



HAL
open science

Propuesta de compensación sonora a la variación de amplitud en el contexto de la producción musical

Víctor Espinoza, Alejandro Osses, Sergio Floody

► **To cite this version:**

Víctor Espinoza, Alejandro Osses, Sergio Floody. Propuesta de compensación sonora a la variación de amplitud en el contexto de la producción musical. INGEACUS, Nov 2011, Valdivia, Chile. hal-03871027

HAL Id: hal-03871027

<https://hal.science/hal-03871027>

Submitted on 25 Nov 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Propuesta de compensación sonora a la variación de amplitud en el contexto de la producción musical

V. Espinoza^a, A. Osses^b, S. Floody^c

^a Licenciatura en Artes con mención en Sonido, Departamento de Música y Sonología, Facultad de Artes, Universidad de Chile, Compañía 1264, Santiago, Chile, vespinozac@gmail.com

^b Laboratorio de Acústica, Sociedad Acustical S.A., Villaseca 21, Santiago, Chile. aosses@acustical.cl

^c Licenciatura en Artes con mención en Sonido, Departamento de Música y Sonología, Facultad de Artes, Universidad de Chile, Compañía 1264, Santiago, Chile, eddiefloody@yahoo.com

Resumen

Este trabajo explica una aplicación en el área de procesamiento de audio. Se basa en las características de la audición humana relativas a la sonoridad, en particular las curvas isofónicas normadas en ISO 226:2003, y los filtros ecualizadores bicuadráticos en su versión digital. La implementación consiste en compensar el cambio de sonoridad al variar el nivel de la señal de un espectro constante. La principal aplicación de este desarrollo se encuentra en la etapa de masterización de audio en el proceso conocido como fade out. El producto de esta propuesta será la presentación de un plug-in VST utilizando el SDK provisto por Steinberg Media Technologies.

Conceptos Claves: Plugin, sonoridad, mastering

1. Introducción

Dentro de la producción musical y audiovisual el ingeniero de sonido se enfrenta a diversas problemáticas a resolver con las herramientas tecnológicas disponibles. Históricamente el

procesamiento de audio posee un lenguaje descrito por variables físicas como amplitud o nivel, frecuencia, fase, entre otras. En este contexto el ingeniero interviene el sonido modificando las características físicas de la señal de audio, por ejemplo, cambia la amplitud de la señal o el tiempo de reverberación. Sin embargo, la modificación está intencionada hacia la percepción del sonido. Por tanto, la percepción de amplitud del sonido no es solamente relativa a la cantidad de nivel que tenga una señal; en este caso, esta percepción se refiere al nivel de sonoridad.

La psicoacústica evidencia algunas de estas cualidades en condiciones idealizadas que permiten determinar ciertos comportamientos básicos de la audición. En estas condiciones, el nivel de sonoridad se explica en términos de igual sensación sonora y son graficados en las curvas isofónicas (ver Figura 2.2.1) las cuales dependen de la frecuencia y nivel de la señal. En este trabajo se explica un desarrollo que permita compensar las pérdidas diferenciales de nivel de sonoridad al modificar el nivel de una señal de audio.

2. Descripción y Fundamentos

Esta propuesta consiste en el diseño de un ecualizador tipo shelving que permita compensar el nivel de sonoridad en base a las diferencias de nivel de las curvas isofónicas al momento de disminuir la ganancia de una señal de audio, como ocurre al final de una mezcla (fade out). La percepción general de un fade out común es la pérdida de nivel progresiva en bajas frecuencias comparada con las frecuencias medias. En base a la presentación de los fundamentos teóricos, análisis e implementación presente en las siguientes secciones, se propone un desarrollo que minimice la problemática antes mencionada.

2.1. Ecualizador bicuadrático

El ecualizador bicuadrático proviene de la teoría de filtros análogos de 2º orden, que en particular son inspirados en el diseño análogo desarrollado por Baxandall [Ballou (1988)]; ampliamente utilizado en consolas mezcladoras de audio. Un ejemplo de estos filtros se presenta en la Ecuación 1, para un ecualizador tipo shelving de baja frecuencia [Bristow (2011)],

$$H(s) = A \frac{s^2 + s \frac{\sqrt{A}}{Q} + A}{\left(As^2 + s \frac{\sqrt{A}}{Q} + 1 \right)} \quad (2.1.1)$$

donde $s=j\omega/\omega_c$ es la frecuencia compleja normalizada en estado estacionario, A el factor asociado a la ganancia y Q el factor de calidad. Un detalle se advierte al lector respecto a la

definición de frecuencia de corte ω_c . En esta topología se define la frecuencia de corte a “media ganancia” en dB, el cual es diferente del usual valor -3.01 dB (media potencia).

En la figura 2.1.1 y figura 2.1.2 se muestran curvas determinadas con la Ecuación 2.1.1.

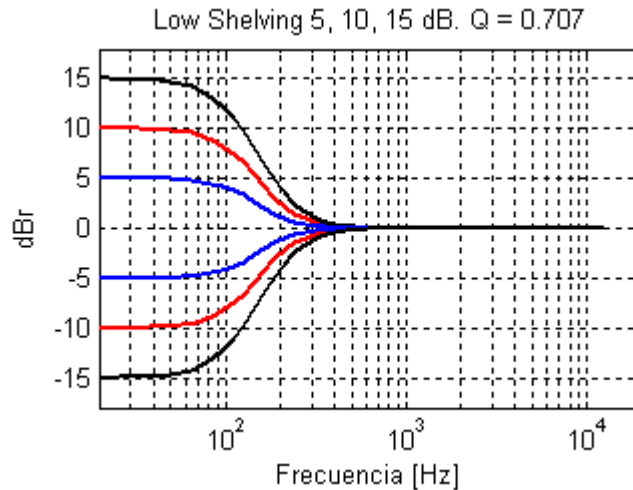


Figura 2.1.1: Ecualizador de Bajos Shelving con diferentes ganancias.

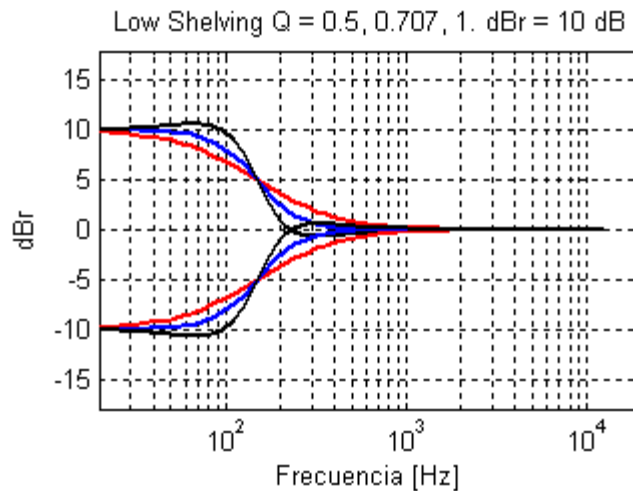


Figura 2.1.2: Ecualizador de Bajos Shelving con diferentes Q.

2.2. Curvas Isofónicas

Las curvas isofónicas son contornos de igual sensación sonora para tonos puros. Recientemente han sido revisadas y publicadas en la Norma ISO 226:2003. Esta normativa viene a corregir errores en las curvas anteriormente publicadas de hasta 14 dB [Suzuki y Takeshima (2004)]. Estas curvas son dependientes de la frecuencia y nivel de la señal y están definidas desde 20 a 12.5 kHz. La unidad de medida de igual percepción del sonido es el fonio, definido

como la sensación sonora comparada con los decibeles producidos por un tono de 1000 Hz, por tanto en 1 kHz, los dB NPS y fonios son numérica y perceptualmente iguales. La Figura 2.2.1 presenta las curvas isofónicas.

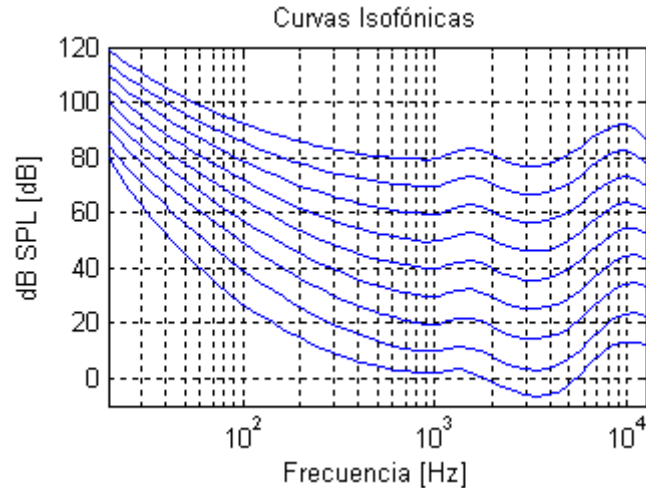


Figura 2.2.1: Curvas Isofónicas de 0 a 80 fonios

3. Análisis Psicoacústico

En esta sección se investiga la forma en que es modificada la sonoridad al disminuir el nivel de la señal, considerando las curvas isofónicas. Para esto se determinaron las diferencias en dB al restar cada curva isofónica con una de referencia normalizando todas las curvas resultantes a 0 dB en 1kHz. Para el caso presentado, se utilizará como referencia la curva de 70 fonios. Lo anterior se explica en la Ecuación (2.3.1),

$$dB_r \cong L_{REF} - L_D - L_{P(REF-D)} \quad (2.3.1)$$

donde:

L_{REF} : nivel de la curva isofónica de referencia [dB NPS]

L_D : nivel de la curva isofónica a diferenciar [dB NPS]

$L_{P(REF-D)}$: nivel de corrección para normalizar 0 dB a 1 kHz para todas las curvas

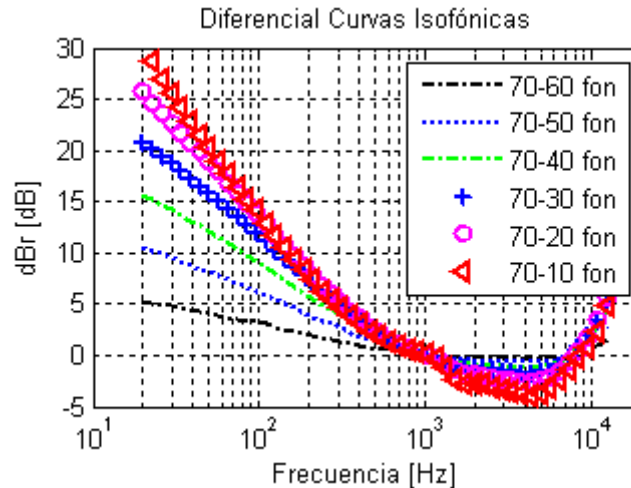


Figura 4: Diferencial Curvas Isofónicas con referencia a 70 fonios.

En la figura 4 se muestra la aplicación de la ecuación 2.3.1, donde L_{REF} = curva isofónica de 70 fonios, L_D = las curvas isofónicas de 60 a 10 fonios y los valores de corrección para normalizar $L_{P(REF-D)}$ = 10 a 60 dB respectivamente.

Se separa el análisis de la figura 4 por intervalos de frecuencia determinados por el cruce por 0 dB aproximadamente: el primer intervalo menor a 1 kHz, el segundo intervalo entre 1kHz y 7 kHz, y el tercer intervalo de 7 kHz a 12.5 kHz.

Para el primer intervalo se observa que por cada 10 fonios que disminuye la sonoridad de estas curvas, el valor inferior de sonoridad aumenta 5 dB aproximadamente para mantener la disminución de 10 fonios constante en 20 Hz; de igual forma en el segundo intervalo disminuye a un máximo aproximado de 4 dB para 5 kHz y en el tercer intervalo aumenta hasta un máximo de 5 dB en 12.5 kHz.

Otra observación es que la curva de 70-20 fonios y 70-10 fonios en el primer intervalo de la figura 4 son similares, lo cual sugiere que estas diferencias generan poco cambio en la sonoridad, por tanto 25 dB sería un límite en la compensación.

Por otra parte, en el primer intervalo el comportamiento de las curvas es claramente similar al de un ecualizador shelving de la subsección 2.1. Fundamentado en esto, se investiga si las diferencias entre curvas consecutivas de la figura 4 serán siempre iguales. En la figura 5 se observa que para diferencias entre 60-70 fonios y 00-10 fonios, las curvas son similares. En la sección 3 se utilizarán estos datos para proponer un ajuste en el ecualizador bicuadrático.

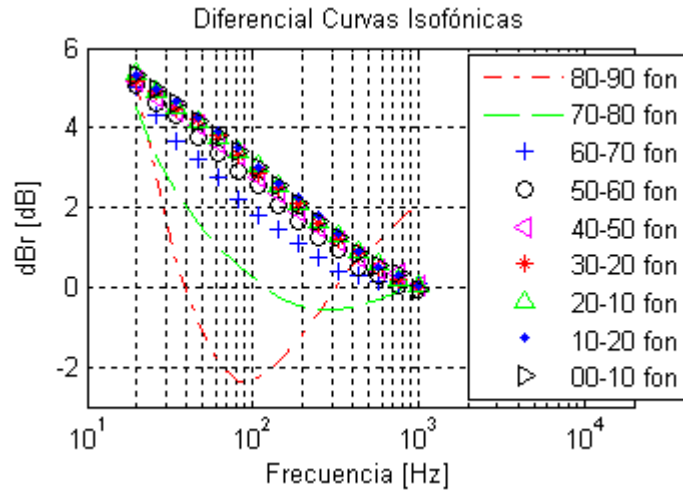


Figura 5 Diferencial Curvas isofónicas consecutivas

4. Diseño del filtro

El objetivo principal en el diseño del filtro es encontrar un ajuste adecuado para compensar la pérdida de nivel de sonoridad estimada en la sección 3. En este trabajo solo se implementará la compensación en el primer intervalo (frecuencias menores a 1 kHz). Para los otros intervalos de frecuencia el procedimiento es similar.

Para la realización del filtro ecualizador se promediarán las curvas entre 60-70 fonios y 00-10 fonios de la figura 5 realizando un ajuste manual de los parámetros del ecualizador como se grafica en la figura 6. Los valores de los parámetros se encuentran en la tabla 1.

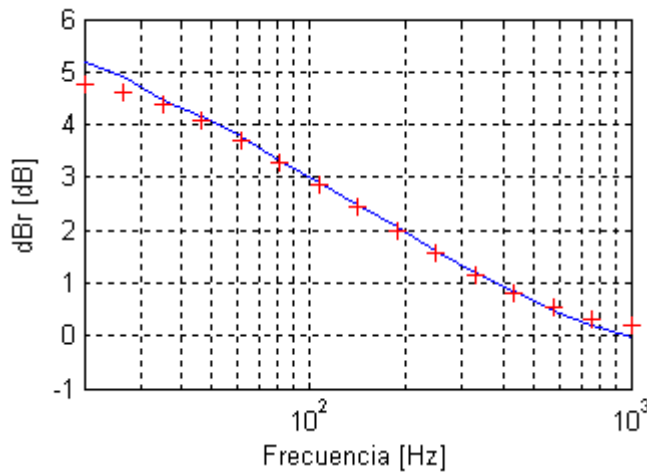


Figura 6. Gráfico comparativo promedio curvas (-) y ecualizador shelving (+).

Tabla 1. Aproximaciones de los parámetros del filtro

Rango	Eq	EqGain	f_{EQ} [Hz]	Q_{EQ}
< 1kHz	Shelv	$0.5 * \Delta dB$	135	0.39

Siguiendo el esquema de la figura 7, la actuación del filtro ecualizador ocurre cuando, por ejemplo, al bajar 10 dB, este sube 5 dB ($0.5 * 10$ dB) según los datos de la tabla 1.

Según los análisis realizados en la sección 3 el límite de ganancia del ecualizador será 25 dB a pesar que la ganancia del fader siga disminuyendo.

Los detalles de la realización digital del filtro ecualizador se encuentran en [Bristow (2011)] y [Orfanidis (1996)], los cuales fueron implementados inicialmente en un prototipo en Matlab y luego en un plugin VST [Steinberg (2006)].

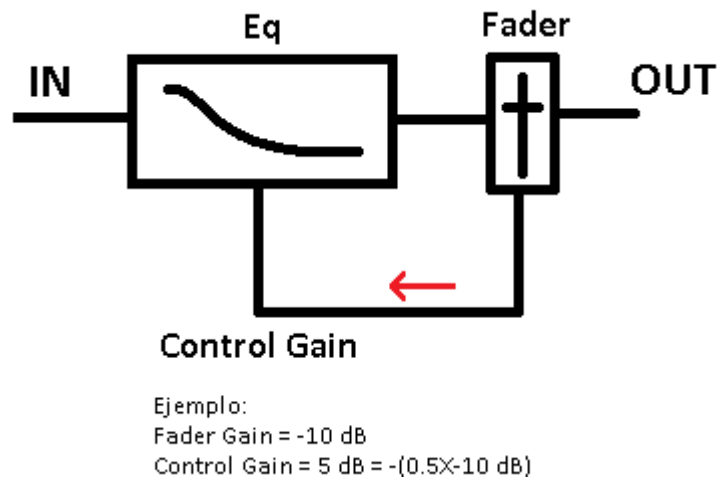


Figura 7. Diagrama esquemático propuesta

5. Discusión y Evaluación

Se realizó una consulta a diez ingenieros de sonido por la preferencia de dos muestras de audio con fade out: una con el proceso de compensación de sonoridad propuesto en este trabajo y el otro sin compensación. En la figura 8 se muestran ambos casos consecutivos con un fade out logarítmico. Se aprecia que para el primer fade out, la forma de onda es diferente que para el segundo. Para la consulta, dos muestras de audio (Test01.wav y Test02.wav [Espinoza (2011)]) son presentadas aleatoriamente y escuchadas con audífonos Beyerdynamic DT860. Las dos muestras se diferencian principalmente en su headroom. La intención de esto, es contar con dos situaciones sonoras diferentes.

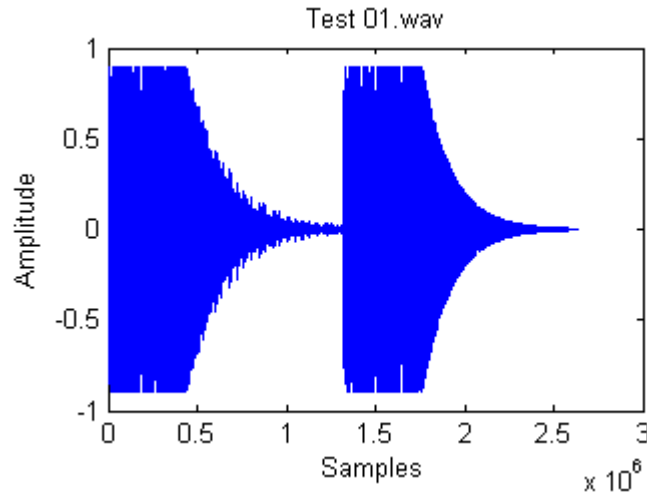


Figura 8. Primera muestra de audio para la evaluación auditiva (Test01.wav).

Si bien al comienzo del test, cada participante tuvo dificultades para diferenciar entre las muestras de audio presentadas, luego de un lapso de aprendizaje sonoro de la muestra los diez participantes inclinaron su elección al fade out con compensación de nivel de sonoridad. Estos resultados podrían generar una interpretación inequívoca, pero durante la sesión de evaluación auditiva los participantes comentan que el tipo de fade out que usan depende principalmente de la curva de atenuación (por ejemplo, caída logarítmica o lineal) y el tempo musical (b.p.m.). Estas observaciones tienen directa relación con la percepción de ritmo desde el punto de vista psicoacústico descritas en [Fastl y Zwicker (2007)].

Para la aplicación y considerando como principal uso, el fade out en la etapa de masterización en producción musical de un CD-DA, de forma óptima el procesamiento aquí propuesto se debe aplicar después de la ecualización y dinámicos, y antes de la aplicación del dither.

6. Conclusiones

Se presentó una propuesta de compensación de sonoridad al variar la ganancia de una muestra de audio digital. Esta fue implementada satisfactoriamente en un plugin utilizable en estaciones de audio digital (DAW). En la opinión de profesionales, la percepción del proceso aquí presentado es detectable en una comparación de muestras con y sin proceso, sugiriendo mayor cantidad de pruebas para su validación definitiva. Otras posibles aplicaciones se encuentran en los procesos de control automático de ganancia (por ejemplo en compresores y limitadores) y fader de canal en consolas mezcladoras de audio en sistemas DAW.

Referencias

Ballou, G., Handbook for Sound Engineers: The New Audio Cyclopedia. Howard W. Sams & Company, 1988.

Bristow-Johnson, R., Cookbook formulae for audio EQ biquad filter coefficients, <http://www.musicdsp.org/files/Audio-EQ-Cookbook.txt>, 2011.

ISO 226:2003 Acoustics – Normal Equal-loudness-level contours.

Suzuki, Y.; Takeshima, H. “Equal-loudness-level contours for pure tones”. Journal of the Acoustical Society of America 116, pp 918-933, 2004.

Orfanidis, S., Introduction to Signal Processing. Prentice-Hall Inc., 1996.

Espinoza, V., Website: <https://sites.google.com/site/acusticavec/investigacion-y-desarrollo-i-d> , 2011.

Steinberg Media Technologies GmbH. ”VST Plug-ins SDK 2.4”, 2006.

Fastl, H. and Zwicker, E. “Psychoacoustics. Facts and Models”. Springer, third edition. 2007.