a la intensidad y frecuencia de oscilación del sonido. Los resultados de dichos estudios, conocido como curvas isofónicas, demuestran que nuestro sistema auditivo es más sensible en el rango de las frecuencias medias (500 Hz a 5000 Hz) y menos en los rangos extremos de baja y alta frecuencia. Traducido al proceso de masterización, significa que cambios en el espectro en el rango de frecuencias medias de una señal sonora no solo afecta su espectro sino además la percepción de la sonoridad.

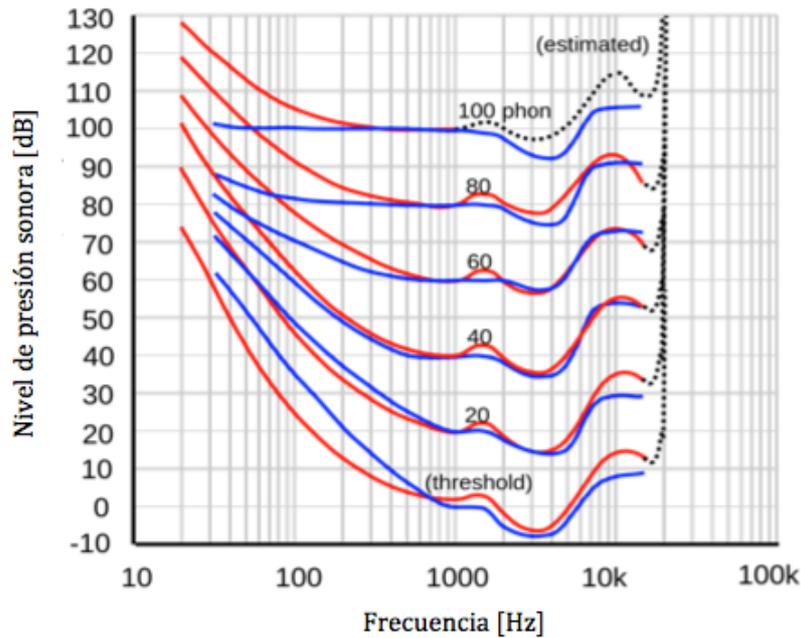
### **Contenido espectral**

La onda senoidal pura es una forma de onda simple que involucra solo una frecuencia. Otras formas de onda como la cuadrada o diente de sierra generan un set de frecuencias donde la más baja de ellas se denomina fundamental y todas las restantes superiores se denominan armónicos.

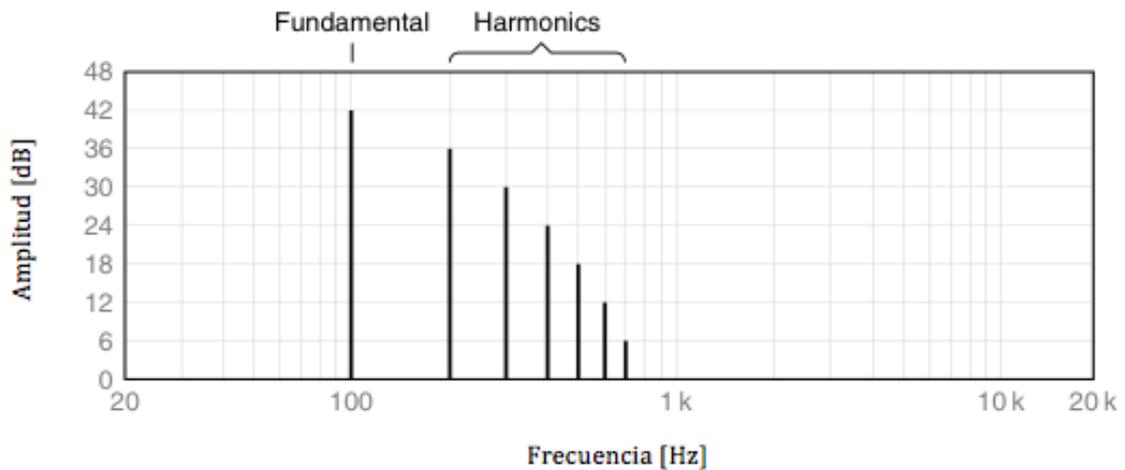
Sin embargo, las señales sonoras, con las que habitualmente se trabaja, presentan un contenido espectral más complejo. El contenido espectral de los instrumentos musicales consiste de cuatro componentes que combinadas todas juntas representan la mitad del timbre de este (la otra mitad es la envolvente). Estas componentes son:

- Fundamental: Define el tono y es la frecuencia predominante de más baja frecuencia.
- Armónicos: Frecuencias que son múltiplos enteros de la fundamental. Estos

se pueden presentar en distintas proporciones.



**Figura 1.** Curvas de igual sonoridad. Revisión ISO 226:2003 (rojo).  
Curvas de Fletcher-Munson (azul).



**Figura 2.** Contenido armónico de una onda diente de sierra de 100 Hz.

- Sobre-tonos: Frecuencias que necesariamente no son múltiplos enteros de la fundamental.
- Formantes: Frecuencias causadas por la resonancia física que no se altera en relación al tono producido que condicionan de forma significativa el timbre.

El contenido espectral de un instrumento se expande desde la frecuencia fundamental hasta y más allá de los 20 kHz. Vale a aclarar que por debajo de la fundamental existe contenido debido a resonancias en el cuerpo o no linealidades en los sistemas electrónicos.

Una facultad remarcable de nuestro cerebro es la habilidad de reconstruir fundamentales faltantes utilizando los armónicos existentes, siendo este fenómeno muy utilizado como técnica de ecualización.

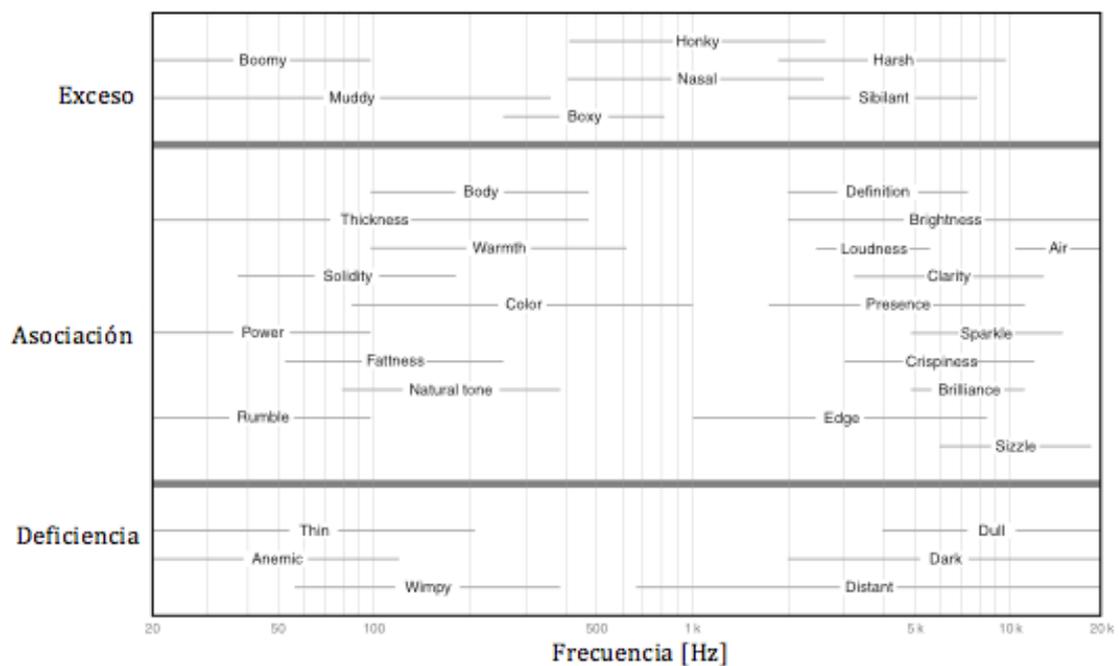
### **Bandas de frecuencia y asociaciones**

Se ha mencionado anteriormente la división básica del rango de frecuencia audible en tres bandas: graves, medios y agudos. Este puede dividirse en rangos aún más pequeños con su característica general. A continuación se presenta una lista con frecuencias que son aproximadas y pueden diferir de autor a autor.

- Sub-sónico: (hasta 20 Hz). Este rango se siente en el cuerpo y no es percibido por nuestro sistema auditivo.
- Graves-bajos: (20 – 60 Hz). Este rango es audible pero se siente más de lo que se percibe auditivamente. Es asociado a potencia y no a tonalidad. Por debajo de 40 Hz es difícil discernir la altura de una nota.
- Graves-medios: (60 – 120 Hz). Se comienza a percibir la tonalidad. También asociado con la potencia. Entre 100 – 120 Hz el sonido se vuelve turbio.
- Graves-superiores (120 – 250 Hz). La mayor parte de los instrumentos presentan sus fundamentales dentro de este rango. Este es el rango donde podemos alterar el tono natural de los instrumentos.
- Medios-bajos (250 – 2000 Hz). En esta franja se encuentran armónicos de bajo orden importantes de muchos instrumentos, por lo tanto se puede controlar gran parte del timbre o color. Este rango está muy ligado a la zona más sensible de nuestro sistema auditivo por lo cual, cuando trabajamos en esta banda podemos afectar la sensación sonoridad y presencia.
- Medios-altos (2 – 6 kHz). Como hemos visto en las curvas de igual sonoridad, el sistema auditivo es muy sensible en este rango el cual presenta armónicos complejos. Se relaciona con la sonoridad, definición, presencia e inteligibilidad de la palabra.

- Agudos (6 – 20 kHz). En este rango los instrumentos presentan poca energía. Asociado con brillo y aire. Al trabajar sobre la zona de frecuencias más alta, entre 10 y 20 kHz, se puede afectar la sensación de alta fidelidad.

En la descripción anterior se han mencionado términos subjetivos asociados con los rangos de frecuencia. Habitualmente, estos términos, no estandarizados, son utilizados en la comunicación verbal pero es útil imaginarlos para luego traducirlos a un rango de frecuencia específico. En la Figura 3 se muestra un gráfico que relaciona los rangos de frecuencia con los términos subjetivos.



**Figura 3.** Términos subjetivos asociados al rango de frecuencia que representan.

### Ecuadores y filtros

Para controlar el balance espectral se requiere de un procesador específico que permite modificar la amplitud en una o un rango de frecuencias denominado "Ecuador". Inicialmente un ecualizador era sólo capaz de atenuar (filtros pasivos) frecuencias, diseños posteriores (filtros activos) permitían además enfatizarlas.

Todos los ecualizadores aplican el concepto de filtrado, sin embargo es conveniente referirse a un filtro a un circuito que actúa en referencia a una sola frecuencia y a un ecualizador como un dispositivo que utiliza varios filtros.

Además, incorporamos el concepto de banda de frecuencias como el rango específico de trabajo donde un filtro o ecualizador puede modificar el espectro.

La respuesta de un filtro se representa gráficamente mediante un gráfico ganancia vs. frecuencia donde el eje horizontal representa el rango audible de frecuencias (20 Hz – 20 kHz) con escala logarítmica y en el vertical la ganancia generalmente expresada en escala de dB.

A lo largo de la evolución tecnológica se diseñaron distintos tipos de circuitos para filtrar señales que sería difícil de describir. En este trabajo generalizamos los filtros más utilizados en el proceso de masterización. Según su naturaleza son: de paso, tipo shelving y paramétricos

Cada uno de ellos tiene una forma reconocible en un gráfico de respuesta en frecuencia y relacionada a una frecuencia de referencia que recibe diferentes nombres de acuerdo al tipo de filtro.

### **Filtros de paso (pass filter)**

Los filtros de paso atenúan las frecuencias que se encuentran a un lado de la frecuencia de referencia, en este caso denominada frecuencia de corte ( $f_c$ ), mientras que las frecuencias que se encuentran del otro lado de la  $f_c$  permanecen inalteradas. La frecuencia de corte, se define como la frecuencia donde se producen 3 dB de atenuación (Figura 4).

Un filtro Pasa Alto (High Pass)

deja pasar la porción del espectro superior a la  $f_c$  atenuando el rango de frecuencias inferior.

En la práctica, las frecuencias inferiores a la  $f_c$  no son eliminadas totalmente sino que se reducen a razón de una cierta cantidad de dB por octava (generalmente -6 dB/octava, -12 dB/octava o -18 dB/octava o superior)

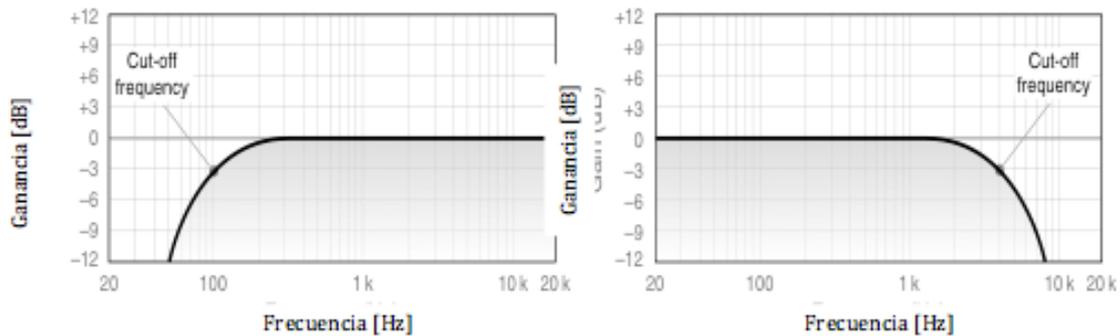
. Esta pendiente de atenuación se encuentra vinculada al orden del filtro.

Por otro lado, un filtro Pasa Bajo (Low Pass)

a la inversa del anterior, deja pasar las frecuencias inferiores a la  $f_c$ , bloqueando el rango superior, las cuales serán reducidas progresivamente una

cierta cantidad de dB por octava.

Para aplicaciones como la masterización, donde requerimos de control y precisión, es conveniente utilizar filtros de paso que permitan ajustar la  $f_c$  y la pendiente en que las frecuencias son atenuadas.



**Figura 4.** Filtro pasa altos (izq.) y pasa bajos (der.).

## **Ecualesadores**

Un ecualizador es un tipo de filtro, generalmente activo, que además de atenuar, nos permite enfatizar una porción del espectro con una envolvente en frecuencia que depende del tipo de filtro a utilizar.

### **Ecualesadores tipo shelving**

Concebidos por P. Baxandall a fines del '40 y denominados shelf (en español “estante”, “meseta”) permiten ajustar la ganancia o atenuación de las frecuencias inferiores o superiores a la frecuencia de corte. Estos dividen el espectro en dos bandas, donde un lado de la  $f_c$  no es afectada y la otra es atenuada o enfatizada por una cantidad constante. Presentan una banda de transición entre las frecuencias afectadas y las no afectadas. De acuerdo a la banda de frecuencias afectadas se presentan dos tipos de filtros tipo shelf:

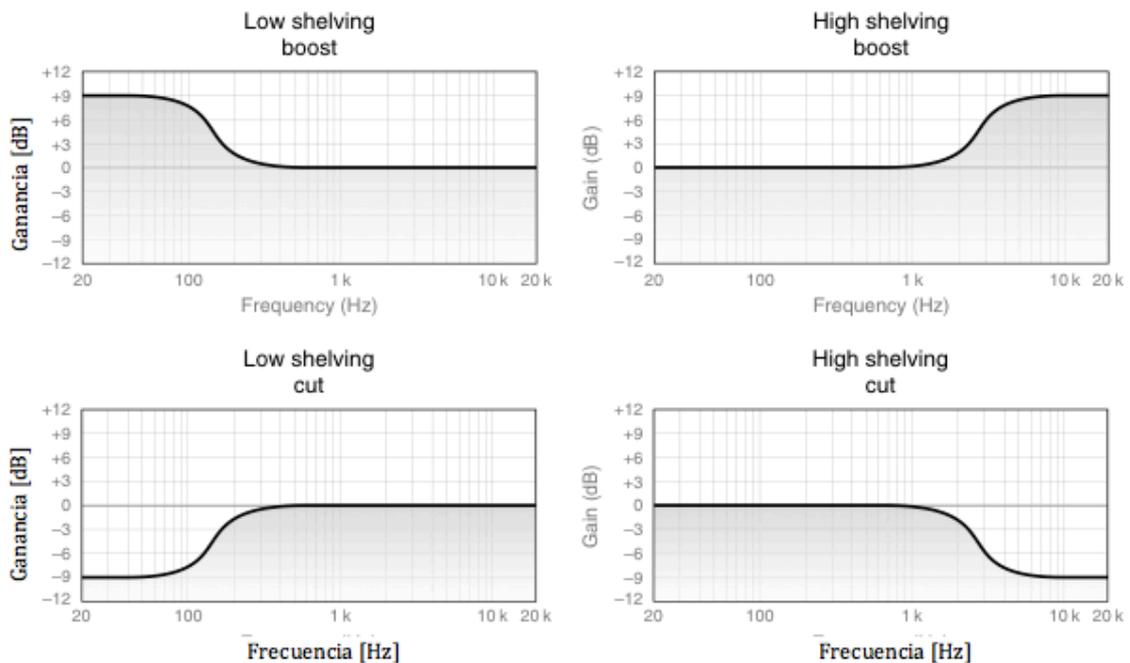
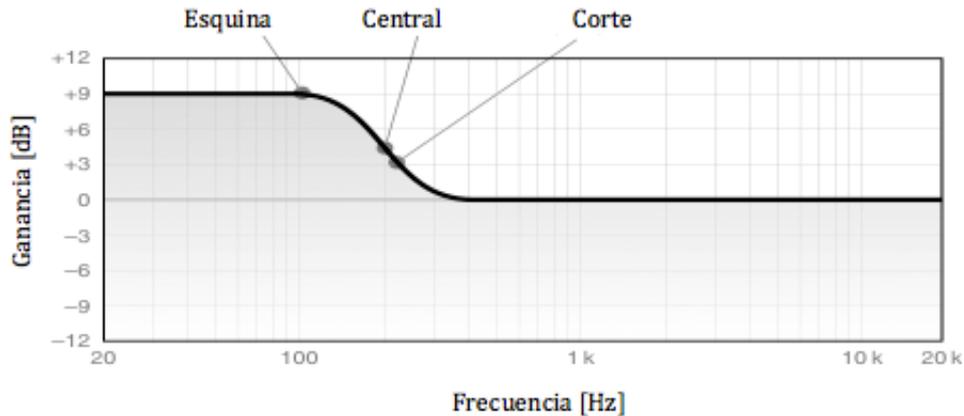
- Filtro Low Shelf: permite ajustar la ganancia o atenuación de las frecuencias inferiores a la frecuencia de corte.
- Filtro High Shelf: permite ajustar la ganancia o atenuación de las frecuencias superiores a la frecuencia de corte.

Para los filtros de paso, anteriormente presentados, se definió cuál era la

frecuencia de corte. Para los ecualizadores tipo shelving se presenta una ambigüedad dado que los diseñadores pueden elegir tres posibilidades:

- Frecuencia de corte: misma definición utilizada para los filtros (-3 dB)
- Frecuencia central: frecuencia ubicada en la mitad de la transición.
- Frecuencia de esquina: frecuencia donde se alcanzó la ganancia deseada.

**Figura 5.** Opciones de frecuencias para filtro tipo shelving.



**Figura 6.** Cuatro versiones de filtros tipo shelving.

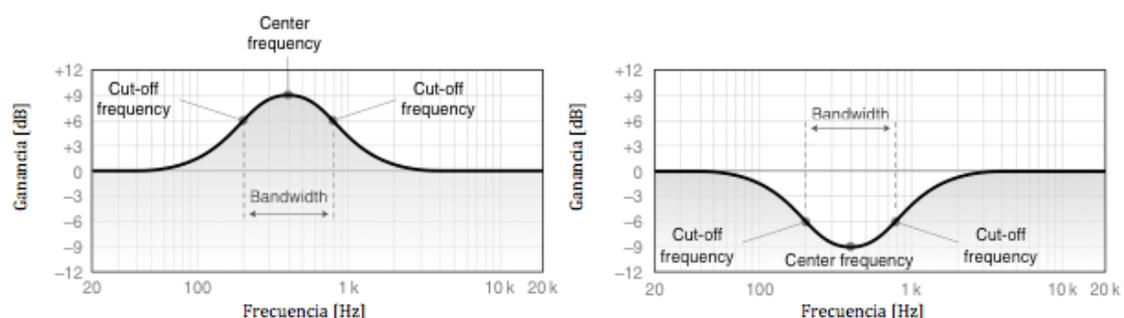
### Ecualizadores gráficos

Los ecualizadores gráficos dividen todo el espectro en bandas logarítmicamente iguales y pre configuradas relacionadas con la percepción de

la escala de frecuencias del sistema auditivo (de octava, tercio de octava, etc.). Cada banda está centrada en una frecuencia determinada, perteneciente a una lista estándar (norma ISO) de frecuencias que han sido seleccionadas para que la relación entre dos frecuencias consecutivas sea aproximadamente constante. El ancho de banda es un parámetro fijo donde su valor dependerá de la selectividad del ecualizador. Este tipo de ecualizador es prácticamente inutilizado en la etapa de masterización debido, principalmente, a sus limitaciones en la selección de frecuencia y ancho de banda.

### Ecualizadores paramétricos

Un ecualizador paramétrico (G. Massenburg, 1967 y presentado en AES en 1972) permite modificar un rango del espectro seleccionando la frecuencia de referencia y ancho de banda variables, obteniendo una acción más precisa sobre la señal y convirtiéndose en el ecualizador de facto para el proceso de masterización. Por la forma característica de este tipo de filtros también se los conoce como filtros de campana (Bell). La frecuencia de referencia se denomina frecuencia central y el ancho de banda está definido por dos frecuencias de corte (inferior y superior). Algunos ecualizadores expresan el ancho de banda en octavas, sin embargo, es habitual utilizar el factor de calidad (Q) antes mencionado. Según su diseño, pueden ser de Q-proporcional o de Q-constante. La diferencia entre ellos radica en que el primero al variar la ganancia el Q también varía requiriendo un ajuste del por parte del operador. El segundo, mantiene un Q constante y generalmente produce un resultado más musical.



**Figura 7.** Ecualizador paramétrico. Énfasis (izq.). Atenuación (der.)

### **Factor de Calidad (Q)**

El factor de calidad refiere a la relación entre la frecuencia central de una banda enfatizada o atenuada, y su ancho de banda en ciertos filtros. Responde a:

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

donde  $f_0$  es la frecuencia central y AB es el ancho de banda. El AB ancho de banda está definido por la diferencia de entre la frecuencia superior e inferior a la cual el filtro atenúa 3dB. Vemos que a mayor ancho de banda, menor Q posee el filtro y menos selectivo es este.

### **Ecualizadores dinámicos**

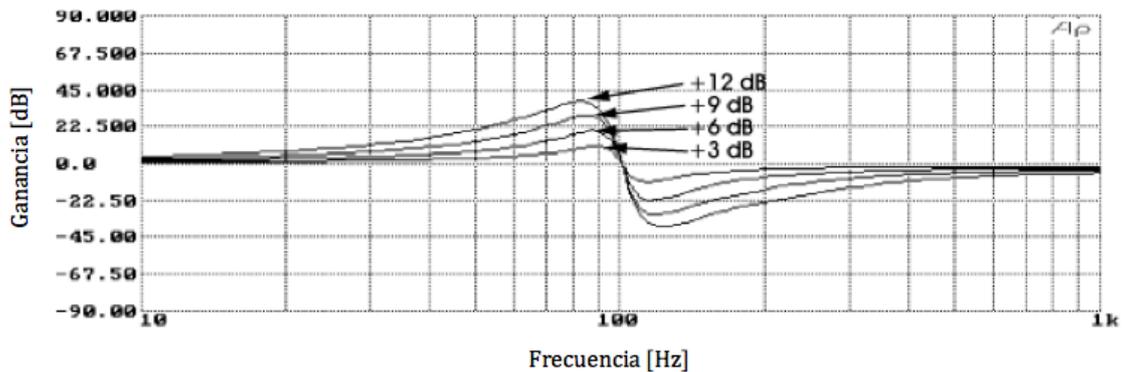
A diferencia del ecualizador estático estándar donde la cantidad de énfasis o atenuación de cada banda es constante, en un ecualizador dinámico el proceso está sujeto con la intensidad de la señal en esa banda. En este tipo de ecualizadores se suman parámetros habitualmente encontrados en un procesador dinámico como: umbral, ataque, relevo y relación.

Este tipo de ecualizadores es utilizado en situaciones donde se requiere corregir desbalances de frecuencia que no son constantes, por ejemplo, cuando se presenta el efecto de proximidad en un micrófono direccional.

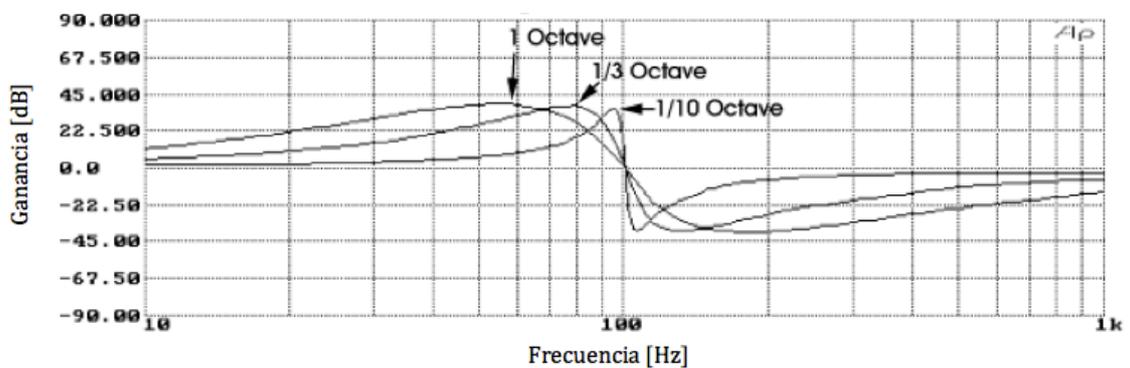
### **Respuesta de fase**

Hasta aquí hemos visto las diferentes respuestas en amplitud que presentan los filtros y ecualizadores. Todo filtro, con excepción de los de fase lineal, además de aplicar una ganancia a un rango de frecuencias, aplicará también un desplazamiento en la fase de la señal procesada. Este tipo de filtros se denominan de mínima fase ya que su diseño provee un mínimo desplazamiento de fase ante un cambio de magnitud. Dicho desplazamiento estará relacionado con el tipo de filtro y el orden del mismo. En la figura 8 se presenta la respuesta de fase de un ecualizador paramétrico. En la misma, se aprecia que la magnitud del desfasaje es proporcional a la ganancia y que la frecuencia central del filtro no sufre desfasaje alguno sino las frecuencias que se encuentran en cercanías. Existe una regla de oro propuesta por Pennington

que dice que se producen  $10^\circ$  de corrimiento de fase por cada 3 dB de cambio en la amplitud. En la figura 9, también se aprecia como varía la pendiente y el rango de frecuencias afectadas por el corrimiento de fase en función del factor de calidad del ecualizador. Si bien el desfase se produce tanto cuando enfatizamos como cuando atenúamos, siempre el efecto será más sutil cuando estemos atenúando la amplitud.



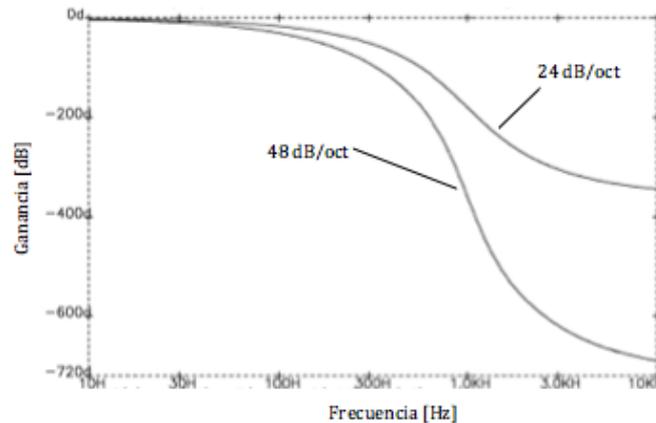
**Figura 8.** Respuesta de fase de un ecualizador paramétrico con ganancia positiva.



**Figura 9.** Respuesta de fase de un ecualizador paramétrico con distintos anchos de banda.

En el caso de los filtros de paso la respuesta es distinta. El desfase estará sujeto al tipo de filtro y al orden del mismo. En la figura 10 se muestran las respuestas de fase de dos filtros pasa alto tipo Linkwitz-Riley de 4to y 8vo orden (24 dB/oct y 48 dB/oct respectivamente). Se puede apreciar un respuesta de fase distinta y ver que a mayor orden de filtro se produce mayor

desfasaje entre banda filtrada y pasante.

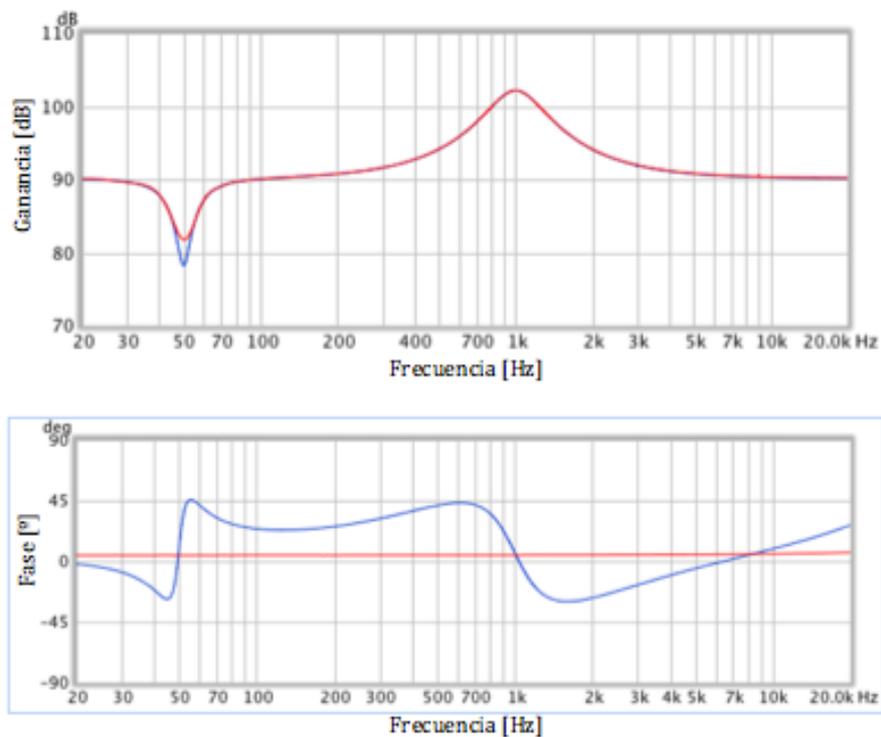


**Figura 10.** Respuesta de fase de un filtro pasa alto.

### **Ecualizadores de fase lineal**

En el ítem anterior vimos el desfasaje introducido por ecualizadores y filtros llamados de mínima fase. Por otro lado, existen ecualizadores implementados con filtros de respuesta al impulso finita (FIR), donde un cambio en la ganancia no genera un desplazamiento en la respuesta de fase. A cambio de este beneficio, este tipo de filtros, los cuales solo pueden ser implementados digitalmente, requieren de un importante consumo de recursos, más aún si se desea obtener buena resolución en baja frecuencia, y por lo tanto, introducen una latencia importante en la señal. Además, este tipo de filtro introduce un efecto de oscilación previa, pre-ringing, cuando se trabaja con un factor de calidad alto y que puede ser audible en bajas frecuencias. En la Figura 11, se muestra la respuesta en fase de un ecualizador paramétrico de mínima fase (azul) y uno de fase lineal (rojo). En el primero se representa el corrimiento típico de fase y en el segundo se aprecia un desplazamiento constante de la señal en todo el espectro de frecuencias.

En el caso de la masterización, a diferencia del proceso de mezcla, el alto consumo de recursos no sería un inconveniente, ya que no se requiere del uso de varios ecualizadores de este tipo en simultáneo. Respecto a la latencia introducida, en la mezcla multipista esta será compensada automáticamente por el software (DAW), en la masterización no sería un efecto que afecte al desarrollo del mismo.



**Figura 11.** Respuesta en amplitud y fase de un ecualizador paramétrico de mínima fase (azul) y de fase lineal (rojo).

Este tipo de ecualizadores es el más utilizado en el proceso de masterización debido a su respuesta precisa, ya que se trabaja sobre todo el espectro de la señal, y a la transparencia del mismo, objetivo que generalmente se busca en la masterización, por no generar distorsión de fase.

### **Aplicaciones de la ecualización en el proceso de masterización**

Una de los principales objetivos de la ecualización en la masterización es la de asegurar que el balance espectral se encuentre dentro de un rango aceptable, que el sonido en general sea agradable, claro y acorde al género y/o tipo de registro y que a su vez cumpla con los requerimientos del soporte de distribución.

Esto no significa que los profesionales que participaron en las etapas previas de la producción no eran lo suficientemente idóneos como para que un profesional de la masterización tenga que corregir desbalances en el sonido. Sino que al encontrarnos en otra etapa de la producción, en un ámbito acústico

distinto, con un sistema electroacústico más preciso y con una imagen general de la misma, permite concentrarse en otros aspectos del sonido registrado. Además, se cuenta con herramientas (procesadores y técnicas de aplicación de los mismos), similares a las utilizadas en las etapas previas, que al ser aplicadas al sonido ya mezclado permiten obtener resultados distintos.

Como técnica de ecualización para el balance espectral se recurre a la utilización de procesadores que sean precisos y transparentes, como el caso de los ecualizadores de fase lineal.

La ecualización afecta más allá de la tonalidad, además puede modificar el balance interno del registro sonoro ya que este suele estar compuesto por distintos elementos (instrumentos o sonidos) que se encuentran en bandas de frecuencia distintas. Al aplicar el ecualizador podemos cambiar la sonoridad, actuando sobre las formantes, de uno o varios de ellos sin modificar a otros. Por esta razón, se recomienda utilizar filtros con un Q bajo, para afectar regiones anchas de frecuencias, y aplicar ganancias o recortes del orden de los 0,5 dB a 3 dB.

Si la idea es agregar una ecualización con carácter, es decir, una ecualización que coloree el sonido, tal vez agregando algo de distorsión, se puede utilizar un ecualizador analógico o un emulador digital del mismo. Es recomendable conocer su principio de funcionamiento (respuesta de amplitud y fase) para no incorporar artefactos no deseados que puedan degradar el material sonoro.

### **Rango de bajas frecuencias**

Como se enunció anteriormente podemos definir 3 rangos de baja frecuencia: bajo (20-60 Hz), medio (60-120 Hz) y alto (120-250 Hz)

Estos rangos son bandas que aportan energía al registro sonoro, pero a su vez, es una zona donde la acústica de las salas, de grabación y control, y los sistemas electroacústicos (altavoces) presentan importantes anomalías. Desde el lado de la acústica de salas se da el fenómeno de los modos estacionarios que se forman en recintos cerrados de dimensiones pequeñas. La formación de estos es inevitable y lo único que se puede hacer desde el diseño acústico es minimizar su influencia, seleccionando proporciones apropiadas en las dimensiones del recinto y ubicando estratégicamente la posición de altavoces y

operador. También pueden ser controlados, mediante el acondicionamiento acústico de la sala con la instalación de dispositivos absorbentes en ubicaciones específicas. Es muy habitual, encontrar registros sonoros con excesos o deficiencia de varios dB en este rango debido a la baja calidad acústica del recinto donde se realizó la producción.

Desde el lado del sistema electroacústico nos encontramos que generalmente se utilizan monitores de campo cercano de dimensiones pequeñas, altavoces de 6" a 8", con limitaciones importantes para reproducir fielmente el rango de graves bajos. Además, si se cuenta con un subwoofer para mejorar la respuesta en bajas frecuencias se debe saber que, si bien ya disponemos de un dispositivo específico para la reproducción, debemos considerar que la frecuencia de transición entre subwoofer y monitores se encuentra entre los 80 Hz y los 120 Hz para lo cual debemos asegurarnos una correcta calibración del sistema, selección de filtros de cruce y a lineación de fase.

Se da una situación particular la zona de bajos altos, más cerca de los 250 Hz. Esta banda de frecuencia tiende a dar la sensación de que el sonido se vuelve turbio y poco claro, pero a su vez, como describimos anteriormente, aporta calidez y cuerpo al registro sonoro. Generalmente hay una tendencia a querer recortar esta zona buscando claridad lo cual es logrado cuando tenemos el soporte de un sistema de reproducción de baja frecuencia, pero cuando el registro sonoro es reproducido en un sistema con limitaciones en baja frecuencia tiende a perderse la sensación de cuerpo.

Los soportes de distribución digitales masivos utilizados no presentan inconveniente alguno ni limitaciones en todo el rango de frecuencias audibles. Por otro lado, el disco de vinilo, el cuál se mantiene con vida entre los consumidores más exigentes, si los tiene. Debido a la limitación física que este presenta, contenidos de baja frecuencia con diferencia de fase y amplitud importantes entre canales izquierdo y derecho pueden generar desplazamientos laterales excesivos requiriendo de más superficie disponible del disco y, en algunos casos, haciendo que dos surcos se toquen. Las consolas de sonido dedicadas a la masterización de discos de vinilo presentan un ecualizador específico denominado ecualizador elíptico. Este consta de un filtro que convierte todo contenido de baja frecuencia por debajo de un  $f_c$

estipulada (30, 70, 150, 250 Hz) a señal monofónica. Se debe saber que este dispositivo, el cual hoy se encuentra en varios procesadores digitales, afecta al sonido negativamente por lo que debe ser utilizado con mucho juicio.

## **Sonoridad**

Respecto a la sonoridad se pueden mencionar dos efectos a considerar.

El primero se encuentra relacionado con la sensación de sonoridad respecto a la frecuencia (curvas de igual sonoridad). Al modificar sutilmente bandas de frecuencia que se encuentren, aproximadamente, entre 500 Hz y 5 kHz podemos hacer que un sonido sea más o menos sonoro, sin generar cambios perceptibles en la amplitud general de la señal. Mientras que cambios sutiles en los rangos de frecuencia de los extremos no generará la misma sensación.

El otro efecto, está relacionado con el acto de ecualizar y las sensaciones que nos llevan a tomar decisiones. Al alterar el nivel de una rango de frecuencia específico también se puede alterar el nivel general de una señal. Mas allá del rango que estemos afectando existe un efecto psicoacústico que nos engaña al momento de juzgar la ecualización, haciéndonos percibir que algo que es más sonoro suena mejor. Es importante, cuando se realizan comparaciones A/B, tratar de equilibrar dichos niveles, mediante el ajuste de ganancia del dispositivo, para que la evaluación sea apropiada.

Se da una situación similar cuando recortamos un porción del espectro haciendo que el sonido se perciba como más pequeño. Se debe saber que esta sensación es temporal hasta que nuestro oído se acostumbra lo cuál puede ser tan bueno como contraproducente.

## **Procesamiento de la dinámica en la masterización de audio digital**

### **Niveles de señal de Audio en el dominio Digital**

Si una señal de audio analógico es una representación directa de un sonido, la señal de audio digital lo es de una analógica. Antes de la digitalización o antes de su audición por los altavoces, la señal debe necesariamente pasar por una etapa analógica. A continuación veremos las particulares de la dinámica en el dominio digital y su relación con el analógico.

La Relación Señal Ruido de una sistema de audio digital está directamente

relacionada con la resolución con la que se realiza el muestreo de la señal analógica, la cual aumenta +6 dB por cada bit adicional que se agrega en la digitalización. Así, a una señal de 16 bits tiene 96 dB de Rango Dinámico mientras que para una de 24 bits el mismo se incrementa a 144 dB.

En el dominio digital, el nivel máximo de señal admisible sin recorte está siempre referenciado al máximo valor codificado de la escala completa. En la RF Expo East realizada en Boston en 1987, James Colotti, de la Eaton Corporation, introdujo el término dBFS (decibel Full Scale) en la lectura de su trabajo “Digital Dynamic Analysis of A/D Conversion Systems through Evaluation Software based on FFT/DFT Analysis” (Colotti, 1987). Por esto, al Nivel de Recorte de una señal digital le corresponde un valor de 0 dBFS y de allí que todos los otros valores de decibeles son siempre negativos.

Cuando se integran equipos analógicos con digitales en el mismo sistema de audio, es fundamental lograr una coherente equivalencia de niveles, tanto para valores de pico como de RMS. Por esto se iguala el *Nivel de Recorte* de la etapa analógica con el 0 dBFS de la digital; como esto corresponde a niveles de pico, el valor de RMS de la señal estará alejado del valor máximo igual al Headroom del dominio analógico.

El establecer niveles de referencia de RMS para la señal digital se transformó en un objetivo fundamental para cierto medios de distribución de audio como las transmisiones radiofónicas, de TV y la industria cinematográfica. No ocurrió lo mismo en los medios de distribución para uso doméstico como el CD de Audio o el DVD, los cuales tienen niveles tan diferentes que el usuario habitualmente tiene que hacer ajustes muy drásticos en el sistema de reproducción. Desde finales del siglo XX y principios del siglo XXI, la tendencia a lograr niveles de RMS cada vez más altos tuvo consecuencias desastrosas en la calidad de audio digital: teniendo la posibilidad de tener hasta 96 dB de relación señal - ruido, muchas producciones tienen apenas unos pocos dB de rango dinámico y valores de RMS tan altos como -9 dBFS, con la consecuente reducción del Headroom disponible lo que redundo en un volumen tan exageradamente alto que la señal se distorsiona por “apretarse” en un rango muy acotado en el final de la escala, etapa conocida como la *Guerra del*

*Volumen*, la cual no es otra cosa que una estrategia de competencia entre artistas y discográficas con la errónea creencia que “cuanto más fuerte suena mejor”. A nivel comercial, el álbum *Death Magnetic* del grupo Metallica es considerado la última víctima de la guerra, con un rango dinámico de apenas 3dB (!) y un valor de RMS tan alto como -3.83 dBFS en el track 4.. En la Figura 13 reproducimos los datos de Rango Dinámico (DR) Valores de Pico (Peak) y RMS de los 10 tracks del CD. (Dynamic Range Database, 2014).

DR	Peak	RMS
DR4	over	-5.42 dB 01
DR4	over	-5.24 dB 02
DR3	over	-4.22 dB 03
DR2	over	-3.83 dB 04
DR3	over	-4.02 dB 05
DR3	over	-3.95 dB 06
DR4	over	-6.27 dB 07
DR3	over	-3.86 dB 08
DR4	over	-5.07 dB 09
DR3	over	-3.63 dB 10

Number of files: 10  
Official DR value: DR3

**Figura 13.** Análisis del CD *Death Magnetic*

### En busca de valores de RMS unificados

Ya en el año 2000, la European Broadcasting Union (EBU) publicó las recomendaciones R68-2000 al considerar que “es deseable recomendar un nivel de codificación de señal de forma que puedan ser fácilmente intercambiables entre diferente equipamiento” (EBU, 2000)

En esta publicación la EBU recomienda que

“en equipos de audio digital, sus miembros deberían usar un nivel de codificación para señales de audio digital que correspondan a un nivel de calibración de 18 dB debajo del máximo nivel de codificación posible del sistema digital, independientemente del número total de bits disponibles.” (op. cit.)

Recomienda que la alineación de niveles se realice con una señal senoidal de

ajuste de 1 kHz y 0 dBu0s<sup>3</sup>, a la que se le debe hacer corresponder, entonces, el valor de - 18 dBFS.

Este valor de RMS provee un nivel de referencia para calibrar el sistema de audio con un Headroom suficientemente amplio en beneficio de un mayor *Rango Dinámico* y de la integridad de la señal.

### **Evaluación de la dinámica**

En el proceso de masterización de audio, el control y optimización de niveles y rangos dinámicos de la señal es una tarea fundamental en la que se involucran tanto procedimientos operativos y herramientas específicamente diseñadas a tal fin como también cuestiones de género musical, tendencia de la época histórica de la producción, gustos, etc. Es decir, se ponen en juego y se relacionan aspectos objetivos y subjetivos. De los primeros, dos de ellos son medibles directamente mediante un instrumento: el VUmetro que permite medir el valor de RMS de tensión de la señal referido al valor nominal (el 0 VU) y el medidor de valores de pico (PPM<sup>4</sup>) para medir la amplitud instantánea. El PPM permite controlar que la señal nunca sobrepase el Nivel de Recorte pero no dice nada acerca de la sonoridad de la misma. Pero tampoco es útil el VUmetro para evaluar la sonoridad de una señal: si bien el oído es sensible al valor de RMS y no a los valores instantáneos de amplitud, la balística del instrumento con una integración de tiempo de 300 ms resulta demasiado rápida en su recuperación comparado con el factor de integración del oído que se encuentra alrededor de los 600 ms; además, su respuesta en frecuencia no incorpora ninguna curva de ponderación, así, sonidos con mayor carga de graves provocarán mayores movimientos de la aguja sin que por esto implique que el oído perciba necesariamente un aumento notable de la sonoridad. En consecuencia, ambos instrumentos resultan útiles para evaluar la integridad de la señal para asegurar que la misma no presente distorsiones ni recortes, es

---

<sup>3</sup> El término dBu0 se utiliza para describir el voltaje de r.m.s. (SIC) de una señal, que se produce en un punto que no es necesariamente un punto de nivel relativo cero, como si estuviera ocurriendo en un punto de nivel relativo cero. Se propuso que el sufijo "s" sea agregado al término dBu0 cuando este se refiera a transmisión de programa de sonido. (ITU-R BS.645-2)

<sup>4</sup> Peak Programme Meter

decir, evaluar la correcta respuesta del sistema pero no están relacionados con la forma en que la dinámica será percibida.

Habida cuenta que la sonoridad es un parámetro subjetivo, los conocimientos en psicoacústica permitieron desarrollar instrumentos de medición que ofrezcan una lectura más certera del nivel de la señal en relación a su sonoridad y al mismo tiempo indiquen los valores de pico en el mismo medidor. Con éstos instrumentos y al oído (como principal medio de evaluación) es posible saber si una señal tiene un nivel adecuado o debe ser ajustado y si es necesario aplicar algún procedimiento de control de picos para evitar recortes o saturaciones. En la Figura 14 se muestra el Dorrough 40-AES que integra medición de valores de RMS con una balística más adecuada y medidor PPM en el mismo instrumento. Puede observarse en la figura que el nivel de referencia está ajustado a -20 dBFS (20 dB de Headroom) pero también se ofrecen modelos con 14 dB de Headroom y 18 dB de Headroom



**Figura 14.** Dorrough 40-AES Loudness Monitor

Cada nivel de referencia (-14 dBFS, -18 dBFS y -20 dBFS) es utilizado para masterizar audio con diferentes requerimientos de sonoridad y rango dinámico: para músicas con sonoridad mayor y menor rango dinámico (como el Rock o el Pop) el nivel de -14 dBFS es el más adecuado, mientras que -18 dBFS es utilizado para el Jazz o el Tango, -20 dBFS se recomienda para músicas que requieran un mayor rango dinámico y tener un Headroom más amplio de forma de preservar los transitorios de ataque lo más definidos posible (como en la música sinfónica)

Claro que la sonoridad efectiva dependerá de los monitores de audio utilizados, y por esto se deberá calibrar el sistema de monitoreo para entregar un adecuado Nivel de Presión Sonora en la posición de escucha. Generalmente se utiliza para esto ruido rosa con RMS igual al nivel de referencia elegido y

ajustar la salida para producir 85 dB de presión sonora medido mediante un sonómetro con respuesta lenta y curva de ponderación C.

### **Procesamiento dinámico**

Resumiendo, la necesidad de aplicar procesamiento dinámico a una señal de audio en el proceso de masterización obedece a los siguientes objetivos técnicos básicos:

- 1.- Controlar los valores de pico de la señal asegurando que nunca se supere el nivel de recorte.
- 2.- Alcanzar un valor de RMS promedio general acorde a la producción musical y un equilibrio del nivel del mismo entre los tracks que la componen de forma de evitar tener que ajustar el nivel de escucha entre uno y otro.
- 3.- Controlar el rango dinámico acorde al tipo de producción. Si es demasiado amplio, los pasajes más suaves podrían resultar inaudibles en condiciones normales de escucha o por el contrario, podría ser necesario ampliarlo si en la mezcla se aplicó excesivo procesamiento dinámico.

Si bien estas siempre han sido las metas en el proceso de masterización de audio digital desde la aparición del CD-Audio a principios de los años 80 las técnicas, procedimientos y dispositivos utilizados a tal fin han ido cambiando respondiendo, como dijimos, muchas veces a tendencias de época y gustos personales.

Normalizar el valor de pico de la señal a un nivel determinado parecería, a primera vista, ser el procedimiento más adecuado para alcanzar el primer objetivo, pero esto ha demostrado no sólo ser insuficiente sino también inadecuado por varias razones: si el valor de normalizado es muy alto (típicamente 0 dBFS) se introducirán recortes igualmente en la señal ya que en su reconstrucción aparecerán valores de tensión entre las muestras que pueden llegar a superar en varios decibeles el máximo admisible (típicamente, el valor de pico máximo no debería ser mayor a -1 dBFS ó -2 dBFS pero algunas producciones actuales lo ubican aún más bajo en -3 dBFS), además, como el valor de pico no tiene ninguna consecuencia audible en la percepción

de la sonoridad, el valor de RMS no se verá notablemente afectado y lo único que se conseguirá es aumentar el Factor de Cresta, a veces empeorando la relación entre pico y media, con la consecuente distorsión de los transitorios de ataque. Algunos programas permiten la Normalización por RMS pero éste procedimiento tampoco es la solución más adecuada: no se sabe a ciencia cierta cómo opera el algoritmo que controla los niveles de pico para evitar recortes en la señal. Como vemos, no hay soluciones automáticas.

El segundo objetivo podría ser alcanzado aumentando la ganancia pero esto obviamente provocará que algunos (o muchos) picos sobrepasen el nivel de recorte. Aquí es necesario recordar que una señal que ha sido recortada por saturación no puede ser reconstruida posteriormente y que como efecto colateral tendremos la aparición de armónicos impares inexistentes en la señal original producto de que la misma adquirirá la apariencia de una onda cuadrada (en este tipo de ondas, el valor de RMS coincide con el valor de pico y el resultado para el sistema de audio puede ser catastrófico).

Antes de la aparición de herramientas más sofisticadas, el procedimiento más utilizado fue aplicar un Limitador para llevar la mayor cantidad posible de valores de pico a un nivel adecuado y luego recortar manualmente los que excedían ese nivel para posteriormente aumentar la ganancia en unos decibeles para elevar el valor de RMS; como este aumento era casi ínfimo, el procedimiento debía ser repetido varias veces y resultaba (como es de prever) muy tedioso. Estamos en la época de mediados de los años '90.

Sobre fines de la década aparecieron Limitadores predictivos que permiten establecer un techo para el valor de pico y un control de umbral para elevar el valor de RMS. Esta parecía ser la solución definitiva pero tuvo consecuencias muy negativas: si el umbral se ubica demasiado bajo, el aumento del valor de RMS es enorme, aplastándose la señal en unos pocos decibeles en el fondo de escala: el sonido resultante tiene un gran nivel de sonoridad pero también muy apretado y agresivo; pero la tendencia en ese momento era sonar realmente fuerte (a costa de la pérdida de calidad e integridad de la señal, lo cual no parecía ser preocupante), esta etapa fue la predominante hasta hace pocos años y se conoce como la *Guerra del Volumen* que llevó a resultados

realmente desastrosos cuyo máximo exponente es quizás el caso que ya referimos del CD *Death Magnetic* del grupo Metallica. Lamentablemente, también fueron víctimas de esta “guerra” muchas extraordinarias grabaciones analógicas de los años ‘60 y ‘70 al ser re-masterizadas para CD y que resultaron ciertamente muy arruinadas en la migración.

No podemos decir en forma tajante que actualmente la “guerra del volumen” haya terminado, pero los cambios paradigmáticos en la forma en que la música grabada es difundida y escuchada en la actualidad marca alguna tendencia en ese sentido: la radiofonía (principalmente) y la aparición de tiendas virtuales como iTunes o sistemas de streaming como Spotify están marcando una tendencia a equilibrar la sonoridad del contenido, lo cual se realiza en algunos casos con la aplicación de procedimientos de normalización por sonoridad, en consecuencia, quienes más pierden son justamente las grabaciones con RMS inusualmente altos y picos extremadamente recortados ya que (al contrario de lo esperado) sonarán con muy bajo nivel y totalmente distorsionadas.

Las recomendaciones ITU-R BS.1770-2 y EBU R 128 (en Europa) marcan tendencia para un cambio paradigmático y se establecen cada vez más como referencias ineludibles a observar en la masterización de audio digital.

### **Procesadores dinámicos en la etapa de masterización**

Compresores, Limitadores y Expansores son las tres herramientas principales destinadas al procesamiento dinámico de audio en la etapa de masterización. Pero si bien también son herramientas utilizadas en la etapa de mezcla, para la masterización es necesario que tales procesadores sean mucho más precisos y transparentes, habida cuenta que se trabaja sobre el resultado total y no sobre cada una de las partes (o pistas individuales), aún cuando se traten de programas y no de aparatos reales. Nos enfocaremos aquí en su principio de funcionamiento acorde a las necesidades en la etapa de masterización.

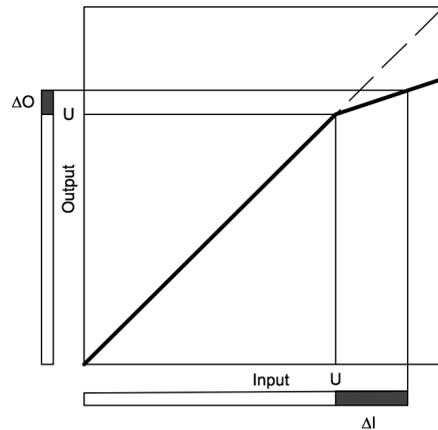
### **Compresores**

Todo compresor obedece a un principio de funcionamiento el cual tiene por objetivo común la reducción del rango dinámico de la señal. Esto puede ser realizado de dos formas, dando lugar a dos tipos de compresiones diferentes:

la *descendente* que consiste en la reducción del nivel de la misma cuando la señal supera un nivel establecido llamado *Umbral* (Threshold) y la *ascendente* que opera en forma inversa, aumentando el nivel de la señal cuando éste se encuentre por debajo del *Umbral*.

La *Relación de Compresión* es el parámetro que permite controlar el monto de reducción aplicado en el procesamiento.

**Figura 15.** Curva de transferencia de un compresor descendente



Como vemos en la figura 15, si a la entrada la señal supera en " $\Delta I$  dB" el valor del *Umbral*, a la salida el nivel se incrementará en " $\Delta O$  dB". La *Relación de Compresión* resulta del cociente entre  $\Delta I$  y  $\Delta O$  expresado en el formato X:1, lo que indica que por cada X dB de traspaso del *Umbral* a la entrada, a la salida el incremento será de 1 dB. Por ejemplo, en la figura 4,  $\Delta I/\Delta O=3$ , luego, la Relación de Compresión es 3:1.

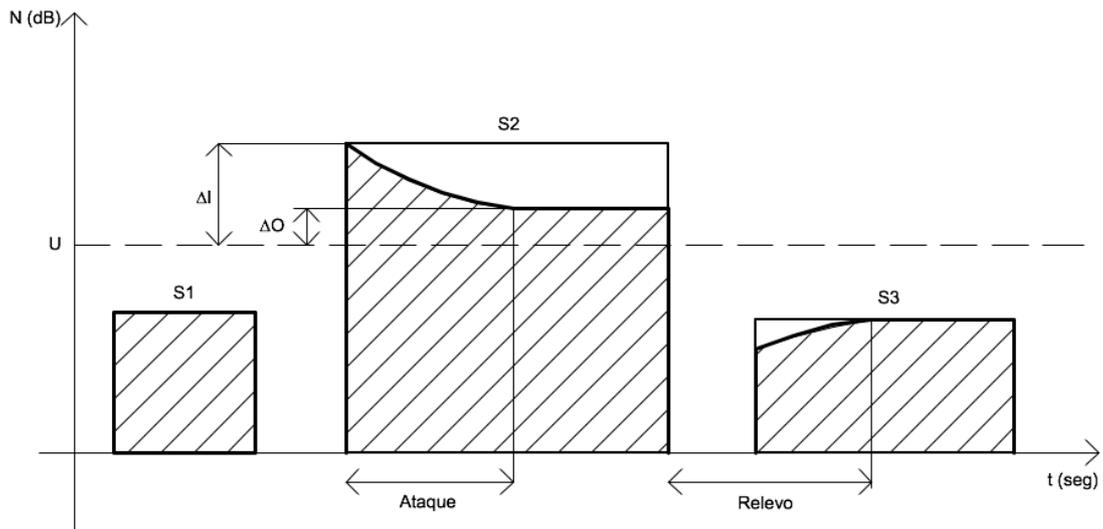
Los otros parámetros fundamentales del compresor descendente son:

Ataque: tiempo que tarda el compresor en reaccionar una vez superado el umbral

Relevo: tiempo que tarda el compresor en dejar de procesar la señal cuando el nivel de la misma cae por debajo del umbral

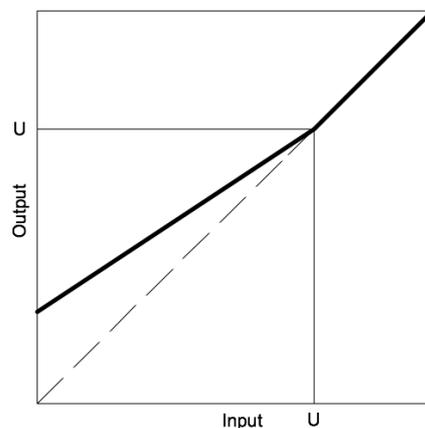
**Figura 16.** Interacción de los parámetros de un compresor descendente

En la figura 16 se representan tres señales de audio S1, S2 y S3 con perfil dinámico rectangular y procesadas por un compresor descendente con umbral



U y relación de compresión ( $\Delta I/\Delta O$ ):1 Como el nivel de S1 no supera el umbral, esta señal no es alterada. El nivel de S2 supera el umbral en  $\Delta I$  y por lo tanto resultará comprimida obteniéndose a la salida un nivel final  $\Delta O$  que es alcanzado luego de transcurrido el tiempo especificado para el *Ataque*. Cuando el nivel de la señal pasa por debajo del umbral empieza la etapa de recuperación del compresor a su estado inicial (previo a la compresión) lo que se producirá luego de transcurrido el *Tiempo de Relevo*. Como S3 aparece antes de transcurrido este tiempo, a pesar de ser su nivel inferior a U, igualmente resulta comprimida en el ataque pues el compresor todavía está en la etapa de recuperación. como resultado de la interacción de los parámetros del procesador, S2 y S3 ven alterados sus transitorios de ataque.

La compresión ascendente es más actual y se realiza exclusivamente mediante programas (o plugins) informáticos. En la siguiente figura se muestra la curva de transferencia de un compresor ascendente



**Figura 17.** Curva de transferencia de un compresor ascendente

Existe una gran confusión acerca de la forma en que se expresa la *Relación de Compresión*. En algunos textos aparece expresada como una relación menor a “1” (0,5:1, por ejemplo) pero esta relación también se utiliza para la expansión ascendente. Así, encontramos que en programas como el RComp de Waves esta relación expresa expansión, mientras en el módulo de dinámica del Izotope Ozono 5 indica compresión ascendente si se aplica en el compresor o en la compuerta, mientras que si se aplica en la sección de limitador indica expansión ascendente<sup>5</sup>. En otros, como el MaxxVolume de Waves, los controles para la compresión ascendente son el umbral y un control de ganancia que está relacionada con la relación de compresión. No hay controles de Ataque y Relevo. En la siguiente figura se presenta la sección de compresión ascendente del MaxxVolume



**Figura 18.** Compresión ascendente en el MaxxVolume de Waves

El compresor es una herramienta muy útil para controlar el rango dinámico de la señal pero resulta muy ineficaz a la hora de controlar el Factor de Cresta: para esto, deberían utilizarse valores altos de relación de compresión. bajos de umbral y tiempo de ataque muy rápido, lo cual daría como resultado un sonido

---

<sup>5</sup> ver [http://help.izotope.com/docs/ozono/index.html?page=pages%2Fmodules\\_multiband\\_dynamics.htm](http://help.izotope.com/docs/ozono/index.html?page=pages%2Fmodules_multiband_dynamics.htm)

muy apretado, reducción de las acentuaciones rítmicas y una deformación de los transitorios de ataque. Es necesario remarcar, además que la compresión dinámica tiene efectos secundarios sobre el equilibrio frecuencial de la señal de audio. Por esto, desde hace unos años se popularizó el uso de compresores multibandas diseñados para controlar el rango dinámico en forma diferenciada para distintos rangos de frecuencia. Tampoco son eficaces para controlar el Factor de Cresta.

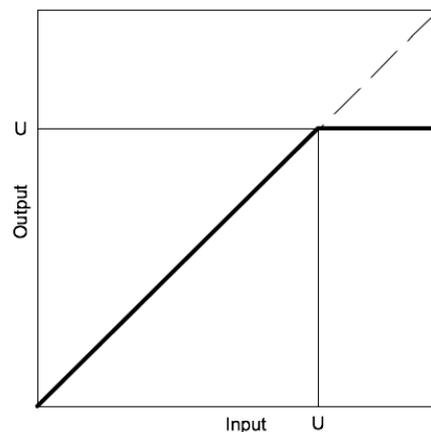
### **Expansores**

El uso de expansores en la masterización de audio no es tan extensivo como el de su opuesto: el compresor. Esencialmente realizan el procedimiento contrario, aumentando el rango dinámico por encima del umbral en el caso de la expansión ascendente y por debajo de dicho nivel en la descendente. Es muy importante tener en cuenta que la expansión ascendente debe ser utilizada (cuando sea necesario) con mucho cuidado ya que fácilmente los picos de la señal pueden sobrepasar el Nivel de Recorte.

### **Limitadores**

Su principio de funcionamiento es similar al de un compresor con relación infinito:1, esto es, independientemente de cuanto sea el monto de sobrepaso del nivel de la señal por sobre el umbral, a la salida no se producirá incremento alguno por sobre éste último como puede observarse en la figura siguiente.

**Figura 19.** Curva de transferencia de un Limitador



A pesar de la apariencia agresiva de este procesador, resulta el más transparente si lo que se necesita es controlar el Factor de Cresta con el fin de mantener los valores de pico debajo del nivel de recorte y aumentar el nivel de RMS cuando sea necesario.

Hemos expuesto el principio de funcionamiento y los parámetros principales de los procesadores dinámicos utilizados en el proceso de masterización de audio, pero rara vez se utiliza uno u otro en forma aislada, generalmente se los debe utilizar en forma combinada y en el orden que mejor resulten para alcanzar el objetivo deseado.

## **Algunas técnicas y aplicaciones.**

### **Manipulación manual**

En “La Masterización de audio: el arte y la ciencia”, Bob Katz expresa que

“El arte de manipular las dinámicas puede ser dividido en Microdinámicas y Macrodinámicas. Llamo a la expresión rítmica de la música su integridad o energía, las microdinámicas de la música. Llamo macrodinámicas a las diferencias de sonoridad entre las secciones de una canción o ciclo de canción” (Katz, 2002)

En las microdinámicas quedan englobados, entonces, los ataques de sonidos individuales o articulados en agrupamientos rítmicos ornamentales (por ejemplo) mientras que las macrodinámicas se refieren a la evolución de la misma entre unidades formales de mayor orden (frases, períodos, secciones), sea por saltos entre diferentes niveles dinámicos fijos o por cambio continuo (*crescendos* y *diminuendos*).

Una primera técnica para el procesamiento dinámico es la manipulación manual del rango dinámico aumentando la ganancia de una sección que ha quedado demasiado suave en una suerte de “compresión manual ascendente” o, disminuyéndola si ha quedado demasiado elevada, especie de “compresión manual descendente”. también son aplicables cambios manuales graduales para remarcar *crescendos* o *diminuendos*, Según Katz, estos procedimientos son los más adecuados para la manipulación de las macrodinámicas.

El uso de compresores, limitadores o expansores es más adecuado para la

manipulación de las microdinámicas

### **Uso combinado de compresor y limitador**

Siempre es recomendable en el dominio digital aplicar el menor procesamiento posible para evitar introducir errores típicos de este dominio, como errores de cuantización. Por esto es fundamental hacer un buen diagnóstico de la dinámica de la señal y elegir el o los procesadores más adecuado y aplicarlos una sola vez.

Supongamos que necesitamos controlar el rango dinámico de una señal, elevar su valor de RMS pero encontramos que los picos ya están demasiado cerca del nivel de recorte, lo más habitual será aplicar un compresor descendente y un limitador conectados en serie con sus parámetros cuidadosamente configurados. El riesgo constante es “sobrecoprimir” la señal, lo cual es casi irreparable. Hemos encontrado que ubicando el umbral del compresor en el nivel de RMS que pretendemos obtener (como dice Daniel Schachter en su artículo *Masterización Digital de Audio y Restauración de archivos sobre soporte Analógico*, que forma parte del presente informe final) luego de la compresión, configurando la relación de compresión a valores muy bajos para un procesamiento suave (típicamente 1,5:1 o hasta 2:1) de forma que la atenuación no sea mayor a unos 3 dB, el ataque lento para dejar pasar lo más inalterado posible los transitorios de ataque y el relevo en valores promedio entre separación de ataques (también se puede usar relevo automático si está disponible esta función) para luego limitar la señal con un valor de umbral que deje un margen de varios decibeles entre los valores de pico y de recorte (digamos unos 6 dB de margen). Entonces podremos aumentar el nivel de salida para ajustar el nivel de RMS final. Este proceso debe ser siempre controlado mediante el uso de medidores precisos y por esto los *Dorrough 40* son tan preciados al incorporar medidor de sonoridad y PPM en el mismo dispositivo.

### **Compresión paralela.**

Esta técnica es bastante reciente y se ha puesto de moda en la masterización. Esencialmente consiste en un compresor ascendente cuyo resultado se suma

a la señal sin procesar. Con esto, se busca controlar el rango dinámico subiendo los pasajes suaves con la compresión ascendente pero con ataque rápido de forma de afectar todo el sonido y retener los transitorios de ataque de la señal original al sumarla a la procesada. Es sumamente importante recordar que cada proceso digital introduce un retardo a la señal y, por mínimo que sea, al sumarse la señal procesada con la original, habrá un desplazamiento temporal entre ambas que se traducirá en corrimientos de fase: siempre será necesario medir este desplazamiento y aplicar un retardo a la señal sin procesar para compensarlo.

El objetivo de esta técnica no es elevar el valor de RMS sino conseguir un mayor equilibrio dinámico de la señal y un mejor ensamble entre los sonidos que la integran, al tiempo de retener el impacto de la original.

### **Compresión MS**

Más reciente todavía, la aplicación de la técnica de codificación y decodificación MS<sup>6</sup> (Mid Side) en el proceso de masterización es otra de las tendencias más utilizadas en la actualidad. Esta técnica que originalmente se utilizaba en la ecualización de las frecuencias de la señal, luego se trasladó al campo del procesamiento dinámico y es por esto que hoy encontramos procesadores que la incluyen y sus algoritmos de trabajo.

Muy sintéticamente, la señal estéreo original se descompone en dos señales: una que elimina cualquier señal en contratafase entre los canales y otra donde solo éstas están presentes. A la primera se la llama M y resulta de sumar los canales izquierdo y derecho ( $M=L+R$ ) mientras la otra (S) resulta de la resta de los mismos ( $S=L-R$ ). El signo menos indica que la señal R debe ser invertida en fase antes de sumarla al L.

Luego, podremos aplicar procesamiento dinámico a la señal M (consistente en lo que es igual entre los canales L y R) diferenciado del procesamiento aplicado a la señal S (lo que es distinto). Como las señales en fase están ubicadas al

---

<sup>6</sup> Derivada de la técnica de microfoneo estéreo coincidente MS donde una señal acústica es captada por un micrófono de patrón polar cardioide (M) orientado a la fuente mientras otro bidireccional (S) se ubica perpendicular al primero para captar los sonidos laterales. el estéreo se construye sumando ambas señales para el canal izquierdo ( $L=M+S$ ) mientras el derecho consiste en la resta de ambas ( $R=M-S$ ).

centro del estéreo mientras que cualquier otra ubicada hacia un lado presenta un cierto corrimiento de fase, con esta técnica podemos controlar la dinámica del centro del estéreo en forma diferente a los lados.

## **Conclusiones**

Las prácticas de ecualización y procesamiento dinámico en el proceso de masterización son procedimientos con objetivos técnicos específicos para el control y optimización de la señal de audio pero son fuertemente influenciados por tendencias y gustos de la época de la producción.

Ante la diversidad de medios de reproducción actuales, es necesario encontrar criterios más unificados en ambos campos sin perder la identidad estética de cada género musical en particular y sonoro en general.

En la época del disco de vinilo, una producción podía sonar mejor o peor que otra pero las “limitaciones” impuestas por las características físicas del soporte y por la metodología de impresión obligaban a un control espectral y dinámico más estandarizado. Esto se perdió con el surgimiento del CD de Audio: el dominio digital presentó un cambio paradigmático en la forma de producir música grabada que en principio parecía ofrecer una mayor libertad pero que a la larga se tradujo en una sola tendencia: obtener el máximo nivel de señal posible a expensas incluso de la calidad sonora del material registrado.

Dado que para los medios audiovisuales y para la radiofonía existen organismos internacionales que emiten periódicamente recomendaciones acerca del control de la dinámica general de la señal y de los sistemas de medición con foco en la sonoridad final del programa, las producciones musicales se ven progresivamente obligadas a adaptarse a estos “estándares”.

## **Bibliografía**

Bohn, Dennis. (1990 revisado 8/97). *Operator Adjustable Equalizers: An Overview*. Rane Corporation (RaneNote 122). Recuperado el 20 de Diciembre de 2014 desde: <http://www.rane.com/note122.html>

Bohn, Dennis. (2005). *Linkwitz-Riley Crossovers: A Primer*. Rane Corporation  
Data, Gabriel (2003). *Curso de Ingeniería de Sonido técnicas, arte y secretos*

*de la mezcla profesional - Nivel 3*. Rosario, Argentina. Ediciones CETeAr.

EBU-R. (2000). Technical Recommendation R68-2000. Alignment level in digital audio production equipment and in digital audio recorders. European Broadcasting Union

*Equal loudness contour*. Recuperado el 20 de Diciembre de 2014, desde Lindos Electronics: <http://www.lindos.co.uk/cgi-bin/FlexiData.cgi?SOURCE=Articles&VIEW=full&id=17>

Gibson, D. (2005). *The Art of Mixing: A Visual Guide to Recording, Engineering, and Production. Second edition*. Boston, USA. Thomson Course Technology PTR

ITU-R (1992). Rec. ITU-R BS.645-2. Test signals and metering to be used on international sound programme connections . International Telecommunications Union

ITU-R (2006). Rec. UIT-R BS.1770. Algoritmos para medir la sonoridad de los programas radiofónicos y el nivel de cresta de audio real. International Telecommunications Union

Izhaki, R. (2008). *Mixing audio. Concepts, practices and tools*. Oxford, UK. Elsevier

Katz, B. (2007). *Mastering audio. The art and the science*. Second edition. Focal Press.

Katz, B (2007) How to make better recordings in the 21st century - An integrated approach to metering, monitoring, and levelling practices. Updated from the article published in the September 2000. Issue of the AES Journal. Disponible en <http://www.digido.com/how-to-make-better-recordings-part-2.html>

Music Loudness Alliance (2012) Loudness Normalization: The Future of File-Based Playback. Recuperado el 11 de Diciembre de 2014 desde: [www.music-loudness.com](http://www.music-loudness.com)

Owsinski, B (2008). *The Mastering Engineer's Handbook, Second Edition: The Audio Mastering Handbook*. Boston, USA. Thomson Course Technology PTR. RaneNote 160. Recuperado el 28 de Diciembre de 2014 desde: <http://www.rane.com/note160.html>

San Martin, J. *Filtros y Ecualizadores*. Mezcla y Masterización II – Secretaría de Extensión – Facultad de Bellas Artes UNLP. Recuperado el 18 de Diciembre de 2014 desde Astor Mastering: [http://www.astormastering.com.ar/Clase\\_3\\_Filtros\\_y\\_Ecualizadores.pdf](http://www.astormastering.com.ar/Clase_3_Filtros_y_Ecualizadores.pdf)

San Martin, J. *Filtros: Distorsión de fase*. Mezcla y Masterización II – Secretaría de Extensión – Facultad de Bellas Artes UNLP. Recuperado el 18 de Diciembre de 2014 desde Astor Mastering: [http://www.astormastering.com.ar/Clase\\_4\\_Filtros\\_Distorsion\\_de\\_fase.pdf](http://www.astormastering.com.ar/Clase_4_Filtros_Distorsion_de_fase.pdf)