

Colocación para obtener el mejor rendimiento

Generalmente, la construcción de un sistema subwoofer genera una dispersión omnidireccional del sonido, la colocación incorrecta de los sistemas subwoofers puede generar efectos no deseados en la dispersión del sonido, tales como cancelaciones (pasillos), excesiva sumatoria en la parte trasera, poca cobertura en la zona del público, etc.

La correcta colocación de los sistemas subwoofers depende de las características del lugar a sonorizar, lo cual supone un punto clave para garantizar el éxito evento. A continuación se muestran algunos ejemplos.

A modo de resumen:

- Las configuraciones **en bloque y stack L & R**; crean suma en la zona de control y también crean los famosos “pasillos” o cancelaciones en la zona del público.
- Las configuraciones **stack invertido y en línea cardioide**; crean una importante disminución de nivel en el escenario y una leve disminución de presión en la zona del público.
- Con la configuración **en línea horizontal**; obtendremos una cobertura estrecha y larga, con bastante nivel en el escenario y una respuesta homogénea en la zona del público.
- La configuración **End Fired**; produce una cobertura homogénea y una reducción de nivel en el escenario bastante importante.
- Con la configuración **en arco**; la respuesta sigue siendo homogénea, ampliando la cobertura y reduciendo el nivel trasero.

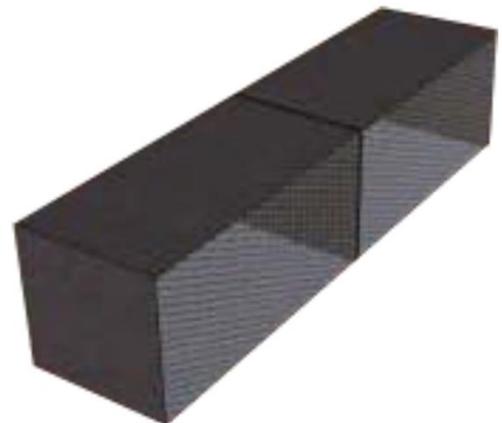
Configuración de subwoofers en bloque

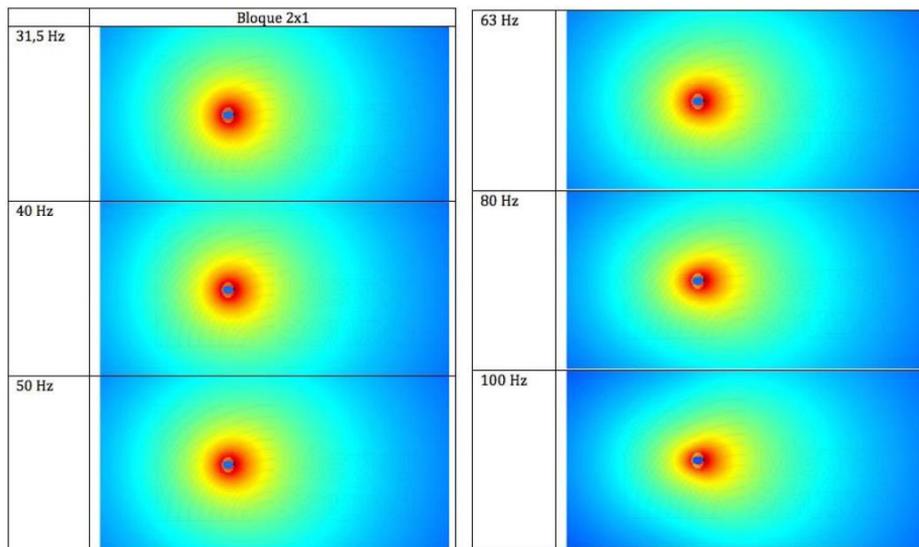
Utilizando dos subwoofers en línea.

Dos fuentes alimentadas con la misma señal, tiempo, nivel y polaridad.

Esta configuración genera una dispersión omnidireccional del sonido en prácticamente todo el rango de frecuencias operativo.

El nivel de presión es de +1,5 dB con respecto a la configuración de dos subwoofers estacados uno encima de otro.





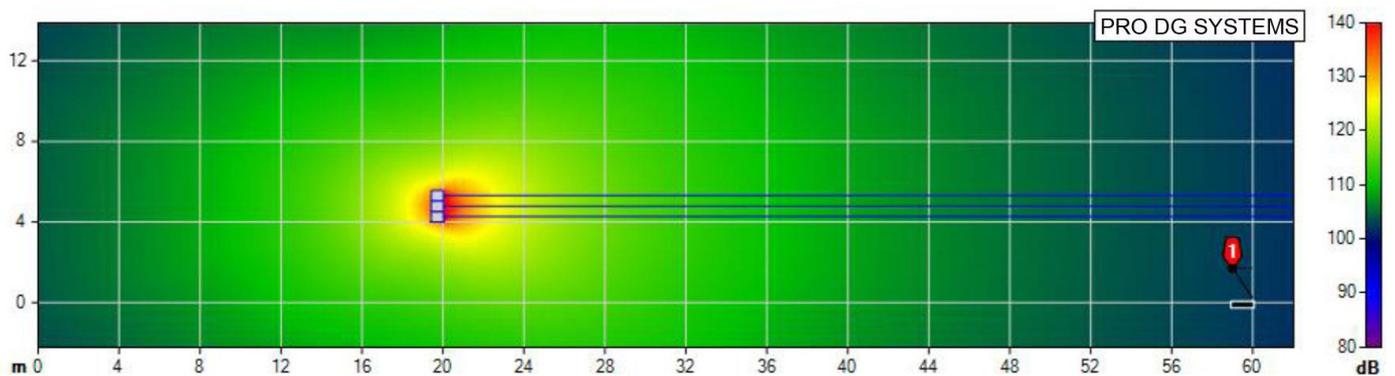
Configuración de subwoofers en stack L & R

Utilizando 3 subwoofers en formato estacado

Se obtienen resultados muy parecidos a los obtenidos con la configuración en bloque.

Ganamos algunos dB, pero seguimos sin tener control en la parte trasera.

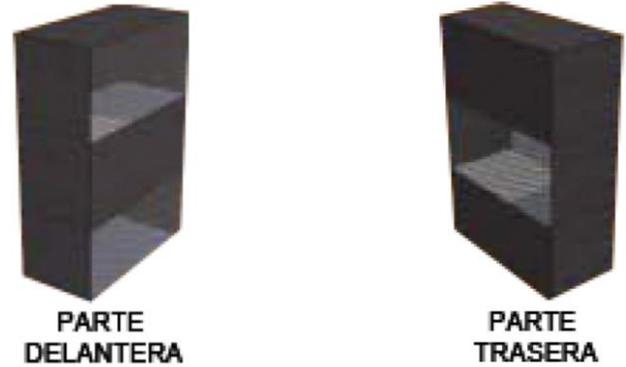
No tener control sobre la parte trasera genera mayor cantidad de dB en la zona del público, pero molestará a los compañeros de escenario.



Configuración stack invertido

Colocando tres subwoofers en formato estacado, con una de sus unidades invertida.

A continuación, colocaremos el micro de medición en la parte trasera, con el subwoofer en posición invertida desconectado y los otros dos subwoofers sonando, tomaremos una referencia de fase.



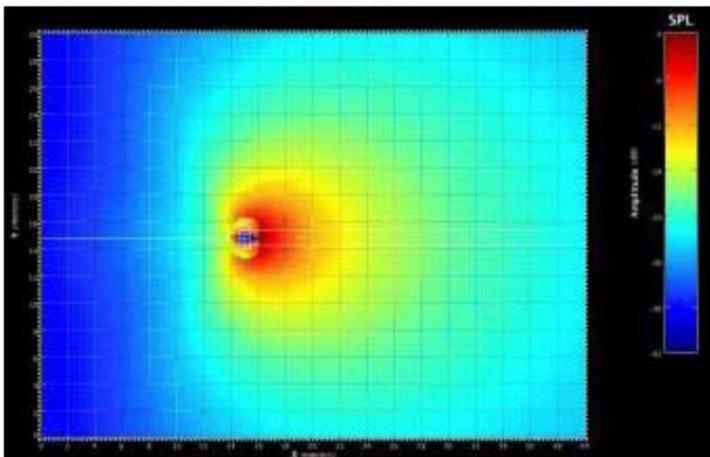
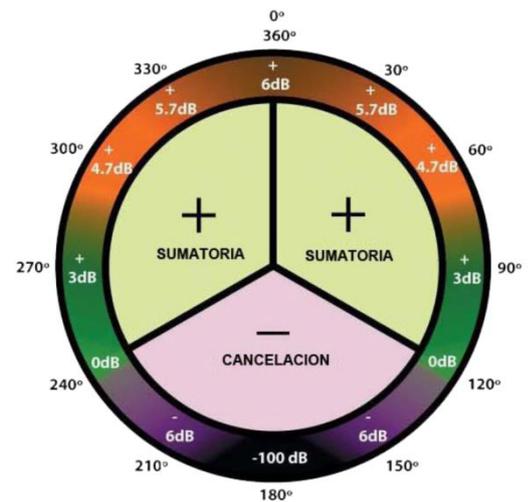
Después conectamos el subwoofer en posición invertida y desconectamos los otros dos subwoofers, tomaremos otra referencia y lo ajustaremos en fase aplicándole el delay correspondiente (aproximadamente 3 ms), por último, aplicaremos un cambio de polaridad al subwoofer en posición invertida.

¿Qué ocurre?

Crearemos interferencias o frecuencias constructivas en la parte delantera, y destructivas en la parte trasera.

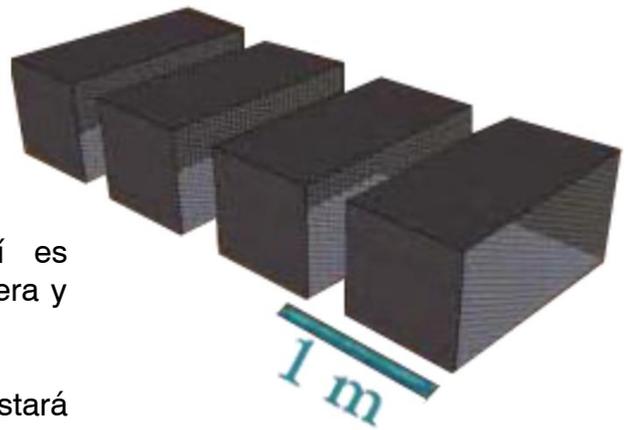
Es decir, lograremos una importante disminución de nivel en el escenario y una leve disminución de presión en la zona del público.

Ejemplo de dispersión a 70 Hz:



Configuración End Fired

Colocando cuatro subwoofers en línea, uno tras otro.



Aunque no es una configuración cardioide, sí es direccional, produciendo atenuación en la parte trasera y bastante suma en la parte delantera.

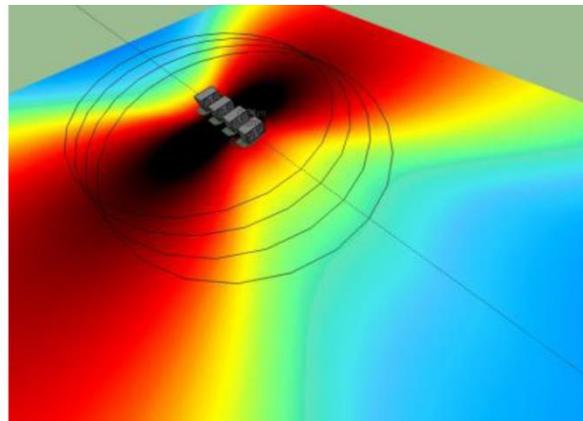
La distancia física de separación entre subwoofers estará determinada por la frecuencia clave. Si por ejemplo, tomamos como frecuencia clave 85 Hz, la distancia de separación entre subwoofers será de 1m:

Deberemos obtener la longitud de onda λ (lambda).

$\lambda = V/F = m$ V: velocidad del sonido; 340 metros x segundo. F: frecuencia en Hz.

$340m \times \text{seg} / 85 \text{ Hz} = 4m. / 4$ (1/4 de la longitud de onda que queremos) = 1 m

Una vez situados los subwoofers físicamente, será necesario aplicar delay para generar la separación necesaria electrónicamente, el objetivo es conseguir que las cuatro unidades se comporten como una sola.



Esto es lo que ocurre si no aplicamos delay electrónico:

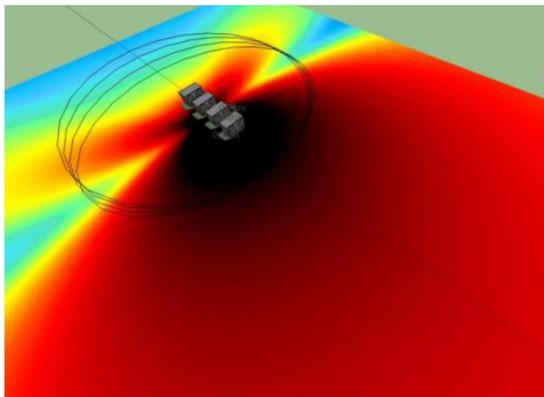
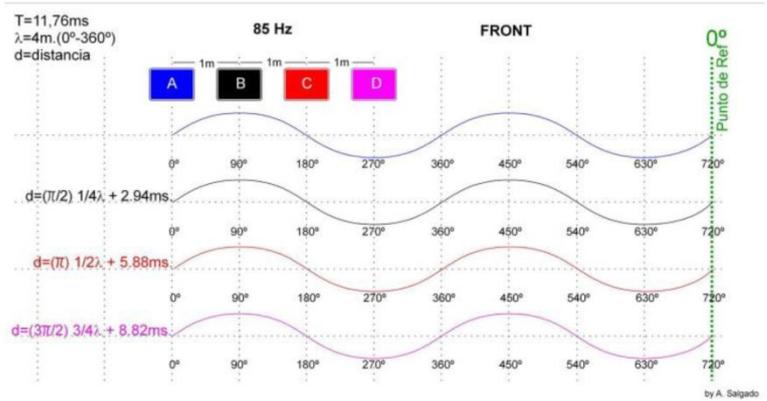
El delay que debemos aplicar vendrá determinado por la siguiente fórmula:

$T = 1 / F$; $1 / 85 \text{ Hz} = 0,01176 \text{ seg} / 4$ (1/4 de un ciclo) = $0,00294 \text{ seg} \times 1000 = 2,94 \text{ ms}$

Por tanto;

- Subwoofer 1; retardo de 0 ms (se entiende que es el más cercano al escenario)
- Subwoofer 2; retardo de 2,94 ms
- Subwoofer 3; retardo de 5,88 ms
- Subwoofer 4; retardo de 8,82 ms

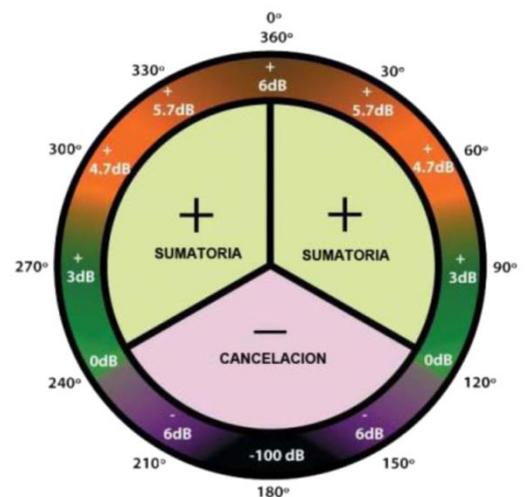
Resultado de nuestra configuración.
Totalmente igualados en fase



Comportamiento del lóbulo tras aplicar el delay electrónico

Como resultado en la parte trasera obtenemos una gran suma de frecuencias constructivas al estar todas las fuentes en fase 90° (sumatoria), por el contrario en la parte trasera tenemos las cuatro unidades en contrafase 180° (cancelación).

Por tanto, podemos considerar que esta configuración no es cardioide y sí direccional.



Configuración en línea cardioide

Utilizando dos subwoofers en línea.

Esta configuración se forma con dos fuentes distanciadas a $\frac{1}{4}$ de la longitud de onda de la frecuencia clave que seleccionemos. Es necesario tener claro este concepto; dos señales paralelas pero con diferente trayectoria, en un mismo punto producen filtros de peine.

$\frac{1}{8}$ arriba de la frecuencia clave escogida, produciendo la primera frecuencia destructiva y la primera cancelación.

Ejemplo: si escogemos como frecuencia clave 40 Hz, tendremos la primera cancelación en 80 Hz (o lo que es lo mismo en su primera octava), lo cual no es adecuado, porque destruye la respuesta en frecuencia de nuestra configuración. Y pasará lo mismo con cada múltiplo impar ($80 \times 3 = 240$ Hz, $80 \times 5 = 400$ Hz, etc).

Si elegimos como frecuencia clave 85 Hz; Debemos obtener la longitud de onda λ (lambda).

$\lambda = V/F = m$ V: velocidad del sonido; 340 metros x segundo. F: frecuencia en Hz.

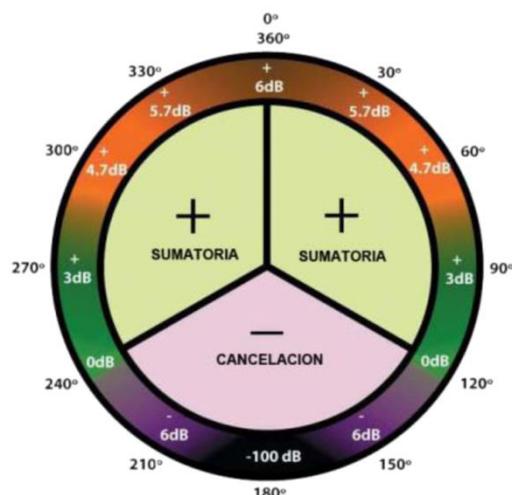
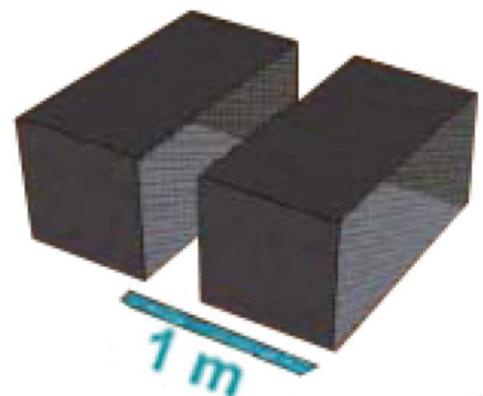
$340m \times \text{seg} / 85 \text{ Hz} = 4m. / 4$ ($\frac{1}{4}$ de la longitud de onda que queremos) = 1 m

Podemos saber que la distancia física entre subwoofers será 1 m

Hemos separado físicamente los subs 90° a 85 Hz, ahora vamos a separar electrónicamente otros 90° el sub trasero, para ello convertimos a tiempo 90° a 85 Hz.

$T = 1 / F$; $1 / 85 \text{ Hz} = 0,01176 \text{ seg} / 4$ ($\frac{1}{4}$ de un ciclo) = $0,00294 \text{ seg} \times 1000 = 2,94 \text{ ms}$.

De esta forma tendremos el sub trasero separado 90° físicos (respecto al delantero) y otros 90° electrónicamente; $90^\circ + 90^\circ = 180^\circ$

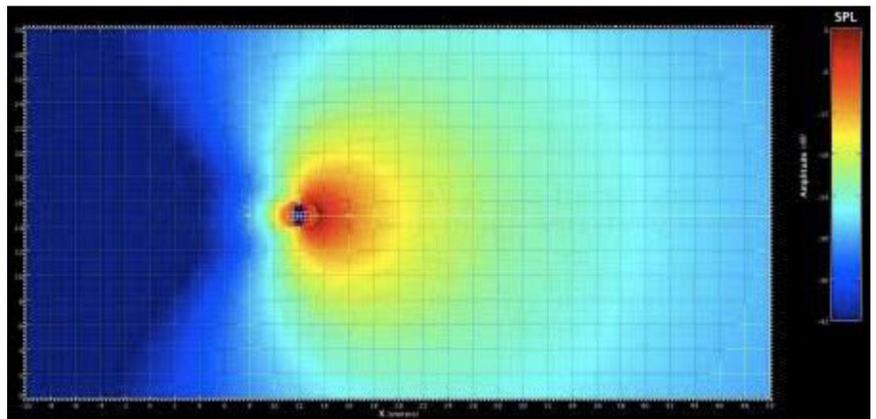


¿Qué ocurre?

Cancelación total de frecuencias destructivas. Simplemente invirtiendo la polaridad del sub trasero volvemos a tener sumatoria o frecuencias constructivas en la parte frontal.

Puesto que el sub trasero está distanciados 90° físicos respecto al delantero y otros 90° electrónicamente; $90^\circ - 90^\circ = 0$ frecuencias constructivas. Pero al estar invertido de polaridad obtenemos cancelación en la parte trasera (escenario) y sumatoria en la parte delantera (zona del público).

Ejemplo de dispersión a 70 Hz:



Con esta configuración perdemos 1,5 dB con respecto a una configuración de dos subwoofers en bloque, pero dejaremos trabajar a los compañeros de monitores.

Configuración en línea horizontal

Colocando ocho subwoofers al lado uno de otro.

Esta configuración está basada en la teoría de Harry F Olson publicada en su libro "Acoustical Engineering" en la que se menciona que; *si situamos dos altavoces a una distancia igual o menor a la mitad de la longitud de onda de la frecuencia de corte superior, creará un un lóbulo de energía hacia delante altamente direccional.*

Como sabemos, una configuración estándar de subwoofers L & R produce zonas de suma y cancelación dependientes de la separación física y, por lo tanto, de la longitud de onda de la frecuencia, apareciendo los típicos "pasillos".

Para evitar estos efectos vamos a crear una línea central de subwoofers y reducir la distancia entre los elementos, para que su separación no sea superior a la mitad de su longitud de onda de la máxima frecuencia a reproducir;

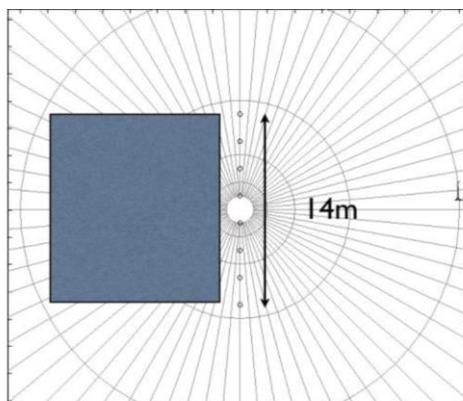
Longitud de onda λ (lambda).

$\lambda = V/F = m$ V: velocidad del sonido; 340 metros x segundo. F: frecuencia en Hz.

Escogiendo como ejemplo de frecuencia máxima 100 Hz. El resultado será;

$340m \times \text{seg} / 100 \text{ Hz} = 3,4m / 2 = 1,70 \text{ m}$ (distancia entre subs que no debemos sobrepasar).

Como ejemplo, realizaremos una configuración cubriendo 14 m de largo y colocando los subs a una distancia de 1,70 m uno del otro.



Una vez colocados los subs a 1,70 m uno del otro veremos el comportamiento de distintas frecuencias en distintos grados, tomando como referencia el eje central. Para observar la relación de fase existente en grados utilizaremos la fórmula;

$D \times F \times 360 / 340$ D; distancia de separación. F; Frecuencia.

360 un ciclo completo y 340 la velocidad del sonido.

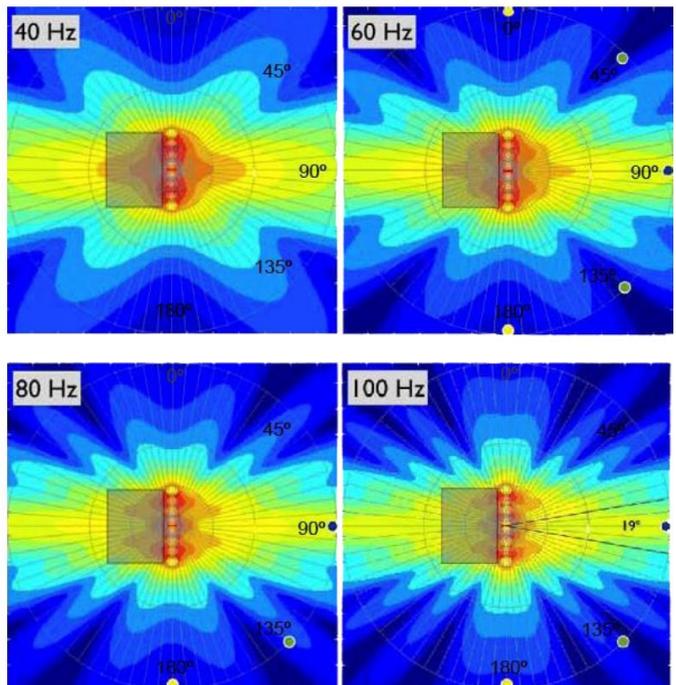
Tomamos como ejemplo una relación de fase en grados para 100 Hz;

$$1,70 \times 100 \text{ Hz} \times 360 / 340 = 180^\circ$$

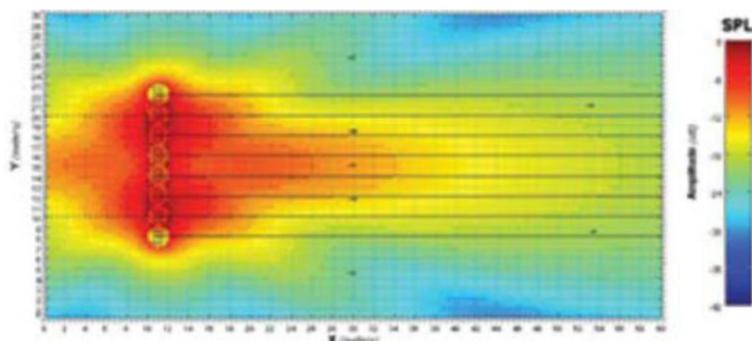
Como podemos observar el patrón se va estrechando a medida que vamos aumentando la frecuencia.

Conclusiones: no debemos separar los subs más de 240° de la frecuencia máxima a reproducir, si lo hacemos aparecerán cancelaciones y los famosos “pasillos”.

Esta configuración está diseñada para trabajar en sitios cerrados donde tenemos paredes laterales y no debemos colocar el sub más cercano a la pared a más de 120° de la frecuencia máxima a reproducir.

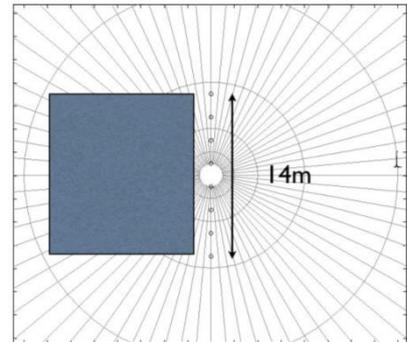


Esta configuración tiene un patrón bastante estrecho y largo, como límite de cobertura tendremos los subs de los extremos y en la parte del escenario también tendremos bastante energía, lo cual puede ser molesto para los compañeros de monitores.



Configuración en arco

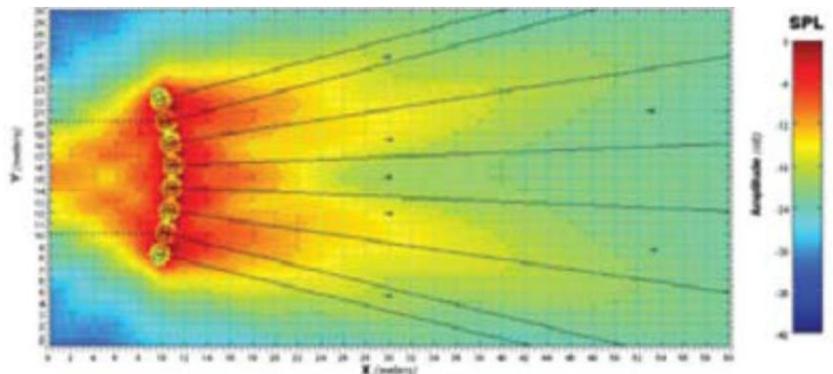
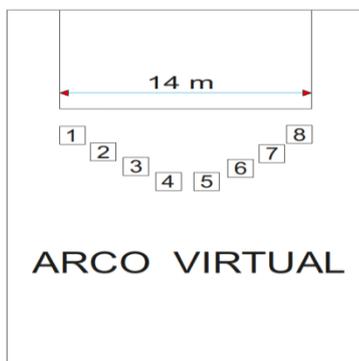
Igual que con la configuración de ocho subwoofers en línea horizontal, la diferencia es que vamos a sacrificar presión en la parte central, a cambio de ganar cobertura general y reducir el nivel de presión en el escenario.



Tomando como punto de partida el ejemplo anterior; colocamos los subs a una distancia de 1,70 entre sí y aplicamos los siguientes delays;

- Subs nº 4 y 5; 0 ms
- Subs nº 3 y 6; 1,50 ms
- Subs nº 2 y 7; 3 ms
- Subs nº 1 y 8; 4,50 ms

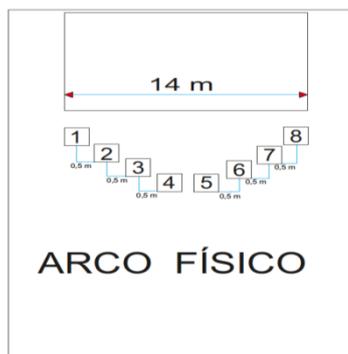
El comportamiento del lóbulo será el siguiente:



Como podemos observar, hemos ganado cobertura general con respecto a la configuración en línea horizontal, pero tenemos una leve reducción de nivel en la zona central, esto puede solucionarse colocando un subwoofer encima del sub nº 4 y otro encima del sub nº 5, recuperando así el nivel en la zona central.

Si no se dispone del suficiente proceso, podemos hacer un arco físico situando los subs de la siguiente forma:

- Subs nº 1 y 8; 0 m
- Subs nº 2 y 7; 0,5 m con respecto al sub 1 y 8
- Subs nº 3 y 6; 0,5 m con respecto al sub 2 y 7
- Subs nº 4 y 5; 0,5 m con respecto al sub 3 y 6



Esta configuración es cada vez más utilizada, logra una cobertura muy homogénea, un buen nivel en la zona del público y una importante disminución en la zona del escenario, su comportamiento es muy bueno en combinación con sistemas Line Array.