
	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018

## 1. IDENTIFICACIÓN DE LA GUÍA

<b>Nombre de la guía:</b>	<b>Guía para arreglo de subgraves cardioides, base teórica desde la física acústica.</b>
<b>Código de la guía (No.):</b>	<i>Ej. 001, 002, ... 100</i>
<b>Taller(es) o Laboratorio(s) aplicable(s):</b>	Laboratorio Luces y Sonido.
<b>Tiempo de trabajo práctico estimado:</b>	5 horas.
<b>Asignatura(s) aplicable(s):</b>	Montaje de sistemas de sonido.
<b>Programa(s) Académico(s) / Facultad(es):</b>	Informática Musical/ Artes y Humanidades.

COMPETENCIAS	CONTENIDO TEMÁTICO	INDICADOR DE LOGRO
Simular distintos arreglos de subgraves cardioides en software de predicción acústica.	Conceptos acústicos para arreglos de subgraves cardioides obteniendo resultados a partir de programas de predicción acústica.	El estudiante diseña y simula en software de predicción acústica distintos arreglos de subgraves cardioides modificando distintos parámetros para lograr objetivos sonoros.

## 2. FUNDAMENTO TEÓRICO

	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018

“En los últimos tiempos, y gracias a la divulgación de las técnicas de medición, el sector tiende hacia el perfecto ajuste y optimización de los sistemas de sonido, no solo a nivel de respuesta o ecualización, sino también en términos de directividad. Se busca cubrir únicamente el área de audiencia sin “manchar” aquellas zonas donde no existe oyente, evitando así reflexiones problemáticas y aprovechando al máximo la energía emitida” (tsa, 2022).

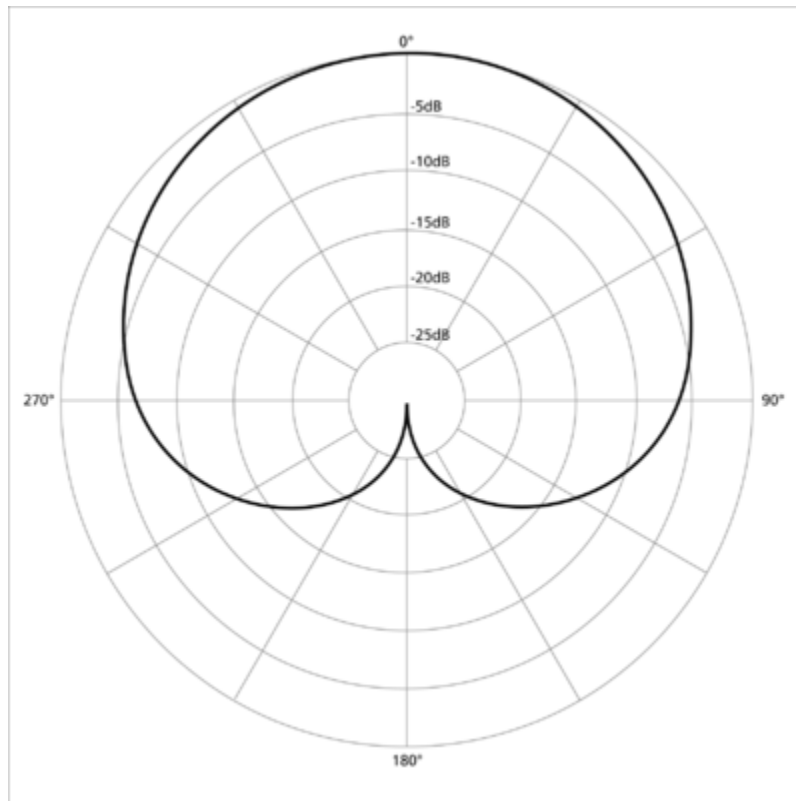
Con base en este objetivo, el diseño de bajos cardioides nos permite cancelar frecuencias y aumentar la directividad en el público de una manera sencilla, el Easy focus nos permitirá simular distintos diseños que podrán ser aplicados a diversos espacios y tener un conocimiento previo de los resultados que obtendremos.

Según la *revista car audio* un subwoofer es “*una unidad de bocina diseñada para producir sonidos de baja frecuencia. Los subwoofers cubren un pequeño rango de frecuencia entre 20 y 200 Hz.*” (Audio, 2022).

Partiendo de estos conceptos nos concentraremos en realizar diseños y simulaciones de arreglos de subgraves cardioides en el programa EASY focus 3 del grupo AFMG (Ahnert Feistel Media Group) para simulaciones acústicas que nos permitirá calcular la cobertura del sonido y su respuesta en frecuencia en caso de realizar las mediciones respectivas.

Tendremos en cuenta algunas consideraciones acústicas y pocas fórmulas para hacer una práctica sencilla donde el estudiante esté en la capacidad de lograr los objetivos y así ser un motivante para un desarrollo de arreglos de subgraves cardioides más profesional.

Un *patrón polar Cardioide* es aquel que su direccionalidad está enfocada en la parte frontal del sistema y cerrado hacia la parte trasera. Su sensibilidad está a  $0^\circ$  como se puede observar en la siguiente imagen.




*(imagen 1, tomada de Wikipedia, patrón polar cardioide)*

### 3. OBJETIVO(S)

#### 3.1 OBJETIVO ESPECÍFICO

Desarrollar una guía de fácil comprensión de arreglo de subgraves cardioides basando los resultados de acuerdo con las predicciones del software utilizado (Easy Focus).

	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018

### 3.2 OBJETIVOS GENERALES

- Simular distintos arreglos de subgraves cardioides en software de predicción acústica.
- Desarrollar guía metodológica que facilite la simulación para futuros montajes de arreglos de subgraves teniendo en cuenta ciertos aspectos de la física acústica.
- Conocer cuáles podrían ser los resultados acústicos de determinado arreglo de subgraves.

### 4. RECURSOS REQUERIDOS

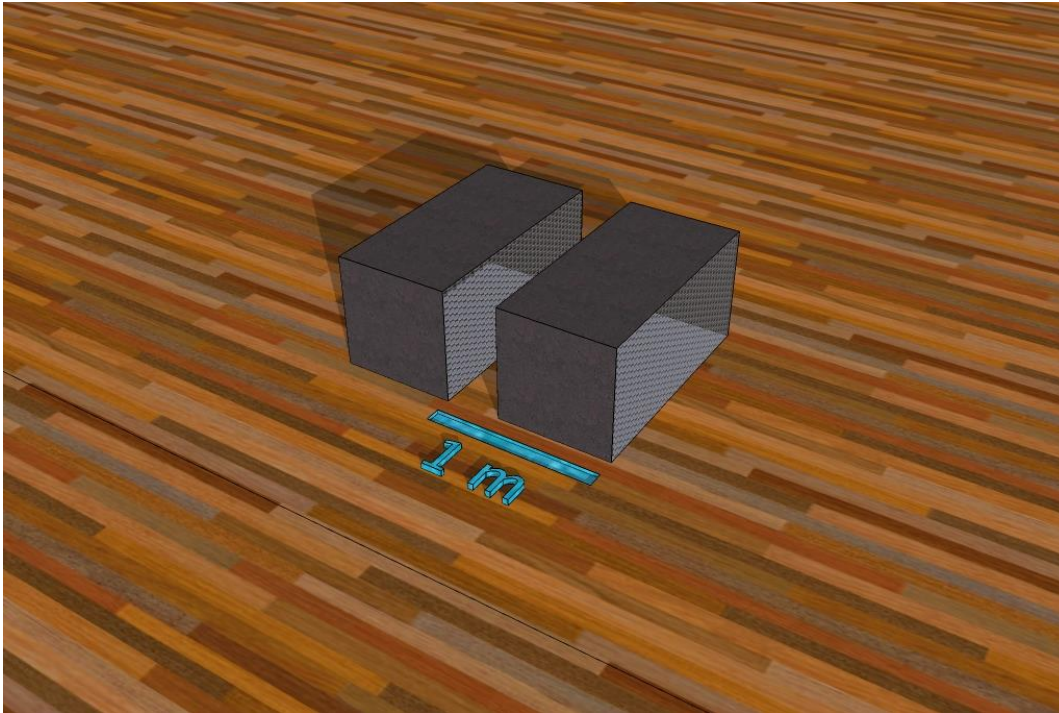
Para el desarrollo de la guía estaremos usando el software de predicción acústica **Easy Focus 3**, en caso tal de usar el mismo software para la aplicación de la guía, se deberán tener los siguientes requerimientos del sistema:

- *Computador (Mínimo 4 GB RAM, 30 GB libres en el disco y 1,5 GHz de velocidad en el procesador )*
- *Software EASE FOCUS 3 versión 3.3.*
- *Mouse, en caso de tener un portátil.*
- *Conexión a internet.*

### 5. PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO.

Con la aplicación de los arreglos de subgraves cardioides logramos minimizar las reflexiones causadas por obstáculos en la parte trasera del sistema, también se busca limpiar de frecuencias bajas la zona del escenario y dichas frecuencias hacen que el trabajo de monitoreo pueda volverse más complejo y logramos aumentar/mejorar la directividad en la zona de audiencia, esto quiere decir que tendremos un mejor aprovechamiento de las frecuencias bajas donde realmente las necesitamos.


**1) ARREGLO DE DOS ELEMENTOS EN LINEA.**



*(imagen de referencia)*

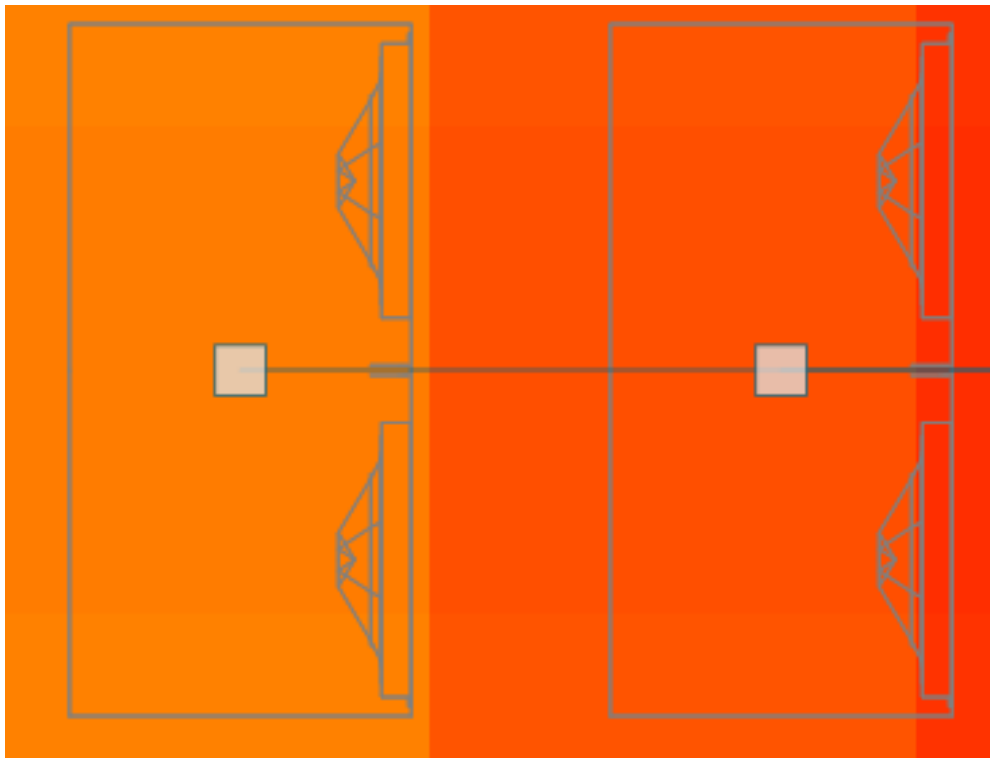


*(imagen de referencia – cdj entretenimiento)*

	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018


El objetivo principal de este arreglo es conseguir limpiar o cancelar reflexiones (sonido, frecuencias) donde no existe zona de audiencia, evitamos la energía de baja frecuencia en el escenario facilitando la compresión sonora del monitoreo y direccionando y aprovechando al máximo la energía emitida por los subgraves en la zona de audiencia.

Para este arreglo se hará uso de dos sistemas de sonido, un subgrave frontal, su fuente o altavoz estará apuntando directamente a la zona de audiencia y un subgrave trasero que estará detrás del subgrave frontal y su fuente o altavoz estará apuntando a la zona de audiencia.



estarán distanciados a  $\frac{1}{4}$  de la longitud de onda de la frecuencia de referencia que se está trabajando, esta frecuencia se debe elegir cuidadosamente ya que al tener la señal original y la misma pero retrasada en el tiempo generará un comb filter causando interferencias destructivas, la primera aparecerá una octava arriba. Así entonces, se tendrá que elegir una frecuencia de referencia que al causar la primera cancelación este fuera del rango de los subgraves. (Roda, 2022)

Para entender y poder aplicar mejor este arreglo, se plantea el siguiente ejercicio:

	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018

- 1) Elija una frecuencia de referencia que se encuentre dentro del rango de frecuencia presentada en el data sheet del bajo a usar, en este ejemplo se usarán los bajos LX218CA de la empresa DAS. (rango de frecuencia 28Hz – 100Hz).

Si tomamos 85 Hz como frecuencia de referencia para el ejercicio, su primera cancelación estará en 170 Hz que es una octava arriba de la frecuencia de referencia, esto no afectará el ejercicio puesto que está fuera de la frecuencia de los subgraves LX218CA.

- 2) Luego, debemos hallar la distancia física a la que estarán separados los subgraves, comenzaremos hallando la longitud de onda. Para obtener la longitud de onda se divide la velocidad del sonido entre la frecuencia de referencia, a 20°C la velocidad del sonido es  $344 \frac{m}{s}$

$$\lambda_{(m)} = \frac{C \left( \frac{m}{s} \right)}{F (Hz)}$$

$$\lambda_{(m)} \frac{344 \frac{m}{s}}{85 (Hz)} = 4 \text{ mt}$$


Como dijimos inicialmente, necesitamos  $\frac{1}{4}$  de la longitud de onda, entonces dividimos el resultado anterior (4mt) en 4:

$$\frac{4(m)}{4} = 1 \text{ mt}$$

Una vez encontrado el resultado se identifica la distancia a la que deberán estar separados los dos sistemas físicamente, virtualmente también se debe realizar una separación de  $90^\circ$  con un retraso de la señal, esta será aplicada a la fuente trasera del arreglo.

Con la definición del periodo de ondas (*es la cantidad de tiempo que cuesta finalizar una revolución completa de un ciclo de onda*) se procede a convertir el desfase aplicado de  $90^\circ$  a términos de tiempo en milisegundos.

- 3) Convertir a tiempo  $90^\circ$  en 85 Hz

	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018

Periodo :  $T = \frac{1}{f}$

$$T = \frac{1}{85} = 0,01176\text{seg}$$

Al igual que en el paso 2 se debe dividir entre 4 el resultado ya que 90° equivalen a ¼ del ciclo.

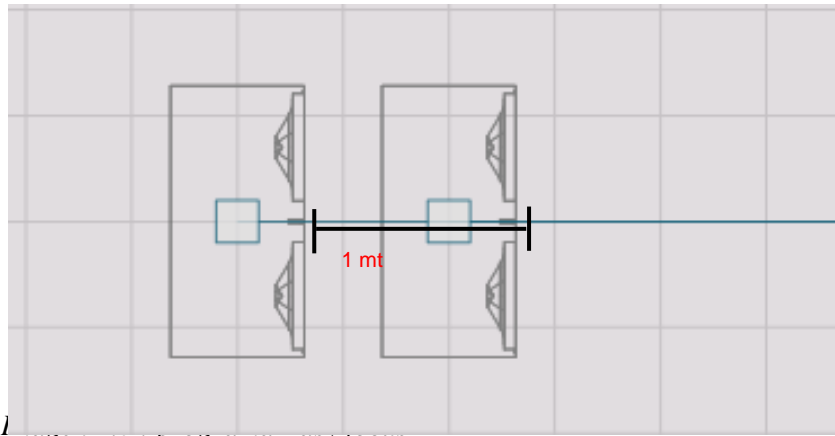
$$\frac{0,01176 \text{ (seg)}}{4} = 2,94(\text{ms})$$

Entonces, **para la fuente frontal del arreglo:** está distanciada 90° (1mt) de la fuente trasera, además, la fuente trasera se encuentra distanciada virtualmente otros 90° (2,94ms) , al sumar esto nos da 180° lo que significa interferencia destructiva, si invertimos la polaridad de la fuente frontal se obtendrá una interferencia constructiva al frente.

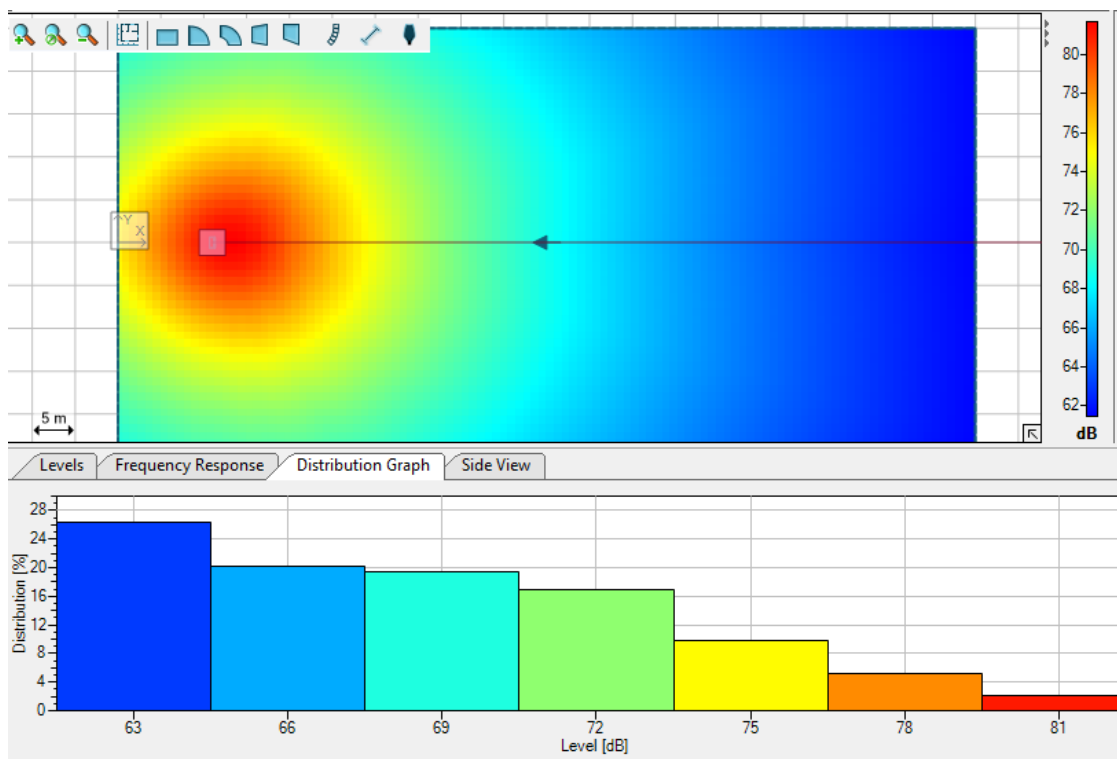
**Para la fuente trasera del arreglo:** las fuentes están distanciadas físicamente 90° (1mt) siendo neutralizado por los 90° de retraso digital (2.94 ms), esto vuelve a unir las fuentes (90°-90° = 0°) causando una interferencia constructiva en la fuente trasera, pero como se invirtió la polaridad en una de las fuentes (fuente frontal) conseguiremos obtener interferencia destructiva en la zona trasera del arreglo.

- 4) Al sumar los 90° de distancia física con 90° de distancia virtual (digital) se obtendrá interferencia destructiva, en este paso invertiremos la polaridad de la fuente frontal obteniendo así interferencia constructiva al frente del arreglo e interferencia destructiva en la zona trasera del arreglo.






En la imagen 1.1 podremos comenzar a evidenciar los cambios a lo largo del proceso del sistema de dos elementos en línea.

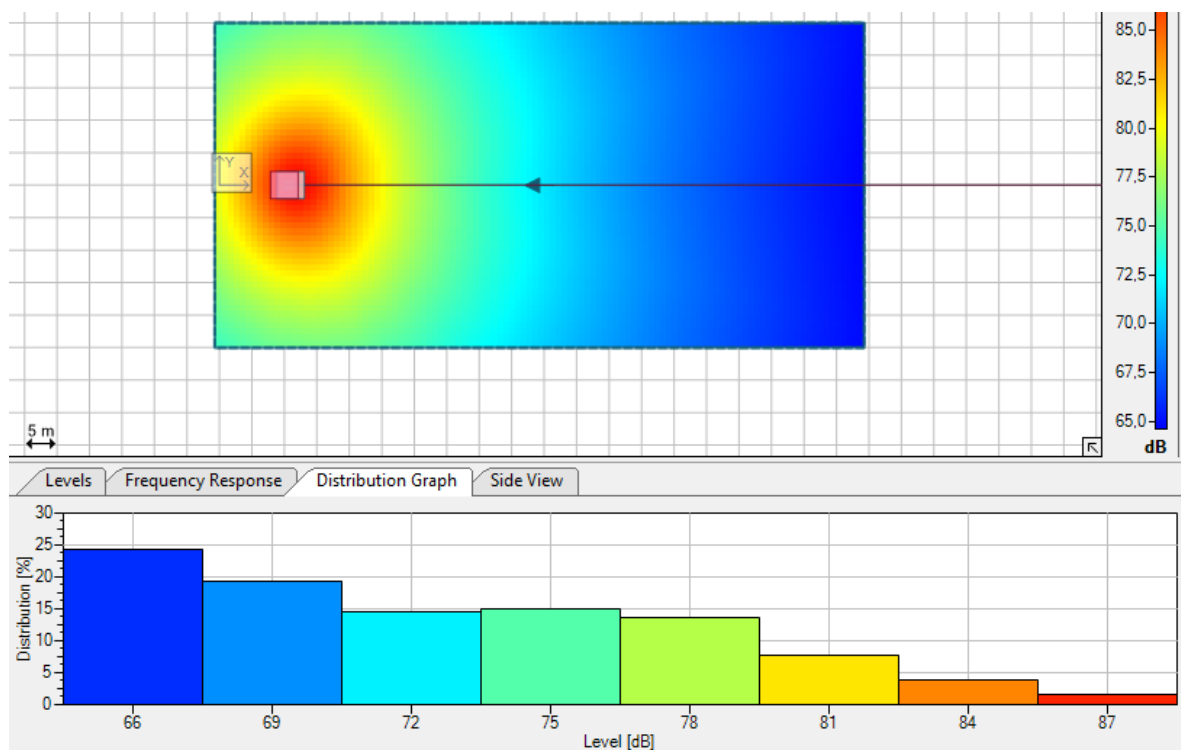


*(Imagen 1.1 dos elementos en línea en condiciones iniciales, no se afecta ningún parámetro).*

	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018

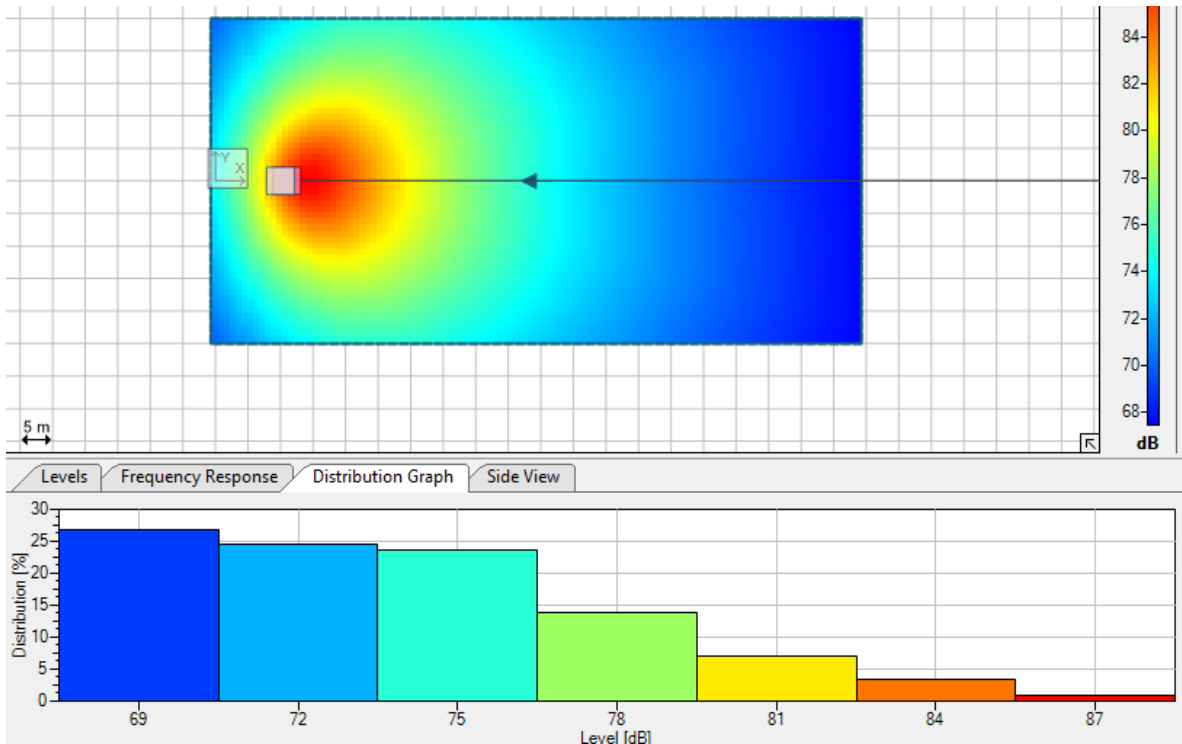
Los colores que se aprecian en la Imagen indican la distribución gráfica en porcentajes de los decibels en toda la zona, en la parte derecha de la imagen se encuentra una barra indicadora de decibels y su color respectivo, en la parte inferior un gráfico de barras que indicaran el porcentaje respectivo para los decibels.

En la imagen 1.2 distanciamos los subgraves 1mt físico (paso 2) vemos como cambia el lóbulo respecto a la imagen 1.1, cambio que también podemos evidenciar en los valores de distribución gráfica que nos indican el porcentaje de los dB en toda la zona.



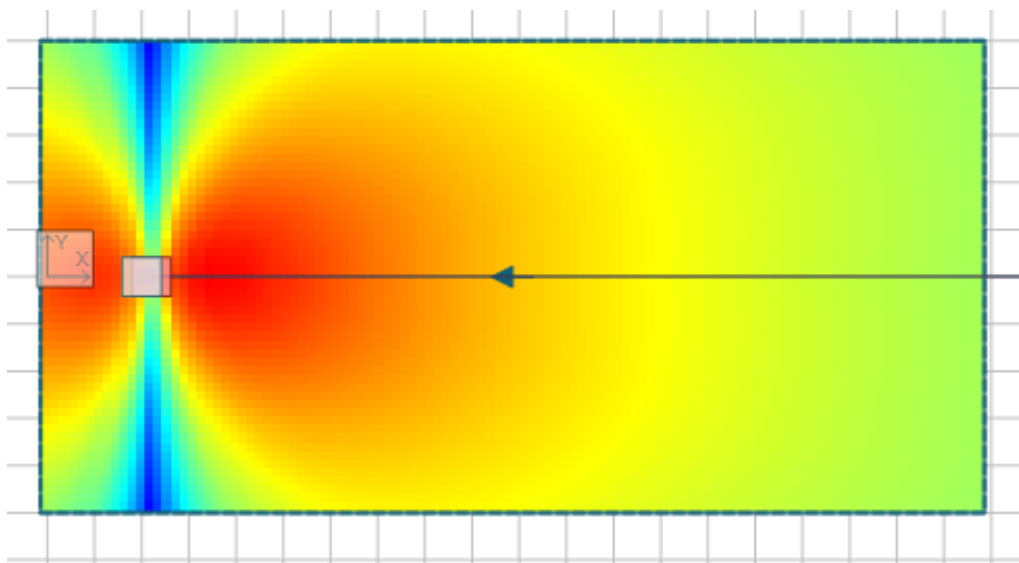
(Imagen 1.2, dos elementos en línea separados físicamente 1mt).


En la imagen 1.3 a demás de estar distanciados los subgraves físicamente agregaremos el paso 2 donde los distanciamos digitalmente 90° (2,94ms)



(imagen 1.3, dos elementos en línea separados físicamente y digitalmente).

En la imagen 1.4 invertimos la polaridad al subgrave frontal (paso 4) , y se evidencia la direccionalidad en la zona de audiencia.



	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018

(Imagen 1.4, dos elementos en línea, separados físicamente y con la polaridad invertida en el subgrave frontal).

si el ejercicio fuese llevado a la realidad y se tomara la medición acústica de cada subgrave y relacionados entre sí, podremos evidenciar que la energía con la que llega cada uno a un punto X de referencia es distinta, la presión será mayor para uno de los subgraves, entonces para corregir la diferencia de presión ejercida a un punto X aplicaremos atenuación a uno de los subgraves.

- 5) Aplicaremos una atenuación no muy agresiva en el subgrave trasero, esta atenuación será de ejemplo para el ejercicio, como se menciona anteriormente si el ejercicio fuese llevado a una aplicación real, podríamos conocer el valor aproximado de la diferencia de presión entre los subgraves. **Aplicaremos una atenuación de -2.2dB**

Veamos gráficamente la diferencia de la respuesta que tendría nuestro arreglo sin atenuación y con atenuación.

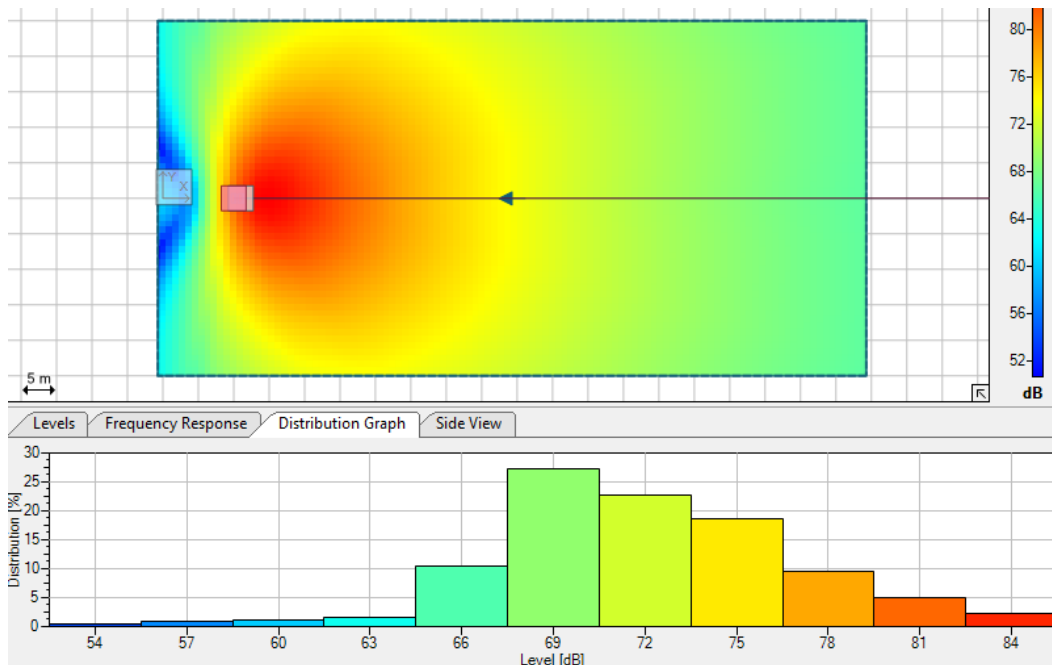
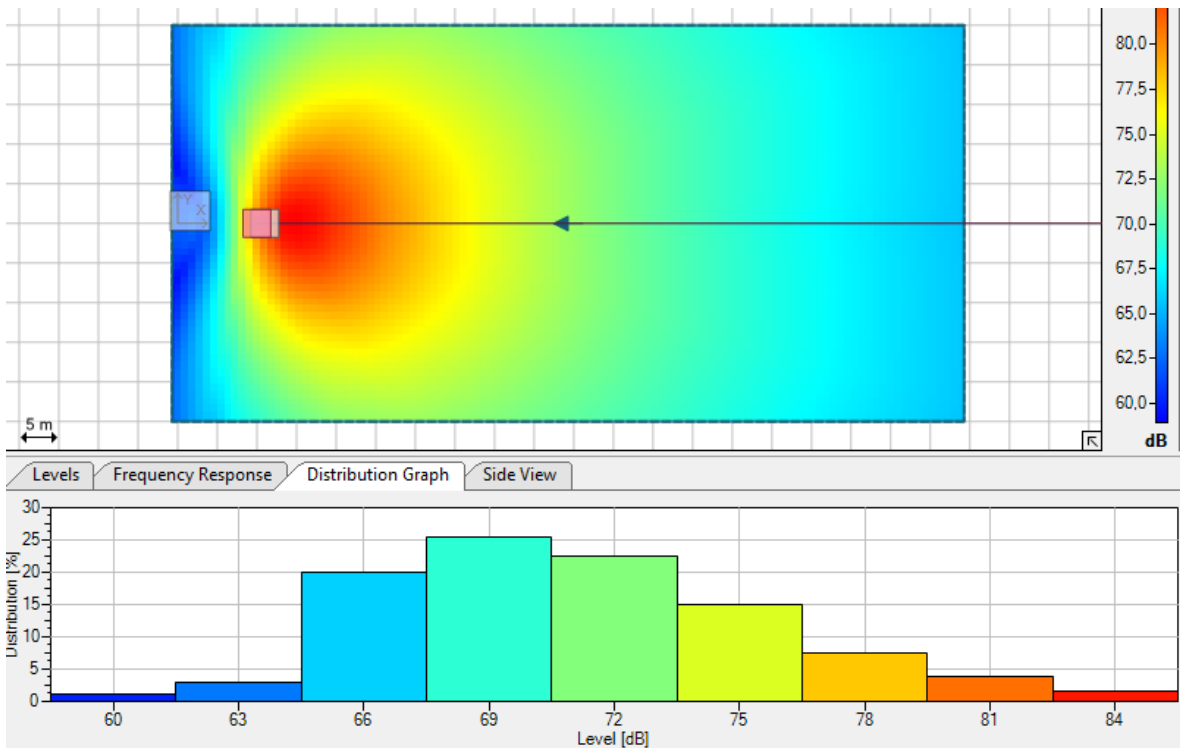


Imagen 1.5 (dos elementos en línea, separado virtual y digitalmente, sin atenuación en la caja trasera)




*Imagen 1.6 (dos elementos en línea, separados virtual y digitalmente con atenuación en la caja trasera de -2.2dB)*

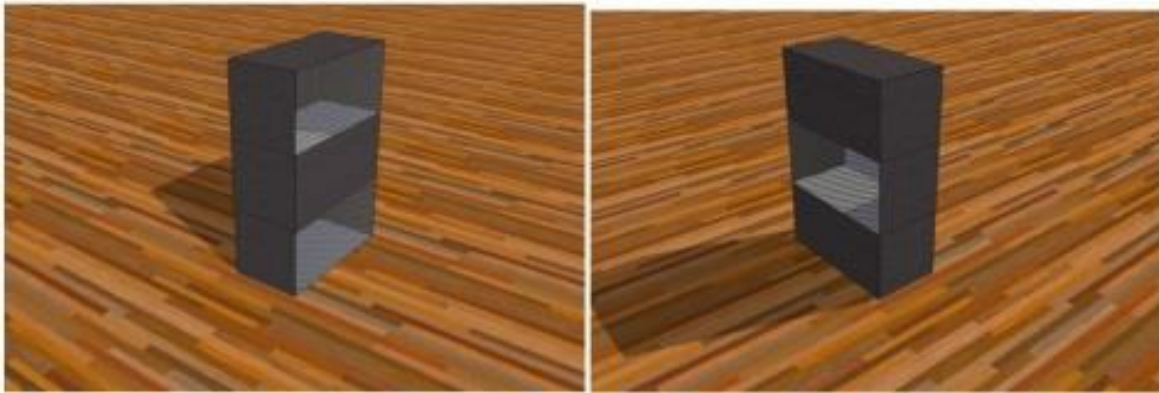
Vemos una gran efectividad de la cancelación en la parte trasera logrando así el objetivo de limpiar la zona del escenario y mejorar la directividad de baja frecuencia en la zona de audiencia, de igual manera se podrán variar las condiciones de los subgraves teniendo en cuenta el espacio, ya evidenciamos la efectividad bajo las fórmulas, pero cada persona podrá modificar los parámetros según sus necesidades.

## 2) STACK INVERTIDO

Este arreglo puede armarse de al menos 2 formas diferentes comprometiendo 2 o 3 fuentes.

	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018

## 2.1) STACK INVERTIDO - 3 FUENTES




*Imagen 2 (arreglos cardioides de subwoofer – 3 fuentes)*



*(Imagen de referencia, stack invertido 3 fuentes)*

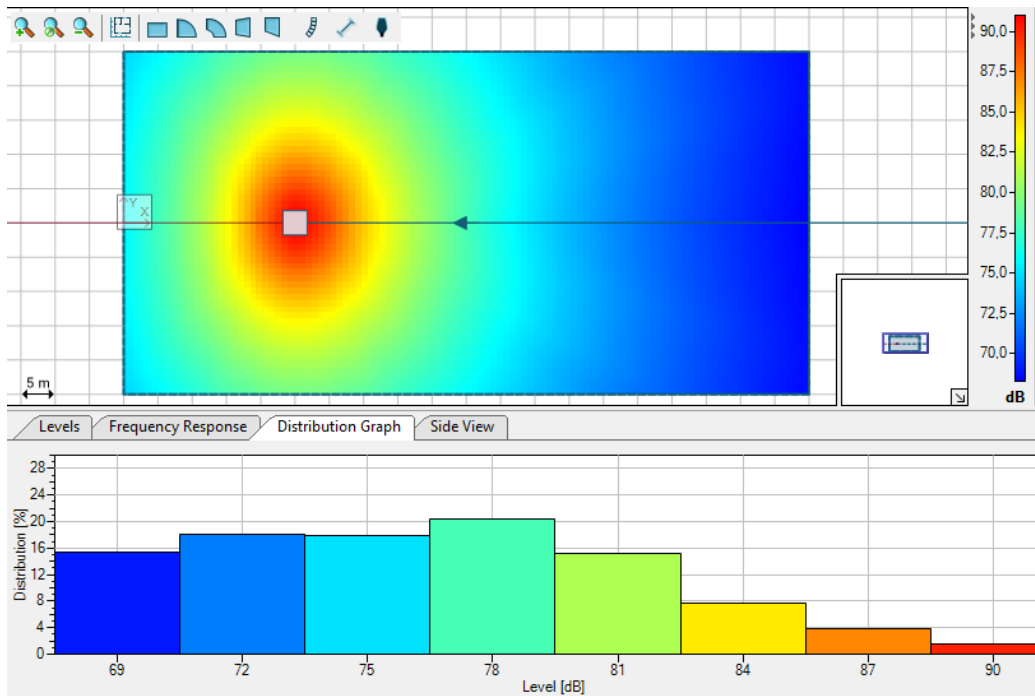
Este arreglo consta de 3 subgraves, estarán ubicados de forma vertical (uno encima del otro) el primer subgrave se encuentra apuntando hacia la zona de audiencia, el segundo subgrave se encuentra encima

	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018

del primero y apunta en dirección contraria a la zona de audiencia, y el tercer subgrave se encuentra encima del segundo apuntando hacia la zona de audiencia. (*ver imagen de referencia*).

el objetivo será exactamente el mismo al arreglo anterior (dos elementos en línea) conseguir limpiar o cancelar reflexiones (sonido, frecuencias) donde no existe zona de audiencia, evitamos la energía de baja frecuencia en el escenario facilitando la compresión sonora del monitoreo y direccionando y aprovechando al máximo la energía emitida por los subgraves en la zona de audiencia.

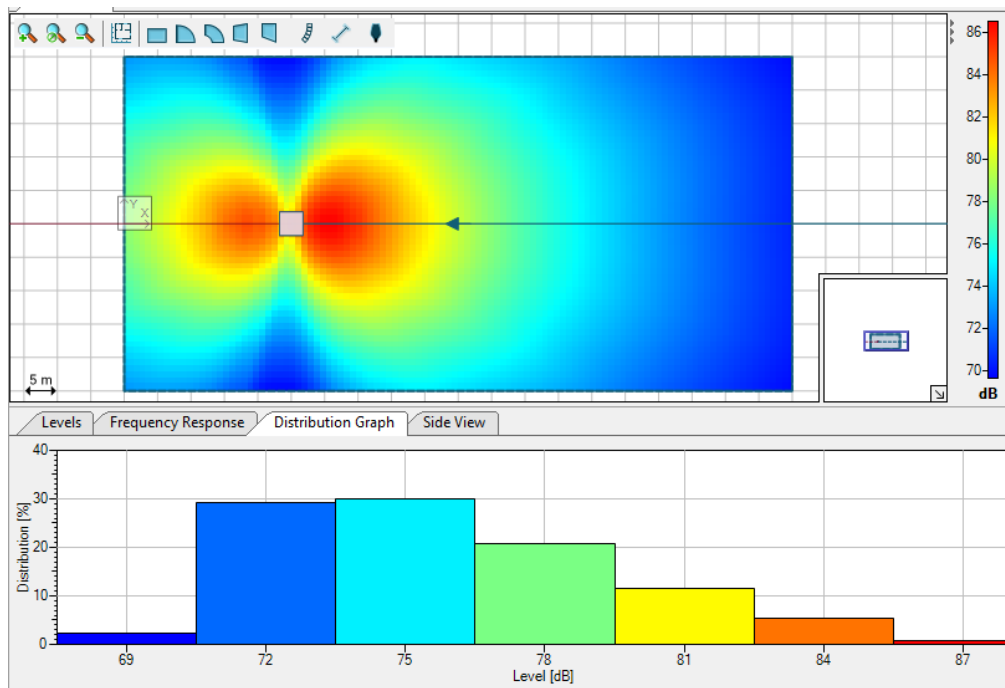
Veamos una imagen del sistema sin afectar sus parámetros, en una condición inicial.



*Imagen 2.1 (stack invertido en condiciones iniciales, no se afecta ningún parámetro)*

*Los colores que se aprecian en la Imagen indican la distribución gráfica en porcentajes de los decibeles en toda la zona, en la parte derecha de la imagen se encuentra una barra indicadora de decibeles y su color respectivo, en la parte inferior un gráfico de barras que indicaran el porcentaje respectivo para los decibeles.*


- 1) Para este arreglo debemos invertir la polaridad del sistema del medio ya que al tener fuentes alineadas no obtenemos la cancelación deseada en la parte trasera del sistema.



*Imagen 2.2 (stack invertido, con la polaridad invertida en el sistema del medio)*

- 2) Para aumentar la efectividad de la cancelación en la parte trasera del arreglo debemos alinear correctamente la contrafase con un delay en el sistema del medio, sabremos que es efectivo cuando se evidencie la cancelación.



	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018

No realizamos un delay agresivo para no afectar demasiado la respuesta en frecuencia y la directividad del sistema de sonido dirigido a la zona de audiencia, el delay agregado fue de 3 ms

- 3) Aplicar una atenuación de -3.0 dB en el sistema superior e inferior para mejorar la directividad y la respuesta en frecuencia (recordemos que en el arreglo de dos elementos en línea debíamos agregar una atenuación para tratar de igualar la diferencia de presión en un punto X ) para este sistema también aplica.

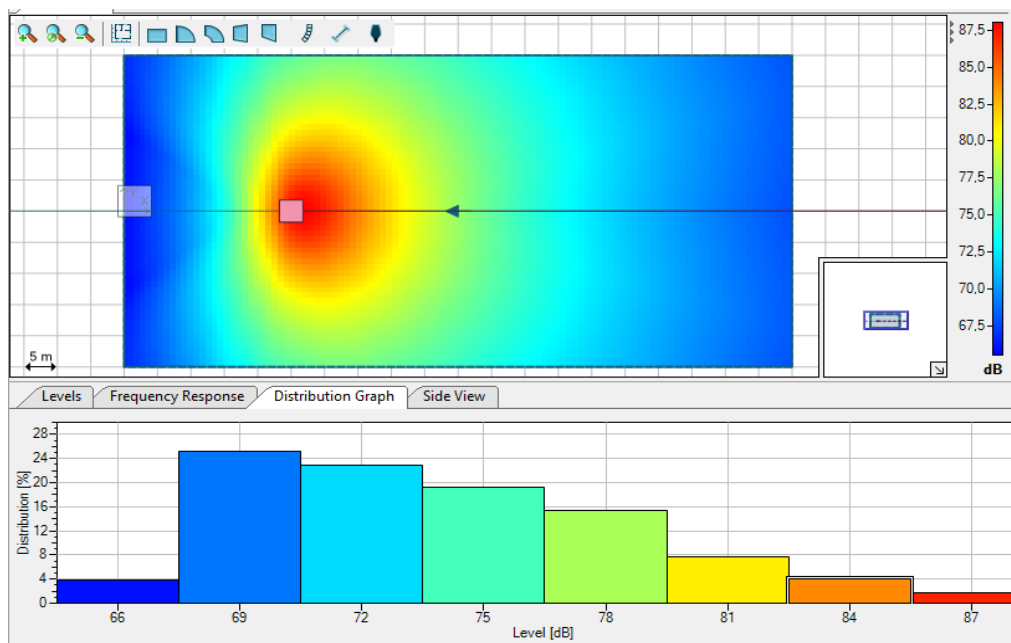



Imagen 2.3 (stack invertido, delay en sistema del medio y con una atenuación de -3.3 dB)

Con la Imagen 2.3 evidenciamos como se logra el objetivo de limpiar el escenario y mejorar la directividad en la zona de audiencia, vemos en la distribución gráfica cómo se reducen los decibeles en la zona del escenario y más direccionados a la zona de audiencia.

	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018

## 2.2) STACK INVERTIDO 2 FUENTES




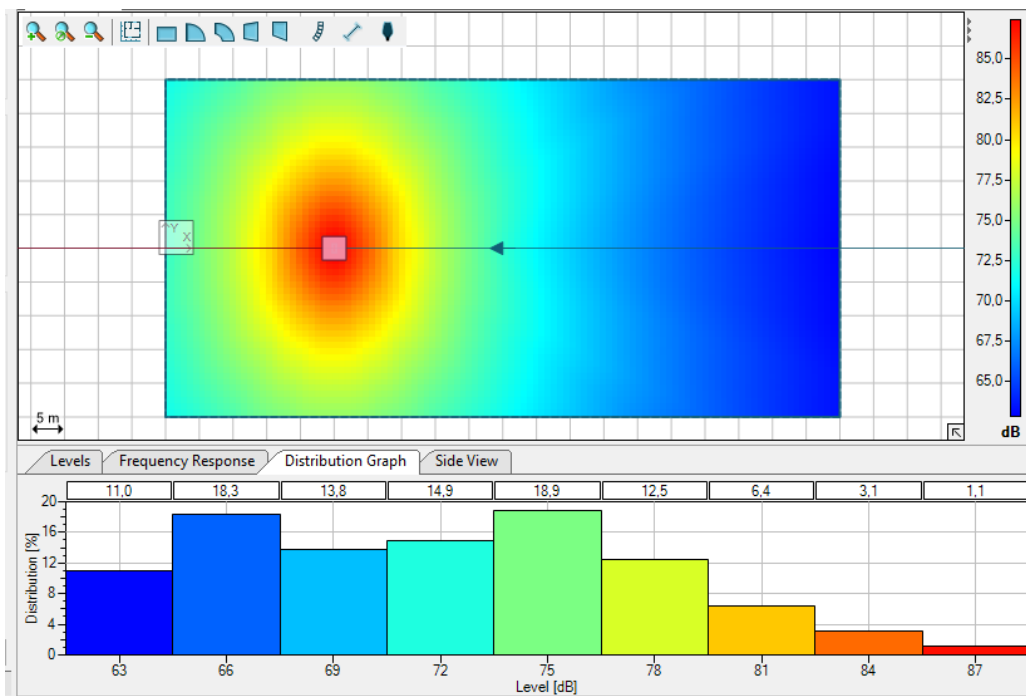
*(imagen 2.4, stack invertido, 2 fuentes).*

Para este arreglo contamos con 2 fuentes (subgraves) una encima de otra, el primer subgrave (subgrave inferior) estará apuntando hacia la zona de audiencia y la de encima (subgrave superior) estará invertida, en dirección opuesta a la zona de audiencia.

el objetivo será exactamente el mismo al arreglo anterior (dos elementos en línea) conseguir limpiar o cancelar reflexiones (sonido, frecuencias) donde no existe zona de audiencia, evitamos la energía de baja frecuencia en el escenario facilitando la compresión sonora del monitoreo y direccionando y aprovechando al máximo la energía emitida por los subgraves en la zona de audiencia.

En condiciones iniciales este es nuestro arreglo:

	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018



*Imagen 2.5 (stack invertido, 2 fuentes – estado inicial)*

*Los colores que se aprecian en la Imagen indican la distribución gráfica en porcentajes de los decibeles en toda la zona, en la parte derecha de la imagen se encuentra una barra indicadora de decibeles y su color respectivo, en la parte inferior un gráfico de barras que indicaran el porcentaje respectivo para los decibeles.*

En esta ocasión modificaremos los parámetros del subgrave superior, el objetivo será el mismo que en los ejercicios anteriores, cancelar frecuencias en la parte trasera del arreglo y mejorar la directividad en la zona de audiencia.

- 1) Aplicaremos una atenuación no muy agresiva (-2.0 dB) del subgrave superior
- 2) invertiremos la polaridad del subgrave superior
- 3) Aplicaremos un delay (3.5 ms).

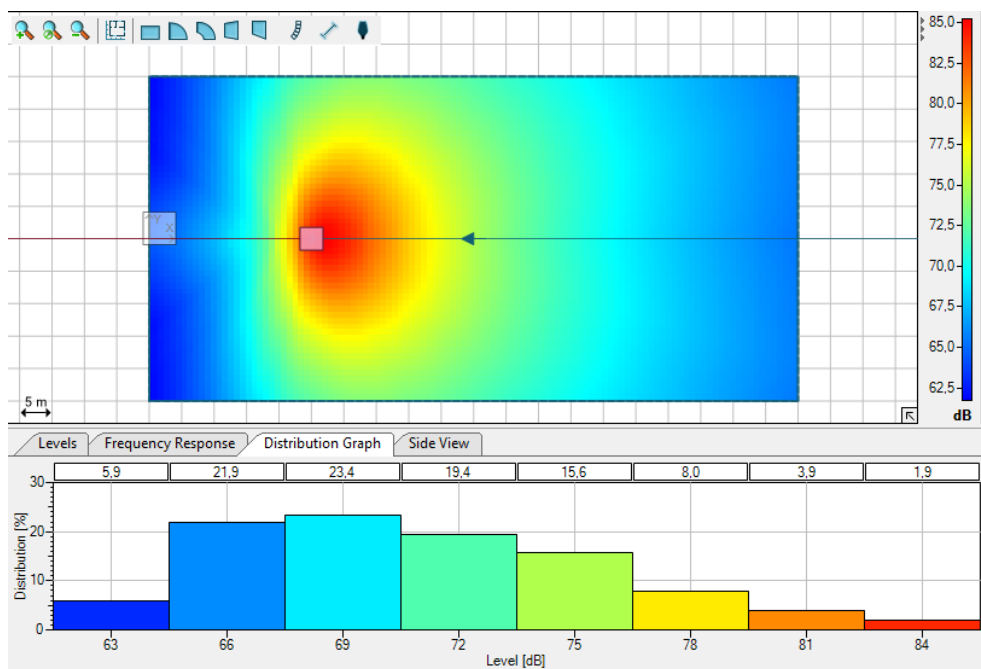


Imagen 2.6 (stack invertido, 2 fuentes- subgrave superior -2.0 dB de atenuación , polaridad invertida, delay 3.5 ms).


con la imagen 2.6 evidenciamos como logramos el objetivo de limpiar la zona del escenario y mejorar la directividad en la zona de audiencia.

Estos parámetros están siendo modificados de acuerdo con las fórmulas planteadas en el primer ejercicio, de igual manera a la hora de que cada persona realice determinado montaje deberá tener en cuenta que los equipos que se usen tienen variables en sus características y la zona de audiencia también puede variar. En los ejemplos se trata de afectar lo menos posible las variables cuando estemos cerca del resultado deseado.

Como vemos en la imagen 2.6 logramos cancelar las frecuencias que estaban afectando la zona trasera y aumentamos la directividad hacia la zona de audiencia.

## 6. PARÁMETROS PARA ELABORACIÓN DEL INFORME

- 1) Realizar un informe con formato IEEE.

	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018

- 2) Aplicar la guía a un montaje real, realizando las simulaciones respectivas para la predicción de los resultados que se esperan obtener.
- 3) Realizar muestras fotográficas del arreglo realizado.
- 4) Explicar si la predicción acústica se acerca a los resultados obtenidos.
- 5) Realizar la entrega en el formato del software de la predicción acústica.


## 7. DISPOSICIÓN DE RESIDUOS

*Para esta práctica no se generan residuos.*

## 8. BIBLIOGRAFÍA

### Bibliografía

- audio, a. (12 de 05 de 2022). *amate audio*. Obtenido de [https://amateaudio.com/wp-content/uploads/dc/products/xcellence/others/ESP\\_manual\\_subwoofers\\_amateaudio.pdf](https://amateaudio.com/wp-content/uploads/dc/products/xcellence/others/ESP_manual_subwoofers_amateaudio.pdf)
- Audio, R. c. (07 de 06 de 2022). *REVISTA CAR AUDIO*. Obtenido de <https://www.revistadecaraudio.com/pregunta-la-diferencia-subwoofer-woofer>
- campus virtual ull*. (12 de 05 de 2022). Obtenido de [https://campusvirtual.ull.es/ocw/file.php/5/Fundamentos\\_fisicos\\_del\\_sonido\\_y\\_acustica.pdf](https://campusvirtual.ull.es/ocw/file.php/5/Fundamentos_fisicos_del_sonido_y_acustica.pdf)
- Roda, J. L. (12 de 05 de 2022). *Doctor pro audio*. Obtenido de [https://www.doctorproaudio.com/doctor/cajondesastre/pdfs/Bajado\\_de\\_DoctorProAudio\\_com-Ajuste\\_de\\_subgraves\\_cardioides-Joan\\_La\\_Roda-DAS\\_Audio.pdf](https://www.doctorproaudio.com/doctor/cajondesastre/pdfs/Bajado_de_DoctorProAudio_com-Ajuste_de_subgraves_cardioides-Joan_La_Roda-DAS_Audio.pdf)
- tsa. (07 de 06 de 2022). *tsa*. Obtenido de <https://www.tsa-sound.com/abc-arreglos-cardioides-part1/>

	<b>GUÍA DE TRABAJO PRÁCTICO - EXPERIMENTAL</b> Talleres y Laboratorios de Docencia ITM	Código	FGL 029
		Versión	02
		Fecha	08-10-2018

Wörner, I. C. (12 de 05 de 2022). *scribd*. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/102782778/ANALISIS-Y-MEDICION-DE-ARREGLOS-DE-SUBGRAVES-PARA-ESCUELA-DE-SONIDO-SANTO-TOMAS-TEMUCO>

---

***Elaborado por:*** *Yuliana Rodríguez Jiménez*

---

***Revisado por:*** *Oscar Cardoso*

---

***Versión:*** *Número de la versión de la guía*

---

***Fecha:*** *23 de Agosto de 2022*

---