

# El callejón de potencia en aplicaciones de refuerzo de sonido.

José Brusi, DAS Audio, Departamento de Ingeniería

A menudo recibimos consultas sobre los cajones de sub-bajos en aplicaciones de directo, particularmente al aire libre. Su desempeño no es satisfactorio. A veces se culpa a un modelo concreto. El problema que subyace es el de la interacción por interferencia entre los bajos situados a ambos lados del escenario, y la formación de un “callejón de potencia” donde se concentran los bajos. En este artículo trataremos de arrojar algo de luz sobre este problema y quitar cierto velo de misterio que lo rodea y que es debido, entre otras causas, a la carencia de material publicado.

## ¿Qué está pasando?

Si tenemos un sistema con cajas colocadas a ambos lados del escenario, se producirán siempre interferencias entre ellas, asumiendo que ambas lleven la misma señal.

La razón es muy sencilla. Como vemos en el gráfico 1, cuando la distancia a ambos lados del sistema es la misma, el sonido nos llega al mismo tiempo de ambos lados, luego la suma total es perfecta. A medida que nos alejamos de un lado y nos acercamos al otro, el sonido de uno de los lados nos llega antes que el otro. Esta diferencia en tiempo de llegada produce efectos de filtro peine.

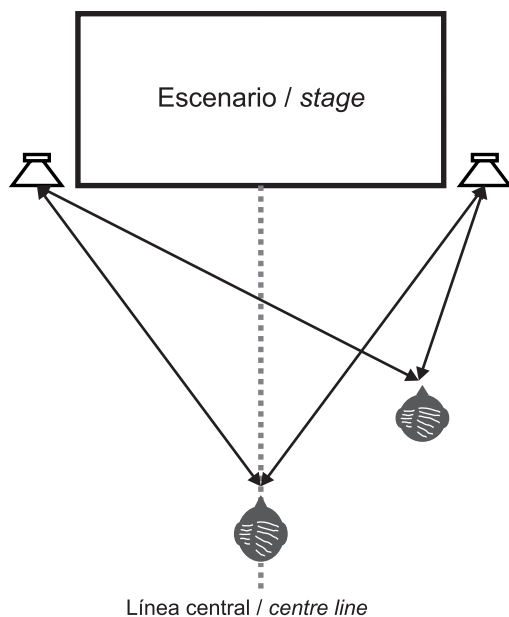


Fig. 1

## El filtro de peine

Al sumar dos señales retardadas entre sí tenemos el conocido efecto de filtro peine, y que es debido a las interferencias destructivas entre la señales. En la figura 2 vemos el resultado de sumar dos señales con una diferencia de tiempo entre ellas de 7 milisegundos, equivalente a 2.5 metros (8 pies). El espaciado de los valles (“púas”) va aumentando a medida que bajamos de frecuencia.

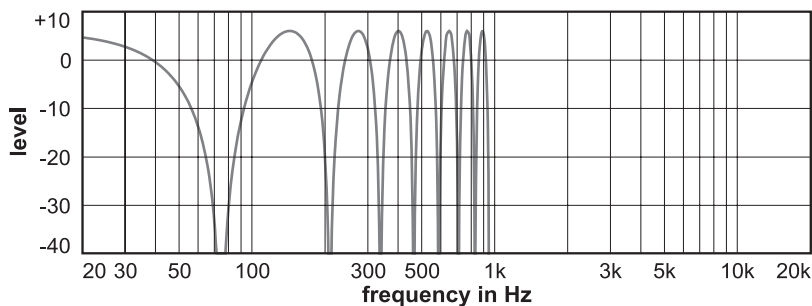


Fig. 2. Respuesta en frecuencia de dos señales distanciadas 7 ms

La cancelación absoluta se produce cuando la diferencia de tiempo de llegada se traduce en 180 grados de desfase, de forma que esas frecuencias se anulan.

La audibilidad de los efectos de filtro peine, como cualquier irregularidad en la respuesta en frecuencia de un sistema, va en función del grosor del filtro. Puesto que en las frecuencias graves la “púas” del peine son más anchas, los efectos de filtro peine son más audibles en las frecuencias bajas.

Los efectos de tipo peine son en la práctica imposibles de corregir con ecualización, puesto que en la parte baja de las “púas” la cancelación es absoluta. Sólo en la medida en que una señal sea mayor que la otra, el efecto de peine se aminorará.

## El problema

Si la diferencia entre los tiempos de llegada fuera constante, retardaríamos un lado con un retardo y asunto arreglado. El problema surge del hecho de que en cada posición de escucha (excepto en la línea central), las señales llegan con un retardo de tiempo diferente la una con respecto a la otra. Y el resultado de esto es que en cada posición de escucha (excepto en la línea central) las “púas” están en diferentes frecuencias, y la respuesta de frecuencia resultante es diferente.

Esta situación es menos importante en las frecuencias agudas y medias. Por una parte, porque las “púas” de los peines son más estrechas y por tanto menos audibles. Por otra parte, porque la zonas que se crean son mucho más pequeñas. En los bajos es posible caminar a zancadas por las diferentes zonas de cancelación, mientras que las zonas de cancelación de los agudos pueden ser tan pequeñas que un oído puede estar en zona de cancelación y otro no, así que los efectos no son tan destructivos. Por otra parte, la directividad de las fuentes hace que cuando nos desplazamos a un lado, tendamos a estar dentro de la cobertura de un lado del sistema y fuera de la del otro, así que el efecto de peine se reduce.

En bajos la situación es una pesadilla. Los efectos de peine son anchos y por tanto muy audibles. Y, dadas las longitudes de ondas tan grandes (por ejemplo, ~5 metros a 70 Hz), las zonas que se crean son enormes. Como los sub-bajos son omnidireccionales por debajo de, pongamos, 150 Hz, toda la audiencia está dentro de la cobertura de ambos lados de sub-bajos. TODOS los tipos de sub-bajos producirán estos efectos de interferencia sea cual sea su configuración (radiación directa, trompeta plegada ...) y marca.

El resultado es el “callejón de potencia” (*power alley* en inglés), que describe el hecho de que sólo en la línea central de sistema derecha-izquierda tendremos unos bajos sin interferencias de peine.

## Modelizaciones

A continuación presentamos una serie de simulaciones electro-acústicas que revelan en forma gráfica el fenómeno. Estos mapas de predicción de interferencia equivalen de forma muy exacta a lo que sucede en el aire libre. Los lugares cerrados añaden el campo reverberante, que tiende a igualar las cosas entre las diversas posiciones de la sala, así como los modos acústicos, que van a crear otras zonas acústicas adicionales (los rebotes de las paredes son sólo señales adicionales que llegan a tiempos diferentes).

En estas modelizaciones vamos a situar formaciones de 3 x 2 cajones de doble 18" a ambos lados de un escenario de 8 metros de ancho. Delante del escenario hemos modelizado un área de 60 m de ancho por 52 m de largo.

El primer mapa de cobertura (Figura 3) corresponde a una frecuencia de 100 Hz. Hemos activado sólo un lado de los sub-bajos, de manera que tenemos una expansión uniforme de la presión que se parece bastante a la ley del cuadrado de la distancia. Hasta aquí todo bien.

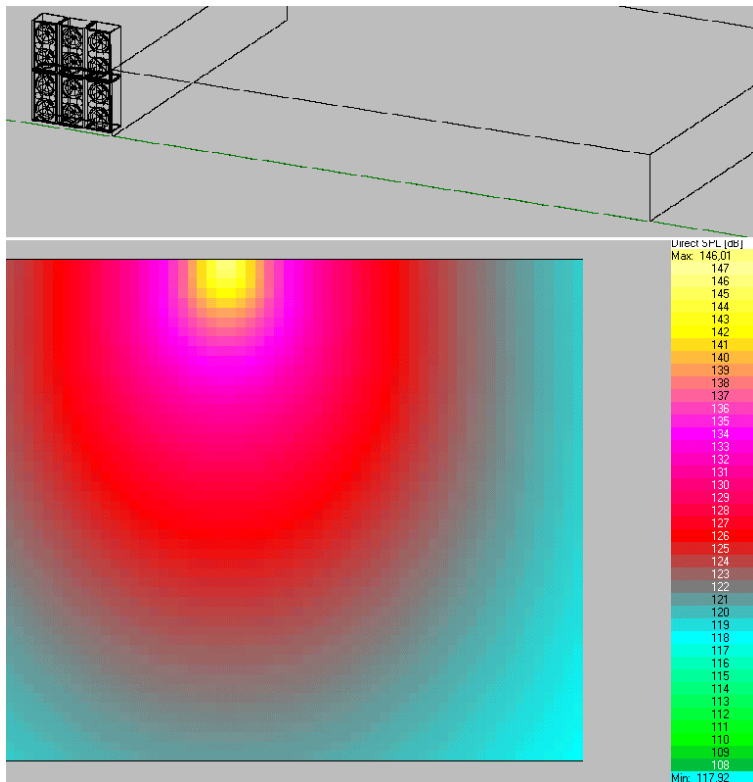


Fig. 3. Un solo lado de sub-bajos. 100 Hz

Los problemas empiezan cuando ambos lados de sub-bajos están encendidos. También a 100 Hz (Figura 4), podemos ver una especie de mano extraterrestre con cinco dedos. Éstos son lóbulos de máxima presión en los que no hay gran diferencia de fase entre el lado izquierdo y el derecho. Las zonas intermedias entre los lóbulos corresponden a cancelaciones. Las lecturas de nivel nos muestran cómo las zonas de cancelación llegan a tener hasta  $-20$  dB menos. Es decir, nuestros 100 Hz se han esfumado.

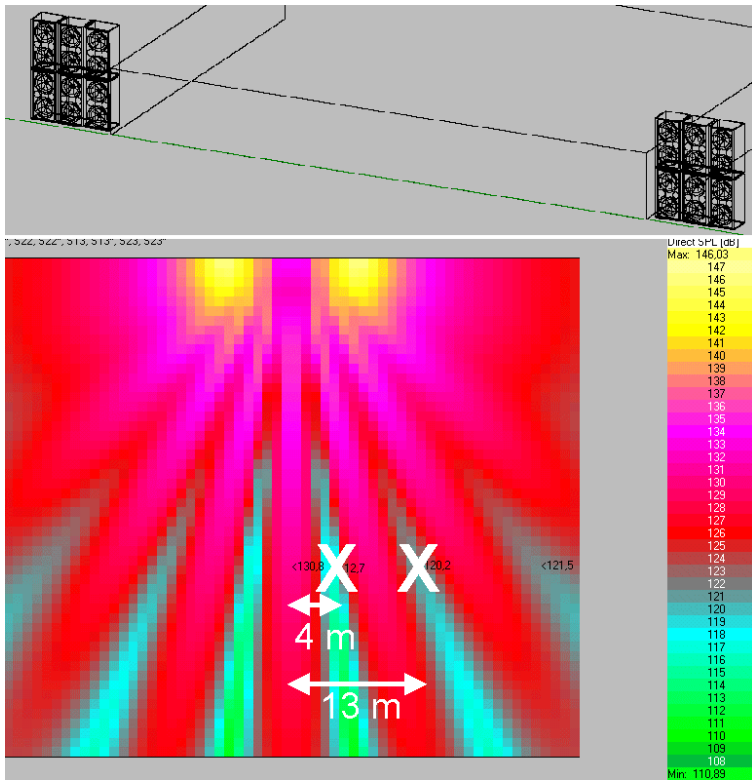


Fig. 4. Sub-bajos derecha e izquierda. 100 Hz

Bueno, por lo menos hay unas cuantas posiciones (los lóbulos o “dedos”) en las que se escucha bien, ¿no? No, porque las zonas que tengan los 100 Hz en fase tendrán otras frecuencias fuera de fase, así que no existen zonas buenas (excepto el centro). Lógicamente hay algunas frecuencias más importantes que otras de cara al bajo o al bombo, por lo que nuestro problema será más evidente en unas zonas que en otras.

La figura 5 muestra lo que está pasando en el punto indicado en la figura 4 y que se encuentra a 4 m del centro. Por una parte vemos (gráfico superior) que el grupo de sub-bajos de la derecha llega unos 2.5 ms antes que el de la izquierda. En el gráfico inferior vemos las púas del filtro peine, la primera de las cuales está a alrededor de 100 Hz. La figura 6 muestra la respuesta en frecuencia a 13 m del centro, y podemos comprobar la diferente respuesta en frecuencia con respecto a la posición anterior (nótese el valle alrededor de 40 Hz).

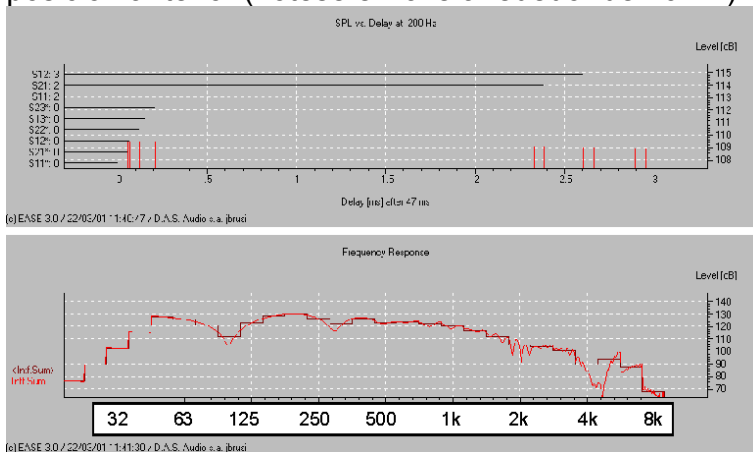


Fig. 5. Sub-bajos derecha e izquierda a 4 m del centro.

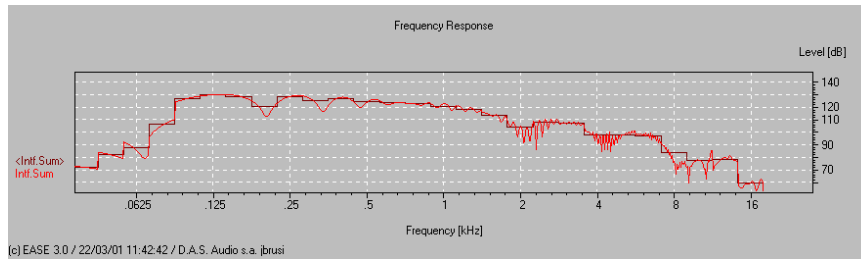


Fig. 6. Sub-bajos derecha e izquierda a 13 m del centro.

En los siguientes gráficos podemos ver las frecuencias de 80, 63 y 50 Hz (Figuras,7-9). Nótese que el número de lóbulos y su localización es diferente en cada frecuencia.

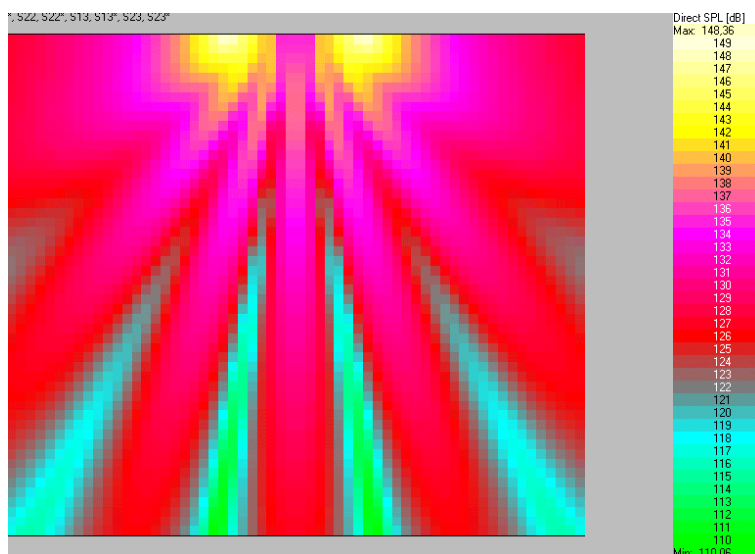


Fig. 7. Sub-bajos derecha e izquierda. 80 Hz

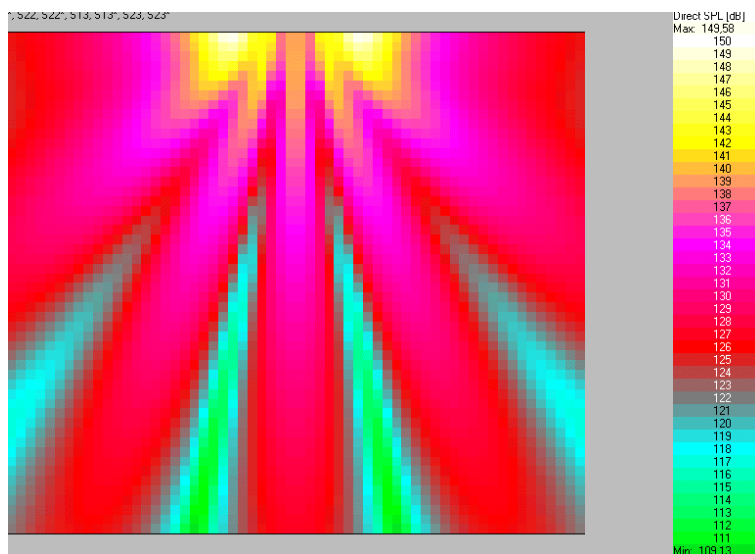


Fig.8. Sub-bajos derecha e izquierda. 63 Hz

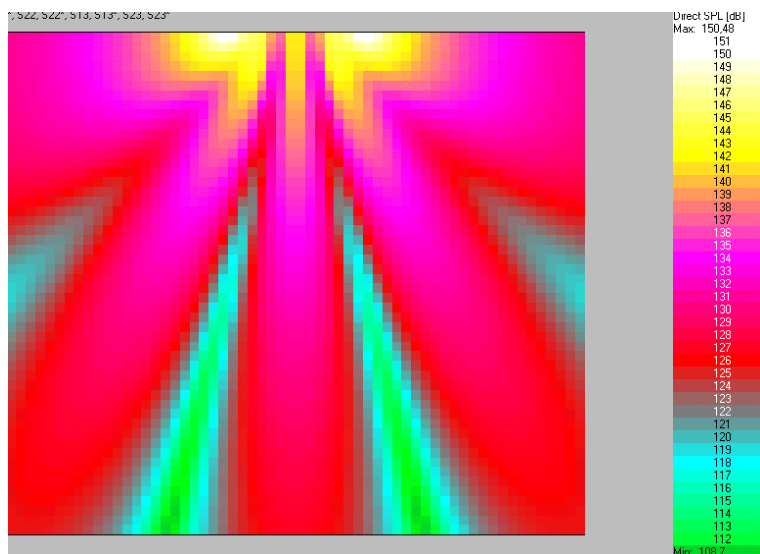


Fig. 9. Sub-bajos derecha e izquierda. 50 Hz

### ¿Pero dónde está el callejón?

En cada frecuencia tenemos un mapa con esos característicos dedos. Si sumamos varias frecuencias se hace más evidente el callejón, puesto que éste representa las únicas posiciones donde los bajos se suman de forma coherente. En la medida en que los bajos estén más separados entre sí, el callejón será más estrecho.

El gráfico siguiente muestra el callejón con dos sub-bajos separados 14 metros. Puede verse una franja más intensa de unos cuatro metros de ancho. La representación gráfica no es tan evidente como lo es la escucha fuera y dentro del callejón, pero alcanza a distinguirse.

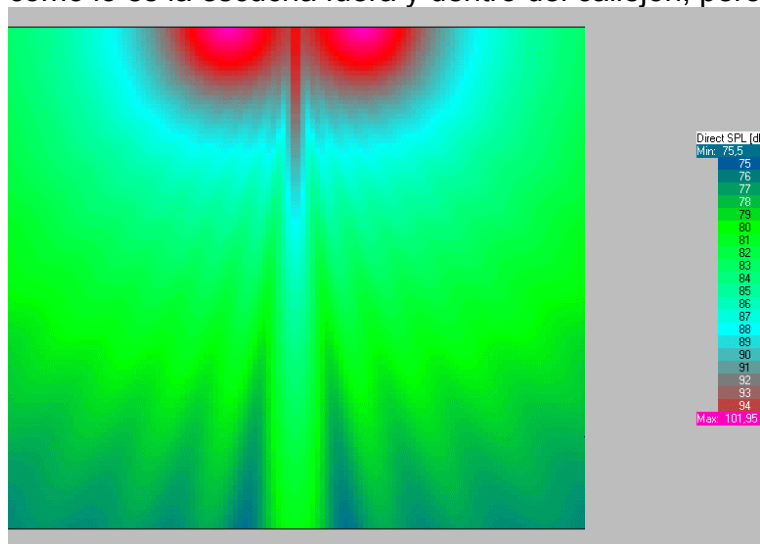


Fig. 10. El callejón de potencia con sub-bajos espaciados 14 m.

### Conclusión

Realmente la única forma de evitar el “callejón de potencia” es colocar todos los sub-bajos en un único punto. Desgraciadamente esto no suele ser posible, particularmente en aplicaciones de sonido en directo.

Es importante, sin embargo, entender el fenómeno para no pensar que puede haber algún problema con los altavoces. Y lo es también ser consciente de las zonas que se crean a la hora de tomar decisiones de mezcla. Por ejemplo, si tenemos la consola en el centro, podríamos elegir una mezcla con cierto exceso de bajos al escucharla en el centro. Al irnos hacia los lados, la interferencia destructiva nos reestablecerá un cierto equilibrio de las frecuencias bajas con respecto al resto del sistema.