

Bass Management en 5.1

Su uso apropiado en las etapas de mezcla y mastering

Ing. Andrés A. Mayo, AES Member

Andrés Mayo Mastering & DVD
Buenos Aires, Argentina

El dilema más frecuente en las mezclas surround es cómo manejar las bajas frecuencias, ya que la mayoría de los sistemas hogareños de reproducción no cuenta con parlantes capaces de reproducir estas frecuencias. Este trabajo es una investigación de los distintos factores que deben tenerse en cuenta para el apropiado manejo de los graves en la mezcla y en el mastering. Elementos fundamentales como las frecuencias de roll-off, distorsión armónica del sub-woofer, pendientes de corte, ancho de banda y ruteo del LFE son analizados en detalle. Como complemento teórico se explican también distintos parámetros y técnicas vinculadas al uso profesional del sistema de sonido 5.1

0 INTRODUCCIÓN

Un sistema convencional de reproducción hogareña o "Home Theater" se compone de 5 parlantes denominados "satelitales" y un parlante dedicado exclusivamente a la reproducción de las frecuencias más bajas, llamado "sub-woofer" o también LFE (Low Frequency Enhancement). Probablemente el inconveniente mayor desde su aparición ha sido la disponibilidad de espacio para alojar 6 parlantes, que idealmente deberían ser de tamaño considerable para reproducir fielmente hasta los 20 Hz. Esta dificultad práctica hubiera descartado al formato de audio surround 5.1 en los hogares, de no haber mediado la implementación del Bass Management.

1 LA RAZÓN DE EXISTENCIA DEL BASS MANAGEMENT

La primera y fundamental razón de su aparición fue entonces la necesidad de reducir el tamaño de las cajas de parlantes, por una simple cuestión de espacio disponible. Los parlantes satelitales pueden efectivamente ser limitados en el rango de frecuencias que reproducen, y esto es deseable por dos razones:

I. Recortando la capacidad de reproducción de frecuencias graves en aproximadamente una octava (o sea, pasando de los 40 Hz que constituyen la frecuencia de corte inferior en un buen parlante de rango completo, a los 80 Hz como nueva frecuencia de corte inferior) se logra una reducción sustancial del tamaño de la caja del parlante.

II. Esta reducción en el tamaño de la caja trae aparejado un incremento en la sensibilidad del parlante, si los parámetros han sido bien elegidos. Con

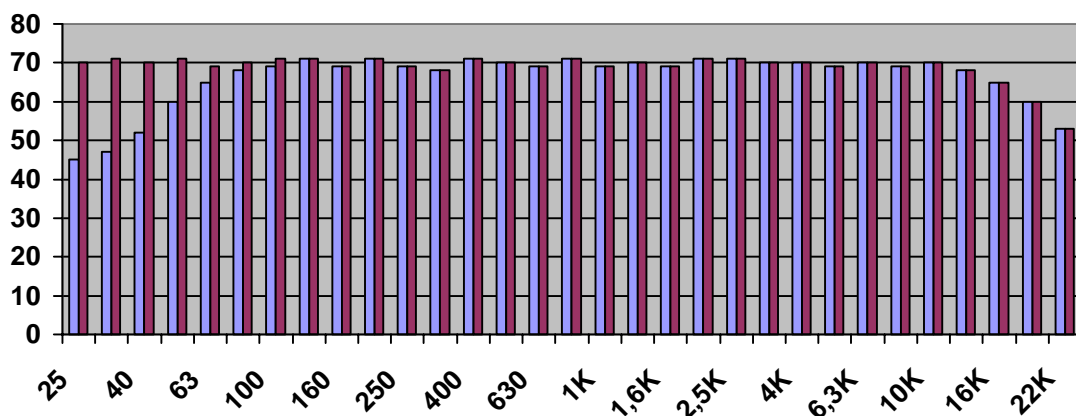
parlantes de mayor sensibilidad, el sistema precisa menor cantidad de energía para brindar la misma cantidad de SPL, posibilitando la utilización de un único receptor / amplificador de tamaño y peso razonables para alimentar todos los canales de audio, como es habitual en los sistemas actuales de Home Theater. Un buen parlante de respuesta en frecuencia plana hasta los 40 Hz tiene típicamente una sensibilidad hasta 6 dB/m/W menor que un parlante con idéntica respuesta en frecuencia, pero frecuencia de corte en los 80 Hz. Esto significa que el parlante más pequeño requerirá la cuarta parte de la potencia para alcanzar la misma cantidad de dB SPL.

El estudio de mezcla o mastering 5.1 debe utilizar Bass Management, por la siguiente razón: aún si el monitoreo del estudio es de alta calidad (5 parlantes de alta performance de 3 vías más un subwoofer), la frecuencia mínima que el Ingeniero es capaz de detectar sin Bass Management difícilmente será inferior a los 40/45 Hz, en donde los parlantes presentan un codo de -3 dB típicamente.

En cambio, el sistema hogareño de reproducción con Bass Management es capaz de desviar las frecuencias más bajas de cada canal al subwoofer, que es el único parlante realmente capacitado para reproducirlas completamente. De esta forma, podría darse el caso de que el Home Theater tenga mejor capacidad de respuesta en graves que el propio estudio de mezcla o mastering! En ejemplos reales, una cantidad de discos remezclados en 5.1 contienen ruidos de baja frecuencia (pops de micrófono, ruido de pies en el escenario, rumble, etc.) que el Ingeniero no pudo eliminar a tiempo por no estar dentro del rango de reproducción del estudio.

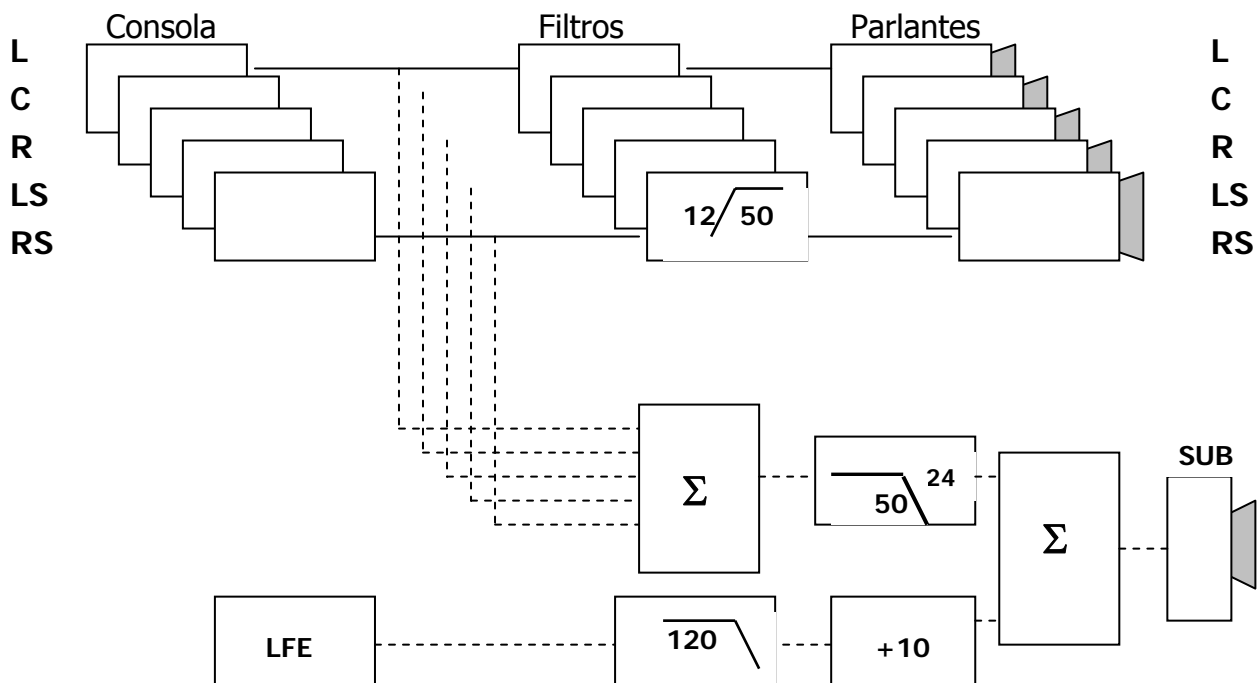
2 BASS MANAGEMENT: QUÉ ES Y CÓMO SE APLICA

El Bass Management es un sistema electrónico por el cual las señales comprendidas debajo de la frecuencia de corte inferior de cada canal principal son enviadas sumadas al sub-woofer, junto con el contenido de LFE.



En el gráfico se observan las distintas características de respuesta en frecuencia de un canal principal en un sistema sin Bass Management (en color azul) y en un sistema con Bass Management (en color violeta).

Utilizando un analizador de espectro con bandas de 1/3 de octava se ve que la cantidad de dB SPL en función de la frecuencia es significativamente mayor en la zona de frecuencias graves (hasta 120 Hz), proporcionando una respuesta prácticamente plana en todo el espectro, excepto por la corrección de la denominada "X-Curve" (normas ISO 2969 y SMPTE 202), que se aplica en altas frecuencias para corregir el exceso de brillo en las mezclas de sonido para cine. Como se aprecia, el promedio de nivel SPL por banda es de aproximadamente 70 dB: sumando todas las bandas del espectro se obtiene un nivel cercano a los 83 dB SPL. El trabajo del sistema de Bass Management es extender el límite inferior de frecuencia en los canales principales derivando al sub-woofer la cantidad apropiada de señal complementaria.



La figura muestra el diagrama en bloques típico de un sistema de Bass Management para audio profesional. Los filtros HP (pasa altos) en cada canal se complementan con un filtro LP (pasa bajos) en la cadena de alimentación del sub-woofer. Es fundamental utilizar parlantes con el mismo ancho de banda y las mismas características de respuesta en frecuencia. Idealmente, los 5 parlantes del sistema surround deben ser iguales. El filtro anti-aliasing del canal LFE debe ser muy riguroso, con corte de 24 dB por octava (4to. orden), de manera de garantizar la ausencia de armónicos en el subwoofer.

La señal proveniente del canal LFE es sumada a la resultante de los filtros LP aplicados a cada canal principal, pero con su nivel amplificado en +10 dB (medido en cada banda de 1/3 de octava, dentro del rango de operación del sub-woofer).

El uso del Bass Management en el estudio es imprescindible, porque aún teniendo un sistema capaz de reproducir hasta 20 Hz en todos los canales (posible mediante el uso de sub-woofers separados para cada canal), la suma acústica de todos los sub-graves en el control room daría un resultado muy diferente a la suma eléctrica producida en el "mundo real", o sea lo que percibe el espectador en su Home Theater.

La suma eléctrica se realiza como suma y resta de fasores, por lo tanto dos señales coincidentes en fase producirán una resultante incrementada en +6 dB, mientras que dos componentes fuera de fase se restarán entre sí. Sin embargo, esto no es necesariamente cierto en la suma acústica de señales, porque aquí debemos considerar los efectos que la habitación tiene sobre la fase, produciendo un resultado enteramente dependiente del entorno.

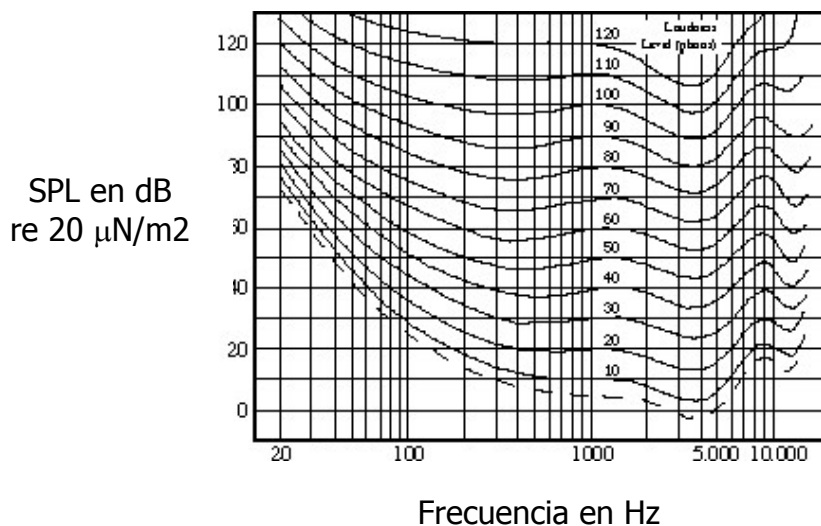
Por lo tanto, si una mezcla 5.1 se monitorea sin Bass Management, la reproducción hogareña puede conducir a cancelaciones de fase imprevistas, que no pudieron ser detectadas en la etapa de mezcla o mastering.

Otro problema derivado del uso de múltiples sub-woofers es que cada canal tendrá diferente respuesta en frecuencia en el punto de escucha, debido a las diferentes funciones de transferencia entre cada sub-woofer y el "sweet spot".

Es interesante entender porqué una diferencia de presencia sonora ("loudness") en el rango de 20 a 40 Hz resulta tan crítica. La respuesta es que el oído humano es más sensible a los cambios en las bajas frecuencias que en la zona media.

Analizando las Curvas de Fletcher-Munson de igual presión sonora, medidas en dB SPL en función de la frecuencia, se percibe la convergencia hacia las bajas frecuencias, por lo que cualquier variación de SPL en este rango será magnificado, comparado con una variación similar en la zona de frecuencias medias. Dicho de otra manera, si en este gráfico subo 10 dB en 25 Hz estaré cruzando más líneas de contorno que si subo 10 dB en 1 KHz.

Curvas Fletcher-Munson de igual presión sonora



3 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL USO DE BASS MANAGEMENT

Originalmente, el canal LFE fue diseñado para ampliar el headroom disponible para los efectos de baja frecuencia en el cine (de allí que la segunda acepción de la sigla LFE es Low Frequency Effects).

Por definición, las frecuencias graves son las que ocupan más rápidamente el ancho de banda disponible. Como en última instancia el ancho de banda estará controlado por el codificador (AC-3, DTS, SDDS, etc.), resulta importante el uso de un sistema que permita disponer del ancho de banda de forma más pareja, es decir, mejor aprovechado para todo el espectro de frecuencias.

Tomemos como ejemplo la codificación en Dolby Digital 5.1 (universalmente conocida como AC-3). Partiendo de la recomendación de la SMPTE, que sugiere codificar en 18 bit linear PCM para acomodar el rango dinámico necesario en cines (103 dB SPL por canal), tenemos:

5.005 canales x 48 KHz por canal x 18 bits/sample = 4.324.320 bps
donde 0.005 es el aporte del canal LFE, ya que su frecuencia de muestreo es igual a 1/200 de la frecuencia de muestreo de los canales principales.

La limitación de ancho de banda proviene, entre otras cosas, de que el AC-3 se imprime directamente sobre el fílmico de 35 mm grabando un bloque de 78 bits x 78 bits entre cada perforación, de un solo lado del film. Hay 4 perforaciones por cuadro, luego a velocidad de 24 fps tenemos 96 perforaciones por segundo. Por lo tanto, **78 x 78 x 96 = 584.064 bps** (o sea aproximadamente 1/7 de lo que necesitamos, sin mencionar el overhead para corrección de errores, bits de sincronización, etc.)

Por cuestiones prácticas, entonces, los Ingenieros de Dolby eligieron mantener el bit rate entre 320 y 384 Kbps de promedio, para no verse obligados a reducir el tamaño de los bits que se imprimen en el fílmico. El Bass Management cumple la importante función de optimizar el uso del reducido ancho de banda disponible para los canales principales, quitándoles la carga de sub-graves (que rápidamente ocuparían dicho espacio) y asignando todas estas señales a un solo canal previamente limitado en ancho de banda.

En un ejemplo práctico, si se graban los golpes del bombo de una batería en el canal LFE de una consola y luego se reproduce este canal con un envío directo al sub-woofer, cometeremos un error porque toda la limitación de ancho de banda queda en manos del filtro LP del propio sub-woofer, por lo tanto perderemos todo el ataque del instrumento. Lo correcto en este caso es separar en frecuencias a la señal entrante, enviando las altas frecuencias (con mayor contenido de armónicas) a los canales frontales y las bajas frecuencias al LFE.

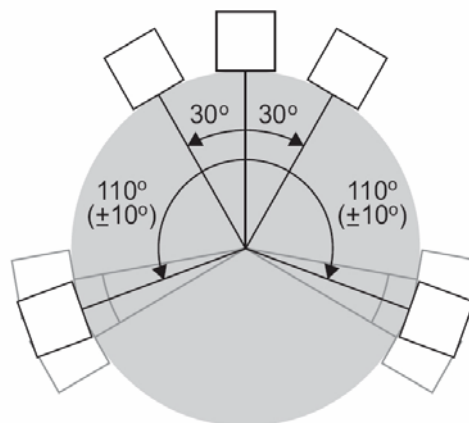
Otra gran ventaja del empleo de Bass Management es la reducción sustancial de la distorsión por intermodulación en los canales principales, ya que se elimina la necesidad de que éstos manejen grandes niveles de señal en el rango de frecuencias graves.

Por otro lado, el Bass Management contribuye efectivamente al aumento de headroom en el canal LFE, gracias a los 10 dB de ganancia adicionales para lograr una percepción más equilibrada en todo el espectro, de acuerdo a las Curvas de Fletcher-Munson. Esto representa una mejora en la capacidad de reproducción del sistema, pero trae aparejado un mayor requerimiento de potencia, ya que el amplificador del sub-woofer debe ser capaz de manejar la suma de los 5.1 canales más 10 dB de extra headroom. Por lo tanto, si la sala está calibrada a 83 dB C, con nivel de ruido de -20 dBFS, el LFE puede llegar a soportar 121 dB SPL, resultando en una unidad de potencia considerablemente más robusta. Este es el único aspecto no deseado del empleo de Bass Management en un sistema de reproducción 5.1.

Un efecto negativo atribuido erróneamente al Bass Management es la potencial falta de coherencia en fase en el envío de las señales de cada canal principal al sub-woofer, previo filtro pasa bajos. Sin embargo, los receptores / amplificadores diseñados para Home Theaters han incorporado en los últimos años un sistema inteligente de retardos independientes, que garantiza la coherencia en fase para todos los canales, aún cuando todos ellos están derivados al mismo y único sub-woofer.

Virtualmente todos los Home Theaters emplean Bass Management, y el estudio también debe hacerlo. Sin embargo, de acuerdo a la norma de la ATSC A/54, "la decodificación del canal LFE es opcional para el usuario" y "la reproducción del canal LFE no es esencial para el disfrute del programa". Por lo tanto, la recomendación es no grabar contenido esencial ÚNICAMENTE en el LFE, porque podría llegar a perderse en el sistema de reproducción del hogar. Para transfers de material fílmico a DVD o DTV, es importante examinar el contenido original del LFE, para que no queden efectos importantes únicamente ligados al canal LFE. Si este fuera el caso, corresponde hacer una remezcla para solucionar este problema. Este tipo de mezclas se denomina usualmente Consumer 5.1 Remix.

4 ELECCIÓN Y POSICIONAMIENTO DE LOS PARLANTES



Posicionamiento del sistema de monitoreo surround, de acuerdo a la ITU-R BS.775-1

Los 5 canales principales deben ser capaces de reproducir el mismo nivel de señal y tener el mismo ancho de banda. De acuerdo a la norma ITU (International Telecommunications Union), el posicionamiento de los parlantes es el siguiente: el canal Central se coloca exactamente al frente (0° con respecto al punto de escucha), los canales L y R están a un ángulo de 30° desde el eje central y los parlantes traseros a 110° ($\pm 10^\circ$). El sub-woofer presenta mayor flexibilidad de posicionamiento y debe ser colocado en base a pruebas de rendimiento: por ejemplo, las paredes y piso de una esquina pueden servir para aumentar el headroom de bajas frecuencias, ya que así el parlante logra el mismo nivel de SPL con menor movimiento de cono. Generalmente, un buen punto de partida para posicionarlo es en la línea frontal, entre el L y C, o bien entre el C y R.

El ángulo de 110° para los parlantes traseros fue cuidadosamente determinado en base a "blind tests", en los que los participantes consistentemente detectaron la mayor sensación envolvente desde el punto de escucha. Esta es además la configuración que mejor representa la situación real del oyente en su casa, donde generalmente el punto de escucha queda próximo a la pared trasera de la sala. De todos modos, se considera aceptable una variación de $\pm 10^\circ$ para el caso en que se necesite aumentar la sensación envolvente (por ejemplo, para un segundo punto de escucha ubicado exactamente detrás de la silla del Ingeniero). Inclusive existen aproximaciones en las que se colocan los canales traseros a 135° , pero generalmente éstas responden a un modelo cuadrifónico, con los parlantes frontales a 45° y sin información de canal central. Los puntos básicos a tener en cuenta para la elección de los monitores principales en un sistema 5.1 son los siguientes:

- I. Respuesta en frecuencia plana sobre un rango de ángulos de emisión llamado "ventana de escucha" (usualmente de $\pm 30^\circ$ en sentido horizontal y $\pm 15^\circ$ en sentido vertical (ya que el punto de escucha es bastante focalizado y generalmente más ancho que alto)
- II. Angulo controlado de emisión en función de la frecuencia (también llamado DI o Directivity Index). Este parámetro es medido en dB, donde 0 dB corresponde a una fuente omnidireccional, 3 dB a una fuente hemisférica, 6 dB a un cuarto de esfera y 9 dB a un octavo de esfera). Normalmente el DI crece con la frecuencia, desde la omnidireccionalidad en frecuencias graves hasta los 9 dB en altas frecuencias. Es deseable que el DI sea lo más independiente posible de la frecuencia y con un valor para frecuencias medias cercano a 8 dB.
- III. Headroom adecuado: cada parlante deberá soportar sin distorsión típicamente hasta 103 dB SPL, para un sistema calibrado a 83 dBC de SPL con un nivel de ruido de -20 dBFS.
- IV. Relación Señal a Ruido (SNR) del amplificador interno.
- V. Distorsión Armónica Total (THD): para un ancho de banda práctico de 22 KHz, la THD típica es de 0.001%, medida a 1kHz @ +4dBu. Todas las formas de distorsión (armónica, inarmónica, intermodulación y ruido) deben estar por debajo de los umbrales de enmascaramiento para el oído humano.

4.1 ALINEACIÓN EN EL TIEMPO

De acuerdo al Efecto de Precedencia descubierto por Helmut Haas, también conocido como Ley del Primer Frente de Onda, si los parlantes frontales están colocados en una línea recta y el punto de escucha está situado en el centro de esa línea, se percibirá primero el canal Central (C). Este efecto psico-acústico hace que los instrumentos paneados desde el extremo izquierdo (canal L) o extremo derecho (canal R) hacia el centro rápidamente se “peguen” al centro, alterando la imagen fantasma que aparece entre L y C y entre C y R. Idénticamente, un sonido paneado exactamente a mitad de camino entre los canales L y C se aprecia como más cercano al parlante C si no se corrige el efecto de precedencia.

Este efecto se neutraliza utilizando retardos electrónicos ajustables en pasos de hasta 1 ms. El ajuste debe incluir también un retardo para los canales frontales con respecto a los traseros. Los problemas típicos de estas configuraciones sobrevienen cuando los parlantes no guardan equidistancia con respecto al eje transversal (por ejemplo, el LS más cercano al punto de escucha que el LR) o bien no se cuenta con pasos suficientemente pequeños (en milisegundos) para el ajuste fino de cada retardo en forma independiente.

Esto puede derivar en mayor presencia de canales C, LS y LR, ya que con diferencias de tiempo de retardo mayores a 1 ms y menores a 30 ms, la imagen se vuelca hacia el lado que presenta el menor retardo. Por ejemplo, un retardo de entre 10 y 20 ms obliga al parlante retardado a entregar +10 dB para volver a alinear la imagen en el centro.

Adicionalmente, el llamado Efecto Kuttruff demuestra que la Ley del Primer Frente de Onda es válida más allá de la ventana de 30 ms de retardo, trabajando con más de dos parlantes. Estas características son enteramente aprovechables para lograr paneos de instrumentos en la mezcla, e incluso son ampliamente utilizados en el cine, en donde es habitual emitir el audio 1 cuadro (42 ms) antes que la imagen, para que se perciba en perfecto sincronismo a unos 15 mts. de distancia de la pantalla.

4.2 COMPROMISOS ACEPTABLES

- I. Pueden elevarse sutilmente los parlantes frontales con respecto al plano horizontal de escucha. El oído humano es casi 3 veces menos sensible a los errores de altura que a los desplazamientos horizontales.
- II. Puede ampliarse el ángulo de colocación de los parlantes traseros más allá de los $110^\circ \pm 10^\circ$ de la norma ITU, siempre que se prevea un ajuste del tiempo de retardo correspondiente.
- III. La ubicación física del sub-woofer puede ser prácticamente cualquiera, mientras que no se distinga de dónde provienen las bajas frecuencias (que la posición del parlante no sea localizable). Para ello es fundamental que la frecuencia del filtro LP del canal LFE sea lo suficientemente baja y la pendiente del filtro sea pronunciada (4to orden, o sea 24 dB por octava), considerando un

sub-woofer con baja distorsión inherente. Las señales con mayor longitud de onda fluyen libremente alrededor de la cabeza gracias al fenómeno de difracción, produciendo muy pequeñas diferencias de nivel entre los oídos, por lo que el cerebro no puede detectar la diferencia de tiempos de llegada a uno y otro oído. Pero si se introducen armónicos de mayor frecuencia en el canal LFE (debidos a la distorsión, filtrado LP de baja calidad o "port noise" del parlante), estos componentes permitirán la localización del sub-woofer.

V. Pueden usarse dos sub-woofers para suavizar la respuesta de la sala. En este caso, probablemente sea necesario colocar uno a mitad de camino entre los parlantes frontales y los traseros (es decir, asimétrico con respecto al otro sub-woofer). Este proceso de "ecualización del posicionamiento" debe hacerse con la ayuda de un analizador de espectro.

VI. En caso de existir una pantalla o monitor de video, el parlante central puede colocarse por encima de la misma, dirigido unos grados hacia abajo. En este caso, es mejor poner el parlante unos centímetros más atrás del monitor o pantalla, para reducir el rebote de HF en el borde del mismo.

VII. Si no hay otra opción, puede colocarse el parlante central detrás de la pantalla de proyección. Debe utilizarse en este caso una pantalla especial con pequeñas perforaciones (que la hacen casi transparente a las HF) y también un ecualizador de recuperación.

VIII. Los parlantes traseros pueden estar ecualizados para cubrir la diferencia de percepción frontal y trasera del cerebro debido a las HRTF (Head-Related Transfer Functions, es decir la variación en la respuesta en frecuencia de nuestro oído y cerebro en función de la posición en la que escuchamos). Las variaciones en el ángulo horizontal y vertical de recepción de nuestro sistema auditivo provocan muy diferentes respuestas en un mismo oyente, y deben ser tenidas en cuenta en el momento de la calibración del punto de escucha. Pueden utilizarse aquí los conceptos de ecualización modal para bajas frecuencias (*).

En cambio, no es aceptable elevar demasiado el parlante central, ya que la cobertura vertical se hace muy despareja (por ejemplo, para un segundo punto de escucha detrás de la silla del Ingeniero, que tendrá entonces la sensación de disminución de bajas y medias frecuencias. También intervienen en este caso las HRTF, alterando la percepción en función del ángulo vertical de recepción del sonido.

(*) La ecualización modal puede afectar las características de decay de la sala, al menos en un área suficientemente grande como para independizarse de pequeños corrimientos en el punto de escucha. El comportamiento modal del espacio de escucha puede modelarse por un número de diferentes modos, de manera que cada uno de ellos puede ser individualmente controlado. Cada modo es modelado por una función de decay exponencial expresada como:

$$hm(t) = Am e^{-\tau m t} \sin(\omega m t + \varphi m)$$

donde Am es la amplitud inicial de la envolvente de la sinusoide que decrece, τm es un coeficiente que denota la velocidad de decrecimiento de la señal, ωm es la frecuencia angular del modo y φm es la fase inicial de oscilación.

4.3 CONSIDERACIONES GENERALES

Los puntos de coincidencia de todos los formatos de compresión en 5.1 son:

- a) la frecuencia de muestreo de 240 Hz para el canal LFE
- b) el incremento de 10 dB del canal LFE comparado con un canal principal.

Este incremento se debe medir en cada banda de 1/3 de octava (dentro del rango de operación del LFE). El nivel de cada banda debe ser individualmente superior en 10 dB al nivel de la misma banda en un canal principal. Esto no significa que el sub-woofer esté calibrado 10 dB SPL por encima de cada canal principal, porque al ser su ancho de banda mucho menor, su nivel de energía resultante es apenas unos 4 dBC por encima de los demás canales, conforme a los principios de la psico-acústica moderna. Para esta medición se debe utilizar un medidor de SPL convencional, alimentando los parlantes con ruido rosa filtrado a un ancho de banda de dos octavas (típicamente de 500 a 2 KHz), para evitar las ondas estacionarias a bajas frecuencias. El nivel de referencia es de -20 dBFS para calibrar el nivel acústico de los monitores en el control room.

El monitoreo de un sistema 5.1 para estudio debe ser (al igual que en el caso de un sistema estéreo) lo más neutral posible en su coloración del audio y tener la respuesta en frecuencia más extendida posible. Normalmente los llamados monitores de "rango completo" llegan hasta 40 o 50 Hz como máximo, con lo cual se pierde al menos una octava desde la más baja frecuencia audible en forma continua (20 Hz).

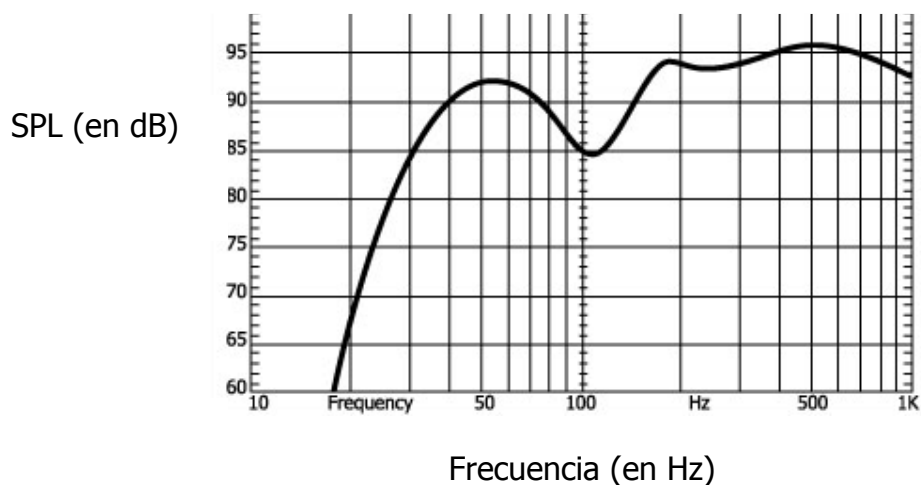
La solución de monitoreo de campo cercano o "near field" no es la panacea al problema acústico de la sala, ya que encontraremos uno o más de los siguientes problemas:

- a) Un monitor de campo cercano colocado encima de una consola refleja sobre ella una gran parte de su emisión, principalmente en la zona de frecuencias medias y altas, generando la sensación irreal de un aumento excesivo de brillo.
- b) En habitaciones más pequeñas, las señales entretenidas ("standing waves") se hacen presentes más rápidamente.
- c) La posición de escucha se vuelve absolutamente crítica, porque comienza a notarse la zona de transición en el cross-over entre tweeter y woofer y la respuesta del monitor cambia notablemente de acuerdo al punto de escucha.

Si un sistema de monitoreo estéreo debe ser ampliado a 5.1, las alternativas para los parlantes traseros son dos: utilizar parlantes de radiación directa activos convencionales (de igual respuesta que los parlantes frontales), o bien utilizar parlantes de radiación difusa, que son únicamente aptos para surround por ser demasiado difusos para servir como frontales. Los monitores del sistema 5.1 pueden (y deben?) ser más direccionales que en un sistema estéreo, ya que la sensación envolvente está dada por los demás parlantes antes que por las reflexiones de la difusión del propio parlante. Para uso en video y música, todos los canales deben calibrarse al mismo nivel de SPL, mientras que para uso en cine, se calibra cada parlante trasero a -3 dB con respecto a los canales frontales.

5 CONEXIONADO

En la mayoría de los amplificadores para 5.1, la salida destinada al sub-woofer posee un filtro pasa bajos de características desconocidas (no informadas por el fabricante), usualmente en el rango de 100 a 150 Hz. El uso de este filtro se remonta a los primeros sub-woofers pasivos, que no disponían de ningún tipo de filtrado interno. Actualmente, el 99% de los sub-woofers comerciales son activos y contienen su propio filtro pasa bajos, con características perfectamente especificadas. Por lo tanto se debe prescindir de la utilización del filtro incorporado del amplificador, ya que en muchos casos la concatenación de ambos filtros genera una importante alteración en la respuesta en frecuencia del sub-woofer, como se aprecia en la siguiente figura.



La función de Bass Management del receptor/amplificador permite la configuración de cada canal según el tamaño del parlante asignado. Para esto, el procesador prevé un filtro pasa altos (usualmente con frecuencia de corte en 150 Hz) que será aplicado a la salida del parlante en cuestión cuando éste sea designado como Small (pequeño). Si en cambio se designa al parlante como Large (grande) todo el espectro de frecuencias, incluyendo la información de graves, será derivada al mismo sin filtrado previo. Si la salida de sub-woofer ha sido configurada como On (presente), entonces toda la información de graves que no sea aplicada al canal principal será enviada a dicha salida, previo filtro al que se hizo referencia en el comienzo de este apartado. En cambio, si el sub-woofer está configurado como Off (no presente), esta misma información será sumada a los canales L y R, que no disponen de filtro pasa bajos incorporado.

La recomendación de conexionado indica entonces, para evitar el doble filtro pasa bajos, conectar el sub-woofer en paralelo con los terminales de salida de los dos canales frontales (L y R), configurando el sub-woofer como Off (no presente). De esta manera, el sub-woofer recibirá a través de los terminales L y R la información de sub-graves del canal LFE y el contenido de graves de todos los canales que hayan sido configurados como Small en el procesador.

Se exceptúa el caso en que se disponga de un procesador aprobado por THX, ya que estos procesadores disponen de un conjunto de filtros muy precisos, diseñados para cortar las frecuencias graves exactamente en 80 Hz cuando el receptor/amplificador es colocado en modo THX.

6 PARÁMETROS TÍPICOS

Se expone a continuación un juego de parámetros extraídos como promedio de una muestra de 10 procesadores con capacidad de surround 5.1, tal como se los encuentra en el "mundo real":

Canales L, C, R, LS y LR

Nominal Input Level: + 4dBu
Max. Recommended Input Level: + 24dBu
Output Clipping Level: + 27dBu
Nominal Gain: 0dB
Gain Adjustment Range: \pm 12dB
Frequency Response: 3dB down @ 80Hz; 0.1dB down @ 20kHz
High Pass Filter Type Butterworth: $Q=0.707$
High Pass Filter Cutoff: 80Hz (-3dB down)
High Pass Filter Slope: -12dB/octave
THD + Noise (1kHz @ + 4dBu): 0.001% Typical (10Hz to 22 kHz BW)
Noise (10Hz to 22kHz unweighted): -96dBu
Typical Hum Less Than: -123dBu
Typical Dynamic Range: 123dB

Canales L, C, R, LS y LR al Sub-woofer

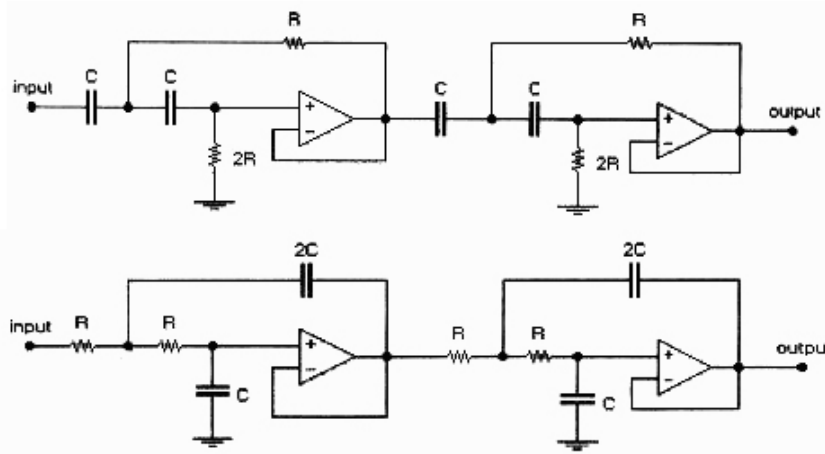
Nominal Gain: -15.5dB (+4dBu in @ 20Hz) = 0.200mv out
Gain Adjustment: \pm 12dB
Low Pass Filter Cutoff: 80Hz
Low Pass Filter Slope: -24dB/octave
Low Pass Filter Type: Cascaded Dual Butterworth (*)
THD + Noise (20Hz @ +4dBu): 0.006%
Noise (10Hz to 22kHz unweighted): -95dBu typical
Hum Less Than: -116 dBu

Canal LFE

Nominal Input Level: +4dBu
Nominal Gain: -15.5dBu Max.
Input Level: +24dBu
Low Pass Filter Cutoff: 125 Hz (6 dB down)
Low Pass Filter Slope: -24dB/octave
Low Pass Filter Type: Cascaded Dual Butterworth (*)

(*) Se utilizan dos filtros tipo Butterworth en cascada con pendientes de 12 dB/octava cada uno para lograr un filtro de 4to. orden (24 dB/octava). Sumando los filtros eléctricos y la respuesta de los canales principales y el sub-woofer, obtenemos la respuesta acústica de un filtro tipo Linkwitz-Riley de cuarto orden.

El circuito es de la forma:



Este filtro presenta características superiores al doble Butterworth muy usado como LP del LFE. Realizado con amplificadores operacionales económicos (TL082), su frecuencia de corte (a -6 dB, o sea a $\frac{1}{2}$ de la amplitud) se calcula simplemente como:

$$\frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R \cdot C \cdot \sqrt{2}}$$

Dos Butterworth en cascada (LP y HP) producen una salida de $+3$ dB en su frecuencia de cross-over, en cambio dos L-R (HP y LP) producen una salida totalmente plana en amplitud.

7 CONCLUSIONES

A partir de la exposición teórica podemos concluir que el Bass Management tiene influencia en prácticamente todos los aspectos fundamentales de la mezcla y el mastering para programas en 5.1. A través de un correcto proceso de Bass Management podemos controlar el ancho de banda resultante de la señal procesada, y por lo tanto optimizar al máximo el "bit rate" asignado para la codificación en cualquiera de los formatos finales: AC-3, DTS, SDDS, etc.

Elementos importantes como la distorsión por intermodulación en los canales principales, el exceso de presencia de información en determinados canales y el headroom en el canal LFE están directamente relacionados con el buen uso de esta función.

Por último, y no menos importante, podemos concluir que en el trabajo profesional en estudio hacen falta dos formas simultáneas de manejar la respuesta en graves: uno con frecuencia de corte superior en 80 Hz, para mantener total compatibilidad con las salas aprobadas por THX, y el otro con frecuencia de corte tan baja como sea posible, para obtener la mejor separación estéreo y un sonido más plano y más "ancho".

Se plantea entonces la eventual necesidad de un doble cross-over programable por software, con las características de filtrado necesarias para cada caso.

8 AGRADECIMIENTOS Y REFERENCIAS

- Ken Kreisel, Miller & Kreisel Professional
- Bob Katz, Digital Domain
- Chris Gillespie, Dizzy Sound
- Richard Zeier, Martinsound Audio
- Blue Sky International
- Stephan M. Sprenger, Audio DSP Pages
- Matt Tucker, San Diego State University
- 5.1 Surround Sound Up and Running
Tomlinson Holman, TMH Corporation, Septiembre 2000
- Lattice-Ladder Structured Adaptive Decorrelation Filtering
Kuan Chieh Yen (University of Illinois) & Yunxin Zhao (University of Missouri)
(J. Audio Engineering Society, Preprint)
- Modal Equalization of Loudspeaker–Room responses at Low Frequencies
Aki Makivirta, Poju Antsalu, Matti Karjalainen, Vesa Valimaki
(J. Audio Engineering Society, Vol. 51, No. 5, Mayo 2003, preprint)
- An Overview of the Coherent Acoustics Coding System
Mike Smyth, White Paper, Junio 1999
- Effects of Bandwidth Limitation on Audio Quality in Consumer
Multichannel Audiovisual Delivery Systems
Slawomir Zielinski, Francis Rumsey, Soren Bech
(J. Audio Engineering Society, Vol. 51, No. 6, Junio 2003, preprint)