



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

ELABORACIÓN DE UNA GUÍA METODOLÓGICA QUE RECOPILE TÉCNICAS DE  
MEZCLA PARA SONIDO EN VIVO, TOMANDO COMO BASE LAS  
PRESENTACIONES QUE OFRECE EL EQUIPAMIENTO DE REFUERZO  
SONORO QUE POSEE LA UNIVERSIDAD DE LAS AMÉRICAS

AUTORES

Cristian Alexander Guerrón Mafla  
Katherine Lizeth Quelal Guerrero

AÑO

2018



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

ELABORACIÓN DE UNA GUÍA METODOLÓGICA QUE RECOPILE  
TÉCNICAS DE MEZCLA PARA SONIDO EN VIVO, TOMANDO COMO BASE  
LAS PRESENTACIONES QUE OFRECE EL EQUIPAMIENTO DE REFUERZO  
SONORO QUE POSEE LA UNIVERSIDAD DE LAS AMÉRICAS.

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos  
establecidos para optar por el título de Ingenieros en Sonido y Acústica.

Profesor guía

Ms. Paul Adrián Cabezas Yáñez

Autores

Cristian Alexander Guerrón Mafla

Katherine Lizeth Quelal Guerrero

Año

2018

## DECLARACIÓN PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido este trabajo, ELABORACIÓN DE UNA GUÍA METODOLÓGICA QUE RECOPILE TÉCNICAS DE MEZCLA PARA SONIDO EN VIVO, tomando como base las presentaciones que ofrece el equipamiento de refuerzo sonoro que posee la Universidad de las Américas, a través de reuniones periódicas con los estudiantes Cristian Alexander Guerrón Mafla y Katherine Lizeth Quelal Guerrero, en el semestre 2018-1, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”

---

Paúl Adrián Cabezas Yánez  
Magíster en industrias creativas en música y sonido  
1719189548

## DECLARACIÓN PROFESOR CORRECTOR

“Declaro haber revisado este trabajo, ELABORACIÓN DE UNA GUÍA METODOLÓGICA QUE RECOPILE TÉCNICAS DE MEZCLA PARA SONIDO EN VIVO TOMANDO COMO BASE LAS PRESENTACIONES QUE OFRECE EL EQUIPAMIENTO DE REFUERZO SONORO QUE POSEE LA UNIVERSIDAD DE LAS AMÉRICAS, de los estudiantes Cristian Alexander Guerrón Mafla y Katherine Lizeth Quelal Guerrero, en el semestre 2018-1, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.

---

José Antonio Álvarez-Torres Yépez  
Master en musicología  
1708232267

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA DE LOS ESTUDIANTE

Declaramos que este trabajo es original, de nuestra autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.

---

Cristian Alexander Guerrón Mafla  
C.I. 1003618907

---

Katherine Lizeth Quelal Guerrero  
C.I. 1722643903

## **AGRADECIMIENTOS**

“Quiero agradecer a mi padre Héctor, quien fue el que hizo posible mis estudios, a mi abuelito Jaime y al resto de mi familia por el apoyo en todos los momentos difíciles. A Katherine, porque sin ella este trabajo no hubiera sido posible. A mis amigos André y Jaime, a mis profesores, en especial a Adrián Cabezas, quien nos ayudó durante la tesis y a José Álvarez-Torres quien se encargó de pulir mis conocimientos musicales.”

-Cristian

## **AGRADECIMIENTOS**

“Agradezco a mi padre Patricio por brindarme su ayuda incondicional, por ser mi modelo a seguir y mi héroe.

A mi madre Sandy por sus palabras de aliento y por su esfuerzo incansable durante toda mi vida.

A Paul por su total apoyo y por nunca dejarme desfallecer.

A Cristian mi compañero de tesis por acompañarme en el proceso.”

-Katherine

## **DEDICATORIA**

“Dedico este trabajo especialmente a mi papá, porque él ha estado conmigo durante todos estos años apoyándome, a los miembros de mi familia, a todos los que creyeron en mí desde el principio y me han ayudado a ser lo que soy. Dedico también este trabajo a quienes les apasiona la música, a quienes empiezan a formar sus primeros acordes, a quienes escriben sus primeras melodías y a todos los que como yo alguna vez se emocionan al escuchar una canción que les cambie la vida.”

-Cristian



## **DEDICATORIA**

“Dedico este trabajo a Eduardo y Karina Villagomez, quienes me llenan de inspiración.

A mis abuelos Alirio y Socorro por su incondicional amor.

A Steven mi hermano como un recordatorio de cuanto lo quiero.”

-Katherine

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación propone realizar una guía de refuerzo sonoro que sirva de referencia en futuros eventos dentro del auditorio Udlapark y Granados de la Universidad de las Américas. Para lo cual tomaremos como referencia modelos predictivos y mediciones *in situ* de diferentes configuraciones de sistemas, seleccionando y aplicando la configuración que presente mejor resultado. Posteriormente se realizó una encuesta con el fin de evaluar el desenvolvimiento del equipo y las preferencias del público en cuanto a mezcla. Los resultados obtenidos tras el estudio demuestran la configuración elegida cumple con los estándares de sonoridad, es decir, la diferencia entre los puntos de presión máxima y mínima no supera los 10 dB de diferencia en cada frecuencia.

Por otra parte, en cuanto a mezcla se pudo evidenciar que el público tiende a preferir una mezcla manipulada digitalmente con herramientas como compresores, ecualizaciones, entre otros; a una de sonido natural sin ningún tipo de procesamiento.

## ABSTRACT

The objective of this research is propose a sound reinforcement guide to serve as a reference in future events inside Udlapark and Granados auditorium of the Universidad de las Américas. For this we will take as a reference the predictive models and *in situ* measurements of the different system configurations, selecting and applying the configuration that presents the best performance. Subsequently, a survey was conducted to evaluate the performance of the team and the preferences of the audience in terms of mixing. The results obtained after the study show that the chosen configuration complies with the loudness standards, that is, the difference between the maximum and minimum pressure points does not exceed 10 dB at each frequency. On the other hand, in terms of mixing, it was evident that the public tends to prefer a mix manipulated digitally with tools such as compressors, equalization, among others to a natural sound without any manipulation.

# ÍNDICE

1. CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 Introducción .....	1
1.2. Antecedentes .....	1
1.3. Alcance .....	3
1.4. Justificación.....	4
1.5. Objetivos.....	4
1.5.1. Objetivo general .....	4
1.5.2. Objetivos específicos .....	5
2. CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....	5
2.1. REFUERZO SONORO .....	5
2.1.1. Componentes de un sistema de refuerzo sonoro .....	6
2.2. SOFTWARE DE SIMULACIÓN ACÚSTICA .....	6
2.2.1. Software de simulación para refuerzo sonoro .....	7
2.3. TEORÍA DE MEZCLA DE SONIDO .....	8
2.3.1. Mezcla para sonido en vivo.....	9
2.4. TEORÍA DE ARREGLOS .....	11
2.4.1. Agrupación de fuentes sonoras .....	11
2.4.2. Line array.....	13
2.4.3. Subgraves .....	15
2.5. MEDICIÓN Y AJUSTE .....	17
2.5.1. RTA (Real time analyzer).....	17
2.5.2. Función de transferencia.....	17
2.5.3. Respuesta al impulso.....	17
2.5.4. SMAART .....	18

<b>3. CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN</b>	
<b>ACTUAL</b> .....	18
3.1. DESCRIPCIÓN SITUACIÓN ACTUAL DE LOS EQUIPOS .....	18
3.2. RECOPIACIÓN DE DATOS ACÚSTICOS .....	19
3.2.1. Auditorio Udlapark .....	19
3.2.2. Auditorio sede Granados .....	20
<b>4. CAPÍTULO IV. METODOLOGÍA.</b> .....	20
4.1. SISTEMA DE AMPLIFICACIÓN Y MEDICIÓN.....	20
4.1.1. Diagrama de bloques .....	20
4.1.2. Requerimientos eléctricos .....	23
4.1.3. Simulación y montaje .....	28
4.2. SIMULACIONES.....	32
4.2.1. Sede Granados.....	32
4.2.2. Sede Udlapark .....	34
4.3. MEDICIÓN .....	36
4.3.1. Auditorio Granados.....	36
4.3.2. Udlapark.....	38
4.4. MEDICIONES SMAART .....	40
4.4.1. Auditorio Udlapark .....	40
4.4.2. Auditorio sede Granados .....	43
4.5. EVALUACIÓN DE MEZCLAS .....	45
4.5.1. Procesos de evaluación .....	45
4.5.2. Selección de la muestra .....	45
4.5.3. Selección de referencias.....	46
4.6. CONFIGURACIÓN ELEGIDA.....	46
4.6.1. Auditorio Udlapark .....	46
4.6.2. Auditorio sede Granados .....	46
4.7. ETAPA DE MEZCLA.....	47
4.7.1. Descripción de las mezclas.....	47

4.8.2. Proceso de Mezcla .....	47
<b>5. CAPÍTULO V. RESULTADOS.....</b>	<b>58</b>
5.1. CÁLCULO DE RESULTADOS .....	58
5.1.1. AUDITORIO UDLAPARK .....	59
5.1.1.1. Configuración 1 .....	60
5.1.1.2. Configuración 2 .....	63
5.1.1.3. Configuración 3 .....	66
5.1.1.4. Comparativa de los tres arreglos .....	69
5.1.1.5. Nivel de presión sonora del sistema implementado .....	70
5.1.2. AUDITORIO SEDE GRANADOS.....	71
5.1.2.1. Configuración 1 .....	72
5.1.2.2. Configuración 2 .....	76
5.1.2.3. Configuración 3 .....	80
5.1.2.4. Comparativa entre los tres arreglos .....	84
5.1.2.5. NPS del sistema implementado .....	84
5.2. RESULTADOS DE LA ENCUESTA .....	85
5.2.1. Encuesta: auditorio Udlapark.....	85
5.2.2. Encuesta auditorio sede Granados.....	96
5.3. GUÍA METODOLÓGICA .....	107
5.3.1. Reserva.....	108
5.3.2. Recopilación de datos de evento.....	108
5.3.3. Pre configuración de la consola.....	108
5.3.4. Transporte y Montaje .....	108
5.3.5. Conexión y ruteo .....	109
5.3.6. Prueba y Fases.....	109
5.3.7. Prueba de línea y EQ.....	110
5.3.8. Niveles y Mezcla.....	110
5.4. ANÁLISIS ECONÓMICO.....	110
<b>6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>112</b>

6.1. CONCLUSIONES .....	112
6.2. RECOMENDACIONES.....	113
REFERENCIAS.....	114
ANEXOS .....	117

## **1. Capítulo I. Introducción.**

### **1.1 Introducción**

La Universidad de las Américas cuenta con diversos auditorios en los que se realizan eventos tanto de música como de oratoria, para los cuales el departamento de Ingeniería en sonido y acústica pone a su disposición los equipos para ensamblar diferentes tipos de sistemas de refuerzo sonoro. Actualmente, la implementación de dichos sistemas se realiza de manera aleatoria, basados en el criterio del ingeniero encargado del evento. Esto se debe a que no existe un estudio formal que justifique una correcta implementación de los sistemas sonoros dentro de los auditorios de la universidad.

El motivo de la presente investigación es realizar un estudio que sirva como referencia en cuanto al diseño, implementación y uso de sistemas de refuerzo sonoro para futuros ingenieros que tengan la necesidad de llevar a cabo un evento dentro de los recintos de la universidad.

### **1.2. Antecedentes**

“Los recientes cambios en la industria musical han sido iniciados por el resurgimiento de la música en vivo y el desarrollo de nuevas tecnologías en este campo, creando así expectativas de crecimiento para la industria” (Naveed, Watanabe y Neittaanmaki, 2017).

La profesionalización del área del refuerzo sonoro ha creado la necesidad de producir mezclas de alta calidad; por lo cual, se han generado un gran número de técnicas de mezcla en vivo personalizadas en función a las preferencias y necesidades del sonidista. Dicha personalización toma como referencia las características de casos individuales para cada mezcla, como el género musical de un tema u otros aspectos relevantes como son la geometría de la sala, los estilos musicales, los intérpretes, entre otros. Así lo menciona Pérez, González y Reiss (2010), quienes desarrollaron una serie de algoritmos con el fin de simular el paneo estéreo, partiendo de una sala con características definidas por el usuario, como la locación del sistema, los materiales acústicos de las superficies, la geometría de la sala, etc.; evaluando diversas posiciones del



oyente para así emular la percepción humana. Para el experimento se tomó como referencia una señal mono que se dividió en dos señales independientes; las cuales fueron reproducidas en un sistema de dos altavoces, con el fin de aplicar este tipo de algoritmos en mezclas de eventos a realizarse en dicho recinto.

A su vez, diversas técnicas de grabación en estudio han tenido una gran acogida dentro del campo del refuerzo sonoro. Actualmente los dispositivos que en un principio fueron pensados para estudios de grabación funcionan de manera autónoma y en tiempo real, mejorando su eficiencia al momento de utilizarlos en aplicaciones de refuerzo sonoro. Dicha mejora, permite al usuario adaptarse de una manera rápida a las circunstancias que se presenten durante una mezcla en vivo. Así lo evidencian Wang, L., Yin, F. Chen, Z. (2010); quienes analizan el rol de la cancelación estéreo, usada en estudio, en sistemas de refuerzo sonoro. Posteriormente diseñaron un algoritmo de cancelación estéreo simple a partir de principios básicos de acústica, utilizando convoluciones de funciones aritméticas; de esta manera lograron reducir el coste computacional con respecto a sistemas similares que se encuentran en el mercado.

La mezcla es la responsable de hacer que la intención del mensaje generado por el emisor, sea este de palabra o música, sea interpretado de manera correcta por el oyente. En palabras de Izhaki, R. (2011): “Una mezcla puede, y debería, mejorar la música: Su estado, la emoción que transmite, y la respuesta que esta debería incitar”. de ahí la necesidad de utilizar equipos que simulan la percepción humana al momento de realizar una mezcla. En el artículo de Shing Ooi *et al.* (2014) se analiza la funcionalidad de un sistema digital de reconocimiento emocional de audio. Dicho sistema trabaja a partir de una base de datos, que guarda un registro de respuestas emocionales humanas generadas al escuchar un audio específico. El sistema asocia las distintas emociones con audios de características similares, emulando la respuesta sensorial humana. A partir de esto se creó un modelo que puede ser usado para reconocer el contenido emocional que es transmitido en audios o fragmentos de diálogo.

Si bien es cierto que existen técnicas de mezcla utilizadas con frecuencia por los profesionales de audio, los resultados que se obtengan con ellas variarán en función al recinto y la configuración que se le asigne al sistema de refuerzo sonoro. De ahí que se recomienda probar o combinar diversas técnicas de mezcla en un mismo evento para obtener mejores resultados. Sirva de ejemplo el artículo de Yoshinori, T., Akio, A. (2010), en el cual se analizan los métodos más comunes de mezcla multicanal con respecto a una base dimensional. Por ejemplo: la subdivisión de canales para mezcla partiendo de un solo canal mono, usado para implementar un paneo estéreo más amplio dentro de la mezcla. A partir de dichos métodos el autor crea una nueva técnica autónoma que afecta directamente a la mezcla conforme al sistema de refuerzo sonoro implementado, tomando en cuentas aspectos tales como el posicionamiento del sistema, cualidades acústicas de la sala, respuesta de equipos, etc.

Existe una serie de herramientas de evaluación de sistemas de refuerzo sonoro, como softwares de simulación electroacústica, los que emulan la posible respuesta del sistema de sonido empleado y permiten evaluar las características físicas del mismo, así como prevenir errores sin necesidad de montar el sistema de manera real, permitiendo la optimización de recursos y mejorar los resultados al montar un sistema *line array*. Pongamos como caso al artículo de Romoli. *et al.* (2014) donde se evalúan diferentes configuraciones para un mismo arreglo *line array*, utilizando una herramienta de simulación diseñada por los autores. Tras diversos ejercicios de prueba y error dentro de la simulación, el sistema obtuvo una mayor amplitud y mejor respuesta de frecuencia, mejorando así el rendimiento sonoro del mismo al ponerlo en funcionamiento en un montaje real.

### **1.3. Alcance**

El presente trabajo pretende evaluar mediante la aplicación de una encuesta, diferentes técnicas de mezcla realizables con la mesa de sonido en vivo Yamaha LS9, dentro de los auditorios Udlapark y Granados de la Universidad de Las Américas.

Por otro lado, se desea maximizar los recursos y el equipamiento de refuerzo sonoro que la universidad posee, para lo cual se hallará el posicionamiento idóneo de los equipos que conforman el sistema de amplificación NEXO, tomando como referencia las simulaciones a realizarse en el software *Ease Focus*.

#### **1.4. Justificación**

Partiendo de la siguiente cita "...la capacitación de personal, investigaciones, prevenciones, simulacros entre otros; hacen que las empresas tengan una eficiente administración de los recursos aprovechando de mejor manera, obteniendo óptimos resultados con el menor esfuerzo para lograr una mayor utilidad" Stoner *et al.* (1996); es importante mejorar la optimización de recursos destinados para eventos en vivo por parte de la Universidad de Las Américas, principalmente de los equipos que poseen diferentes configuraciones de trabajo y se han venido usando de manera empírica por mucho tiempo.

Actualmente no existe ninguna investigación que corrobore de manera técnica la configuración óptima del sistema de amplificación sonora dentro las instalaciones principales de la Universidad de Las Américas, de ahí la necesidad de un estudio que abarque varios tipos de configuraciones y sus resultados pertinentes. De esta manera en un futuro se dará un correcto y potencializado uso a los dispositivos para refuerzo sonoro disponibles.

Muchos de los equipos cuentan con características de funcionamiento únicas con respecto a mezcla, por lo que la presente investigación recopila los resultados que se obtengan con cada uno de estos arreglos, así como su correcto uso, lo cual facilitará el trabajo de futuros técnicos de sonido que utilicen los equipos.

#### **1.5. Objetivos**

##### **1.5.1. Objetivo general**

Elaborar una guía metodológica refuerzo sonoro, tomando como base las prestaciones que ofrece el equipamiento que posee la Universidad de Las Américas.

### 1.5.2. Objetivos específicos

- Proponer alternativas de ubicación de equipos para los auditorios de la sede Udlapark y Granados de la Universidad de Las Américas, utilizando como herramienta principal para su evaluación diferentes softwares de simulación, medida y optimización de sistemas.
- Maximizar la eficiencia del sistema de refuerzo sonoro *line array*, utilizando la configuración con mejores resultados.
- Calcular los requerimientos eléctricos del sistema.
- Analizar las diferentes prestaciones de mezcla que ofrecen los principales equipos de refuerzo sonoro destinados por la Universidad de Las Américas para actividades de sonido en vivo.
- Evaluar los resultados que se obtienen con cada configuración mediante una encuesta.

## 2. Capítulo II. Marco Teórico.

### 2.1. Refuerzo sonoro

“Un sistema de sonido destinado a sonorizar un evento es un conjunto de dispositivos electrónicos que tiene como finalidad principal dar cobertura a una determinada zona de audiencia para un determinado espectáculo.” (Digón y Ferrer, 2014, p.271). En otras palabras, un sistema de refuerzo sonoro es un conjunto de dispositivos electroacústicos acoplados entre sí con el objetivo de captar el sonido generado por una fuente, sea esta digital o acústica, para transformarlo en una señal eléctrica que será procesada por diferentes artefactos electrónicos que la amplifican y la distribuyen por medio de arreglos de altavoces hacia una audiencia mayor. Procurando tener en todas las áreas de audiencia un nivel sonoro óptimo, así como también una buena distribución sonora y frecuencial.

Existen sistemas que pueden ser tan sencillos como un micrófono conectado a un altavoz para un cantante en un parque, hasta un arreglo tan poderoso y complejo diseñado para un festival de música de gran calibre. La complejidad de dichos sistemas dependerá directamente de los requerimientos que una situación amerite, pues una orquesta sinfónica no requiere el mismo procesamiento ni la misma exigencia eléctrica que un guitarrista solista con su guitarra.

### **2.1.1. Componentes de un sistema de refuerzo sonoro**

Un sistema de refuerzo sonoro variará sus componentes partiendo de las necesidades del evento que se vaya a realizar. “Antes de poder diseñar un sistema de sonorización es necesario saber para qué diseñamos el sistema” (Digón y Ferrer, 2014, p.272); sí pues, es esencial conocer qué tipo de espacio tendrá el evento, el número de espectadores estimado, la instalación con la que se cuenta y por último la naturaleza del espectáculo.

Los componentes básicos que un sistema de refuerzo sonoro posee son una señal de entrada que puede provenir de un micrófono o una computadora; una mesa de control o consola desde donde el técnico ajustará la mezcla correspondiente y un sistema de amplificación (PA) el cual consta de amplificador y altavoces.

En cuanto al número de altavoces que el sistema PA requiera pueden darse casos donde se necesite un solo par de altavoces mientras que en otros casos se puede requerir más de 40 cajas. Usualmente se subdivide al sistema en sistema principal, encargado de cubrir la mayor zona de audiencia y sistema de subgraves, los cuales complementan la respuesta en baja frecuencia.

### **2.2. Software de simulación acústica**

Al hablar de un software de simulación acústica, nos referimos a una herramienta de cálculo que modela el impacto acústico de una fuente sonora en un recinto con condiciones específicas.

Su principal propósito es permitir una modelización predictiva en la cual se pueda crear diferentes contextos de materiales, estructuras, zonas de audiencia y

fuentes; aproximando los resultados a las condiciones reales.

### **2.2.1. Software de simulación para refuerzo sonoro**

“Evidentemente éste es el primer paso para comprobar que un sistema *de line array* es el adecuado, la simulación con un programa de simulación acústica.” (Digón y Ferrer, 2014, p.289).

Los diferentes fabricantes han diseñado su propio sistema de simulación con el cual el usuario puede tener una primera impresión del comportamiento de sus sistemas de refuerzo sonoro. De esta manera se puede corroborar que el sistema elegido es el adecuado para la situación, sin la necesidad de montarlo, por otra parte, este tipo de softwares nos permiten variar el posicionamiento y angulación de los equipos y de esta forma estimar los mejores resultados.

La mayor ventaja que nos ofrecen este tipo de softwares es la manera sencilla con la que se muestran los resultados, puesto que estos cuentan con interfaces amigables, gráficas, mapas de colores, etc.; los cuales facilitan la comprensión del usuario; no obstante, la mayoría de softwares solo permiten la utilización de sistemas de su propia casa; por lo que si se necesita trabajar con otro tipo de equipos esta sería una limitación.

#### **2.2.1.1. Ease Focus**

*Ease Focus* es un software desarrollado por AFMG en conjunto con *Software Design Ahnert* el cual permite realizar simulaciones de diversos recintos acústicos y ambientes sonoros, con la finalidad de recrear el desenvolvimiento acústico de un sistema de refuerzo sonoro en diferentes medios.

##### **2.2.1.1.1. Descripción y características**

El software utilizado ofrece la capacidad de realizar sus simulaciones con altavoces que existen actualmente en el mercado y que son de marcas muy reconocidas como *NEXO*, *JBL*, *MEYER SOUND*, entre otros; lo cual resulta bastante útil pues en el listado de dispositivos disponibles se encuentran los modelos exactos con los que cuenta la Universidad de Las Américas. Además, *Ease Focus* nos permite dibujar los recintos acústicos en los que serán montados

los sistemas de refuerzo sonoro por lo tanto simularemos las condiciones exactas en las que realizaremos la parte práctica de esta Tesis.

*Ease Focus* trabaja tanto en 3D como en 2D, lo cual permite visualizar desde cualquier ángulo el comportamiento de cada componente acústico de un sistema simulado, sean *Line arrays*, arreglos de subgraves o fuentes puntuales. Dicha particularidad permite también que se modifiquen los vectores de dirección de los arreglos modificando la respuesta de las áreas de audiencia determinadas, mostrando el nivel de presión sonora en cada área analizada para cada una de las frecuencias entre el rango de 20 Hz a 20000HZ.

### **2.3. Teoría de mezcla de sonido**

Al hablar de una mezcla de sonido nos referimos al proceso de postproducción utilizado para equilibrar a las diversas fuentes de sonido que se encuentran presentes en el evento sonoro; esto con el fin de crear un impacto en el oyente. Dicho proceso se realiza tras el proceso de edición en el cual se elimina y corrige errores en la toma.

Una mezcla de sonido dependerá de diferentes factores los cuales aportaran ciertas características únicas al producto final, como son el ingeniero de mezcla, la toma sobre la cual se esté mezclando, el monitoreo, procesadores, entre otras.

Aun así, existen ciertos elementos que deben ser constantes al momento de mezclar como menciona Owsinski (s.f) resaltando los siguientes procesos a seguir al momento de mezclar

- Balance o relación de niveles entre instrumentos musicales
- Buena representación del rango frecuencial
- Panorama o ubicación de instrumentos en un plano sonoro
- Dimensión o ambiente
- Dinámica es decir control de envolvente de cada instrumento
- Interés aportar algo especial a la mezcla

Cada uno de estos elementos agregan valor a la mezcla por lo que son equitativamente importantes; ahora bien, otro punto a tomarse en cuenta al

momento de mezclar es la naturaleza de la mezcla, es decir, es música o palabra y dado el caso en el que sea música, el estilo musical al que pertenezca. De esta manera sabremos qué elementos resaltar y cuales minimizar.

### **2.3.1. Mezcla para sonido en vivo**

La principal diferencia entre mezclar un producto en estudio y mezclar en vivo es el tiempo. Cuando mezclamos un producto en estudio podemos tomarnos el tiempo necesario para experimentar, corregir y detallar hasta conseguir el producto deseado; mientras que en una mezcla en vivo la rapidez es primordial puesto que el ingeniero debe trabajar a la par con los músicos u oradores que se encuentren en escena.

Un ingeniero de mezcla en sonido en vivo realiza los procesos en tiempo cuidando los mismos elementos en la mezcla que un ingeniero de estudio; por lo que es recomendable tomar en cuenta tres puntos fundamentales

- Visión
- Evaluación
- Acción

En otras palabras, el ingeniero se plantea como una idea de cómo quiere que suene la mezcla, posteriormente establece el equipo necesario y de qué manera utilizarlo y por último evalúa el producto final y de ser necesario corrige errores y repite el proceso.

#### **2.3.1.1. Mezcla para música**

Psicoacústicamente hablando se sabe que la música provoca sentimientos en quienes la escuchan, sean positivos o negativos. Esto quiere decir que una canción contiene el mensaje que el artista quiere transmitir, y es el trabajo del ingeniero, mezclar cada uno de los canales de audio y combinarlos en equilibrio para hacer que dicho mensaje llegue al público de la manera adecuada.

La gran característica de la mezcla en vivo es que en esta existe menos margen a errores pues el ingeniero de mezcla debe hacer todo el proceso de edición sonora de manera inmediata y al mismo tiempo que transcurre la interpretación del artista en escena haciendo las veces de un automatizador *in situ*.



Si bien es cierto que la calidad de los equipos usados en un sistema de refuerzo sonoro influye de manera directa en la experiencia auditiva, pues no es lo mismo presenciar un concierto amplificado con dos cajas sonoras en cada lado del escenario que uno en un festival de música el cual posee todos los componentes que exige un espectáculo de alta calidad, también es importante recalcar la influencia de los músicos en escenario, pues gran parte de la calidad sonora viene desde el momento de la interpretación.

La importancia de la mezcla musical en vivo es que, si esta no es buena, la canción pierde parte de su poder de transmisión pues al enmascarar sonidos, no darle suficiente presencia a la voz, dejar un sonido demasiado crudo hace que el tema se escuche incompleto en cierta manera y también el procesar en exceso el sonido, produce que la canción se escuche demasiado artificial. Aunque esto también dependerá un poco de la producción del artista pues se necesita un proceso de mezcla diferente para cada artista y género musical.

#### **2.3.1.2. Mezcla para palabra**

La mezcla para palabra difiere drásticamente en el sentido de que aquí solo se procesa una sola señal de audio. Lo que se busca en un evento de palabra es que el mensaje del orador llegue con la mejor calidad sonora posible y eso se logra teniendo en cuenta el recinto en el cual se encuentra dicho orador y varios parámetros como su género y su tipo de voz.

La importancia aquí recae en que todas las personas tienen diferente voz, por lo tanto, todas necesitan un tratamiento sonoro diferente; pues hombres y mujeres tienen su frecuencia fundamental en diferentes puntos del espectro frecuencial y cada persona tiene una frecuencia de sibilancia o nasalidad diferentes; por eso, análogamente a la mezcla para música en vivo, cada orador debe ser tratado como un artista diferente.

Para un evento de palabra se necesita menos equipo que en un evento como un festival musical pues los oradores, por lo general, no necesitan reproducir con su voz frecuencias tan bajas como las de un bombo de batería; y el proceso de refuerzo sonoro se enfoca en darle claridad y fuerza al orador.

Igual que en la mezcla musical, el resultado sonoro y la cantidad del mensaje percibido por la audiencia depende bastante de la calidad del orador el cual debe tener la capacidad de pronunciar claramente todas las palabras que pronuncia a un nivel adecuado. El sonidista no puede arreglar errores de pronunciación o falta de inteligibilidad propia de una persona.

## **2.4. Teoría de arreglos**

Los dos principales fundamentos de la mayor parte de arreglos utilizados actualmente fueron descubiertos en 1940 por Harry Olson. “Al hablar de Harry Olson supone hablar de, el padre de los ajustes modernos que conocemos hoy en día.” (Digón y Ferrer, 2014, p.123); el cual estudió el comportamiento de las ondas sonoras llegando a las siguientes conclusiones.

- A mayor separación entre fuentes más estrecha su radiación a medida que la frecuencia aumenta, mientras que en los laterales existirán mayores cancelaciones.
- El haz de radiación dependerá del largo de la agrupación de altavoces, es decir, si existe una mayor agrupación de altavoces más estrecho el haz de radiación.

### **2.4.1. Agrupación de fuentes sonoras**

#### **2.4.1.1. Fuentes acopladas**

Al hablar de un arreglo acoplado nos referimos a distintos altavoces juntos con el propósito de conseguir un nivel de presión sonora mayor o una mayor cobertura.

Al construir un arreglo de altavoces se debe tomar en cuenta el compromiso entre la capacidad de potencia y la cobertura, puesto que añadir más elementos implica un mayor riesgo de alteración en nuestra señal original.

Si bien es cierto la mejor solución en el caso de coberturas horizontales es un solo altavoz con la cobertura deseada, no siempre dicho altavoz nos ofrecerá el nivel de potencia que precisamos; por otra parte, para construir arreglos acoplados el mejor camino es usar altavoces de directividad estrecha y

posteriormente adaptarlos a la cobertura deseada variando las angulaciones, de esta forma también se evitarán posibles cancelaciones selectivas también llamadas *combing*.

Si un solo altavoz no satisface nuestras necesidades de cobertura o nivel podremos utilizar un arreglo de altavoces con directividad constante, es decir altavoces con un motor de compresión acoplado tomando en cuenta que se crearán lóbulos y cancelaciones que dependen de la distancia física entre ellos.

Por otra parte, es sumamente importante tomar en cuenta la atenuación por distancia las cuales ser compensadas dividiendo nuestra zona de audiencia para posteriormente añadir subsistemas de refuerzo sonoro que cubrirán lugares donde el sistema principal no llegue.

#### **2.4.1.2. Fuentes desacopladas**

El funcionamiento básico de un arreglo desacoplado es similar al de las fuentes acopladas, tomando en cuenta que el *crossover* acústico se verá desplazado hacia delante, dependiendo del ángulo de cobertura del altavoz.

Para disminuir este efecto se toma en cuenta las posiciones críticas intentando minimizar la interacción; dichos puntos críticos serán aquellos donde las energías de los distintos elementos lleguen iguales.

Uno de los ejemplos más claros de fuentes desacoplados es el *front fill*, que consiste un sistema encargado de reforzar la imagen sonora en las primeras filas cercanas al escenario; este tipo de arreglo no tiene aislamiento axial y poseen un rango de cobertura útil en distancia muy pequeño que depende de la separación física y la cobertura del altavoz.

En este tipo de arreglos se forma una suma acústica con un patrón piramidal y un excesivo *combing* ya que en cualquier lugar existe una distancia considerable entre altavoces, por lo que el espacio donde asumimos un *ripple* menos profundo, es decir un rango útil, el doble de distancia de donde situamos nuestro *crossover*; por lo que se recomienda utilizar altavoces de cobertura más estrecha que abarquen mayor distancia, considerando que se necesitaría una mayor

cantidad de altavoces.

#### **2.4.1.3. Fuentes en línea recta**

En el caso de existir una línea recta de fuentes el comportamiento es parecido a una doble fuente en este caso el ángulo de cobertura será determinado por la longitud del arreglo mientras que la separación entre elementos determinará el rango de frecuencias útil.

En el caso que utilicemos altavoces con directividad constante, el patrón de directividad será similar al de las fuentes omnidireccionales, perdiendo omnidireccionalidad a medida que aumenta la frecuencia, resultando en un lóbulo asimétrico y menor en la parte posterior del arreglo; por otra parte, si el arreglo consta de altavoces con directividad proporcional los resultados son idénticos al caso anterior en frecuencias graves.

#### **2.4.1.4. Fuentes en línea curva**

A diferencia de un arreglo en línea recta, en el arreglo de arco se aproxima a un patrón directivo constante, semejante al ángulo del segmento del arco. Se puede decir que en frecuencias bajas el arco se comporta como un arreglo de directividad constante, cuando la longitud de onda es mayor a la distancia del arco el patrón se volverá direccional. El sistema perderá resultados a partir de la frecuencia que tenga una longitud de onda igual o mayor a la separación entre los elementos del arreglo.

#### **2.4.2. Line array**

Los sistemas *line array* son de los más utilizados actualmente, dichos sistemas consisten en un arreglo conformado por varias fuentes apiladas linealmente, las cuales asemejan su respuesta a un frente de onda cilíndrico, es decir, las ondas se dispersan uniforme y perpendicularmente en planos cilíndricos.

Por lo tanto, entre más distancia recorra la onda cilíndrica desde el centro más disminuye su densidad energética. El principal objetivo de un arreglo line array es buscar un nivel de presión sonora uniforme en la zona de audiencia y proyectarlo; una de las principales ventajas.

Independientemente del tipo de formato a usarse se puede aproximar la respuesta del arreglo *line array* a una fuente en línea recta utilizando las llamadas guías de onda, las cuales son modificaciones en los motores que generen un frente isofásico, es decir que todas las señales salgan en fase. Por consiguiente, la cobertura angular del sistema estará determinada por la longitud de las guías de onda, decreciendo a la mitad aproximadamente cada vez que doblamos la frecuencia, a su vez usando este tipo de difusores se minimiza la distancia entre los motores de agudos, los cuales se despliegan en una línea recta lo cual ocasiona que el sistema tenga directividad proporcional a la frecuencia.

Las líneas pequeñas de altavoces serán menos eficaces en frecuencias graves ocasionando solapamientos, por lo cual se realiza una ecualización para minimizar este efecto, por otra parte, los arreglos de altavoces muy grandes producen un aumento en frecuencias graves, caso en el cual se recomienda una ecualización para reducir el exceso de energía.

Distribuir el arreglo en tiros permite compensar la pérdida de energía que se produce con la distancia, se debe tomar en cuenta que los arreglos más estrechos producen una mayor energía mientras que arreglos más amplios esparcen dicha energía, aumentando por ende la cobertura.

#### **2.4.2.1. Configuraciones de arreglos line array**

##### **2.4.2.1.1. Distribución lineal**

En este tipo de arreglos el rayo es demasiado estrecho en frecuencias altas, por otra parte, la directividad es proporcional a la frecuencia, es decir a más frecuencia mayor directividad.

##### **2.4.2.1.2. Arreglo en jota**

Este tipo de arreglos tiene como propósito principal utilizar la parte superior recta para cubrir la audiencia lejana, mientras que la parte curva inferior se encarga del tiro corto de cobertura. Por lo cual este tipo de arreglos es ideal si se tienen zonas de audiencia de gran distancia; tomando en cuenta la poca cobertura en primeras filas.

#### **2.4.2.1.3. Arreglo en espiral**

Dentro de un arreglo line array en espiral el angulamiento es progresivo, logrando una mayor cobertura horizontal comprometiendo los resultados a larga distancia. Este tipo de arreglos es recomendable en recintos rectangulares donde se tenga una mayor audiencia en la zona horizontal.

#### **2.4.2.1.4. Arreglo en arco**

Con este tipo de arreglos se logra una respuesta más amplia ajustando las angulaciones entre cajas, por otra parte, la directividad es constante. Es necesario resaltar que la cobertura es variable estrechándose a medida que aumenta la frecuencia.

### **2.4.3. Subgraves**

El realizar un arreglo de subgraves con una cierta separación permite un control de directividad en bajas frecuencias, este fenómeno ocurre tanto en la parte frontal como en la posterior del arreglo, lo cual causa conflictos en el escenario; de ahí que el principal resultado a buscarse es la minimización de dichos efectos en el escenario, evitando de esta manera posibles problemas con monitores, músicos y demás.

Para evitar este tipo de problemas se realiza arreglos modificando posición, fase, polaridad o el retraso entre altavoces, creando de esta manera sumas y restas de forma estratégica, formando un patrón de radiación cardioide, el cual nos permite tener una suma de presión acústica en la frontal del arreglo mientras que busca la máxima cancelación en la parte trasera.

#### **2.4.3.1. Configuraciones de arreglos de subgraves**

##### **2.4.3.1.1. *End fired***

Un arreglo *end fired* está compuesta por un cierto número de cajas en fila apuntando hacia la zona de audiencia; en este tipo de arreglos se utiliza la separación física y el retardo para producir las cancelaciones y sumas necesarias, resultando en una respuesta polar con cierta direccionalidad, usualmente se utilizan cuatro cajas subgraves para este tipo de arreglos.

Si bien es cierto esta técnica se considera cardioide, esto solo se cumple en una única frecuencia, la cual corresponde la separación física igual a un cuarto de la longitud de onda. Este arreglo tiene una directividad proporcional a la frecuencia.

Para configurar este arreglo se separa cada caja un submúltiplo de la longitud de onda de la frecuencia de diseño, posteriormente se aplica un retardo por caja con respecto a la primera caja que no posee ningún retraso.

#### **2.4.3.1.2. Stack invertido**

Este arreglo consiste en cajas apiladas una sobre la otra de manera invertida; se aplica el retardo en la caja direccionada hacia el escenario, creando un patrón cardioide en la parte frontal al invertir la polaridad de una de las cajas.

Este arreglo también nos proporciona una menor interferencia destructiva producida por la separación física entre subgraves; lo cual la hace recomendable en situaciones donde el espacio sea limitado.

#### **2.4.3.1.3. Modo línea gradiente**

Una línea recta de subgraves variará su cobertura según la longitud de la línea, así como la separación de elementos, mientras que el patrón de radiación se estrechará a medida que aumenta la distancia de la línea.

Para montar este tipo de arreglos utilizamos un retardo tomando en cuenta la frecuencia de diseño y la separación de un cuarto de longitud de onda; posteriormente se invierte la polaridad de la caja más cercana al escenario, para obtener una suma máxima en la parte frontal.

Este tipo de arreglo es útil en espacios estrechos ya que podemos estrechar el patrón y disminuir las reflexiones producidas por las paredes del recinto.

El problema más notorio es que el mismo que se produce al frente lo conseguimos en la parte trasera afectando al escenario; para lo cual se añade una segunda fila atrás creando una doble línea de subgraves que junto con la técnica gradiente nos entregará un patrón cardioide.

## 2.5. Medición y ajuste

### 2.5.1. RTA (Real time analyzer)

Un analizador RTA nos muestra de manera gráfica información del espectro de una señal; para lo cual se descompone la señal que varía con el tiempo a sus componentes frecuenciales, en otras palabras, cambiamos una señal del dominio temporal al dominio frecuencial.

Actualmente los analizadores RTA funcionan bajo el principio de la transformada rápida de *fourier* (FFT) un logaritmo matemático que reduce los cálculos de *fourier* a potencias de dos.

“Posiblemente, después de los oídos, el analizador FFT es la herramienta más importante con la que puede contar cualquier responsable de sistemas, el analizador nos permite visualizar los datos y tomar decisiones en base a ellos.” (Digón y Ferrer, 2014, p.311).

Una de las principales desventajas de este tipo de herramienta es que no discrimina la señal a evaluarse del ruido de fondo, por lo que sus resultados son aproximados; aun así, es útil para varios tipos de aplicaciones, como detección de acoples en sonido en vivo.

### 2.5.2. Función de transferencia

El principio básico de una función de transferencia es la comparación de dos canales uno de referencia y otro a evaluarse. El resultado de la función de transferencia es un número complejo por lo que mediante la magnitud y podremos conocer la amplitud relativa entre dispositivos y mediante la fase su tiempo relativo; por otra parte, el cociente entre la salida y la entrada nos mostrará el comportamiento de nuestro sistema.

Una de las mayores ventajas de la función de transferencia es la visualización de lo que está ocurriendo en nuestro sistema en tiempo real.

### 2.5.3. Respuesta al impulso

La respuesta al impulso nos muestra una visión temporal de la energía del sistema; a diferencia de la función de transferencia nos permite conocer la



energía directa de nuestro altavoz y las reflexiones de nuestro recinto por separado; tomando en cuenta diferentes intervalos frecuenciales utilizando un solo tamaño de FFT.

Este tipo de herramientas se utiliza en sonido en vivo con el fin de encontrar posibles reflexiones que interfieran con nuestra señal, para posteriormente calibrar el sistema y minimizar el efecto de dichas reflexiones.

#### **2.5.4. SMAART**

SMAART (System Measurement Acoustic Analysis Real-time Tool) es un analizador de doble canal que nos muestra el contenido frecuencial de una señal así como la respuesta electro-acústica de un sistema de refuerzo sonoro.

Esta herramienta es utilizada dentro del refuerzo sonoro para examinar el comportamiento de un sistema a detalle, es decir, determinar frecuencias de interés y a su vez calibrar y ajustar el sistema; mediante herramientas como función de transferencia, función de impulso entre otras.

Dentro de la plataforma SMAART podemos analizar los niveles de presión acústica en diferentes puntos mediante un micrófono de medición; podemos también comparar dos señales; una que corresponda a la salida del sistema y otra lo que nos entrega el sistema y evaluar que sucedió en el camino; es decir nos muestra que está produciendo el sistema en nuestra señal de salida; todo esto en tiempo real.

### **3. Capítulo III. Descripción de la situación actual.**

#### **3.1. Descripción situación actual de los equipos**

Previa a la implementación de la cadena electroacústica planteada en esta investigación; se realizó una verificación del funcionamiento de los equipos, mediante la cual se pudo encontrar algunos problemas, los cuales se enlistan a continuación

- Las medusas presentan problemas en canales de salida, así como entradas, debido a cables sin soldadura.
- Cables *speakon* para subgrave demasiado cortos.

- Se encontraron cables XLR defectuosos.

Es necesario acotar que el departamento de Ingeniería y acústica de la Universidad de las Américas, realiza un mantenimiento continuo de los equipos que posee; puesto que el estado de los equipos variará en futuras aplicaciones.

### 3.2. Recopilación de datos acústicos

Los siguientes valores fueron recuperados de la investigación realizada por Rodríguez y López (2017), en la cual se realiza una caracterización acústica de los auditorios de la Universidad de las Américas mediante modelos predictivos y mediciones *in situ*; tomando en cuenta los valores obtenidos mediante mediciones por ser describir de manera más fiable el comportamiento del sistema.

#### 3.2.1. Auditorio Udlapark

Tabla 1.

*Datos acústicos auditorio Udlapark.*

<b>Auditorio Udlapark</b>	
<b>T20 promedio con sistema de refuerzo sonoro</b>	1,59
<b>C50 promedio con sistema de refuerzo sonoro</b>	1,05
<b>C80 promedio con sistema de refuerzo sonoro</b>	2,97
<b>Vivacidad</b>	0,77
<b>Calor</b>	1,08
<b>Brillo</b>	1,61

<b>Volumen</b>	1850,73	m <sup>3</sup>
<b>Superficie</b>	1703,17	m <sup>2</sup>
<b>Número de sillas</b>	324	

### 3.2.2. Auditorio sede Granados

Tabla 2.

*Datos acústicos auditorio Granados.*

<b>Auditorio Sede Granados</b>		
<b>T20 promedio con sistema de refuerzo sonoro</b>		1,78
<b>C50 promedio con sistema de refuerzo sonoro</b>		0,49
<b>C80 promedio con sistema de refuerzo sonoro</b>		0,91
<b>Vivacidad</b>		1,69
<b>Calor</b>		0,93
<b>Brillo</b>		0,91
<b>Volumen</b>	676,36	m <sup>3</sup>
<b>Superficie</b>	530,71	m <sup>2</sup>
<b>Número de sillas</b>	135	

## 4. Capítulo IV. Metodología.

La presente sección contiene los pasos matemáticos y prácticos que se necesitan durante todo el transcurso de diseño e implementación de los diferentes arreglos en los auditorios.

### 4.1. Sistema de amplificación y medición

Dichos sistemas se refieren al equipo necesario para la medición de parámetros acústicos y a la implementación de un sistema de refuerzo sonoro.

#### 4.1.1. Diagrama de bloques

Un diagrama de bloque hace referencia a un tipo de visualización esquemática de todos los componentes que integran un sistema electroacústico, incluyendo el flujo de señal eléctrica del arreglo y el nivel de señal que maneja cada sección, así como también las conexiones entre los canales de audio de cada uno de los componentes.

#### 4.1.1.1. Simbología




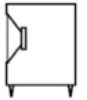
Simbolo	Significado
	Micrófono
	Cajas JBL PRX 815
	LINE ARRAY NEXO GEO S805
	SUBGRAVES NEXO RS15

Figura 1. Simbología.

#### 4.1.1.2. Granados

Esta es la cadena electroacústica principal que se usa como referencia para los sistemas en la sede granados. Se puede ver el uso del micrófono de medición y de dos cajas amplificadas que son conectadas a las salidas L y R de la LS9.

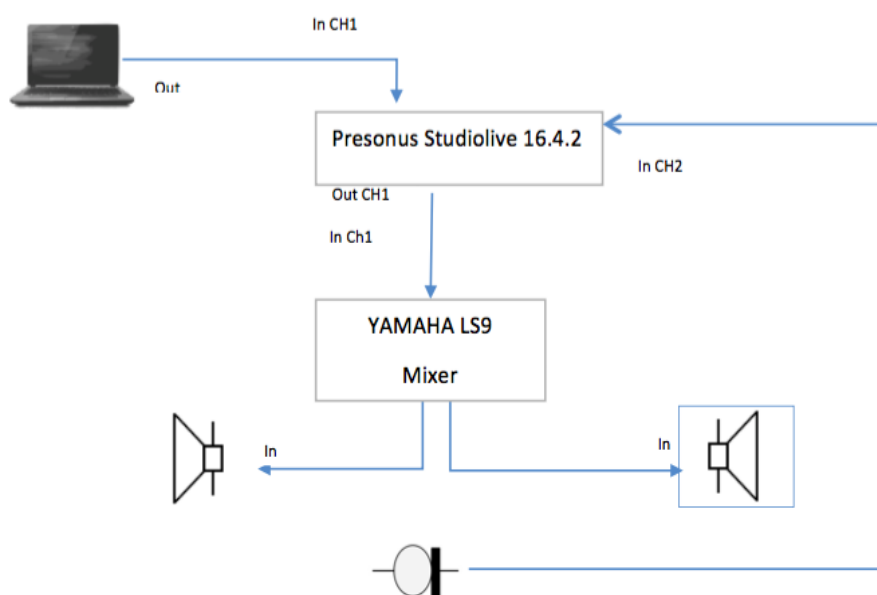


Figura 2. Cadena electroacústica auditorio Granados.

#### 4.1.1.3. Udlapark

En este diagrama de bloque se distingue la diferencia de la complejidad entre los sistemas que se usan en cada auditorio. Se destaca el uso de los componentes NEXO de la universidad para emular los sistemas de refuerzo sonoro usados en los eventos musicales de la Universidad de Las Américas. Se debe destacar que se mantiene el principio básico de medición entre ambos arreglos.

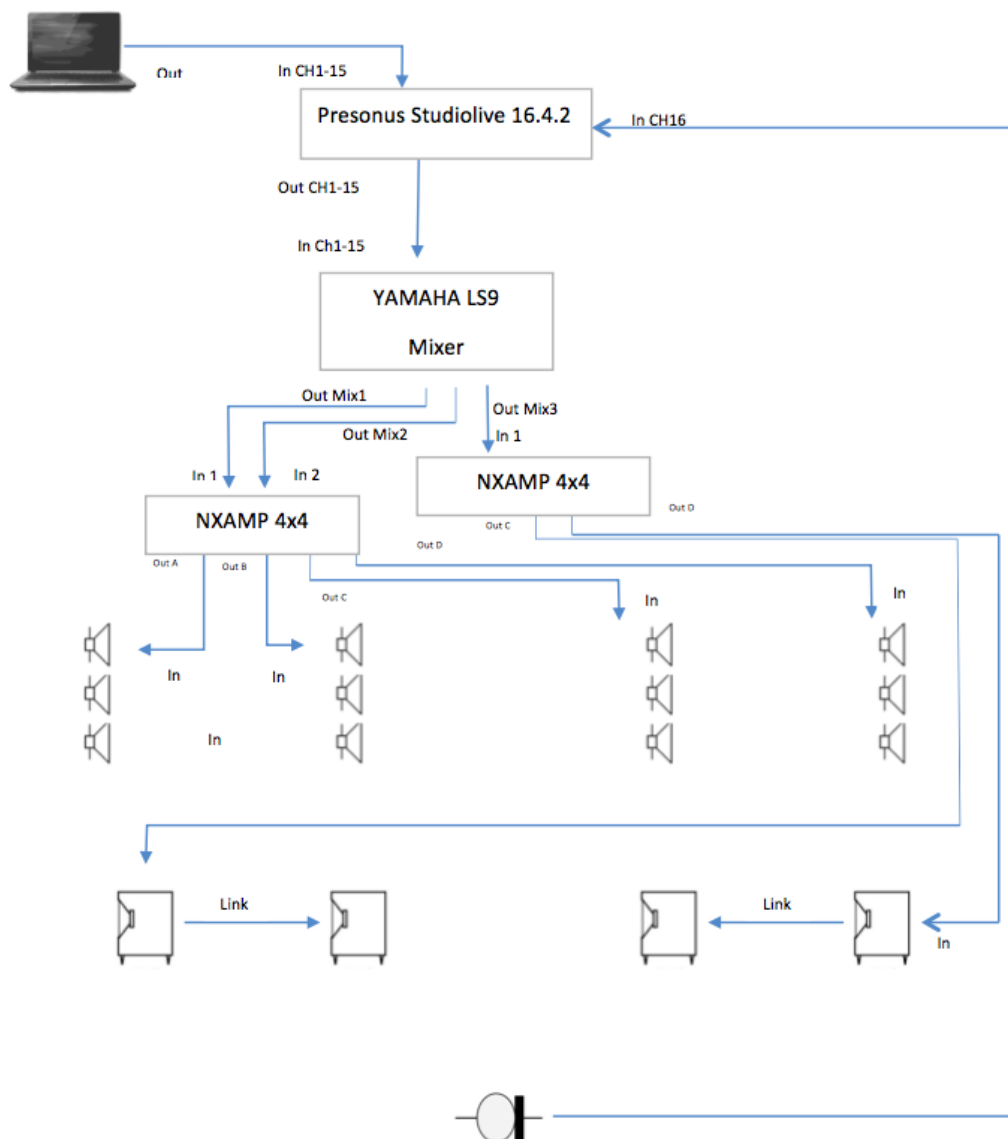


Figura 3. Cadena electroacústica auditorio Udlapark.

## 4.1.2. Requerimientos eléctricos

A continuación, se detalla el procedimiento matemático correspondiente al cálculo de todos los parámetros de funcionamiento eléctrico de los sistemas de refuerzo sonoro usados en cada auditorio. Los datos con los que se desarrollan los cálculos son tomados directamente del manual de usuario de cada componente, por lo que se debe tener en cuenta que tendrán un margen de error puesto que se trabaja en condiciones ideales.

### 4.1.2.1. Udlapark

Debido a la gran cantidad de equipos necesarios para el evento es necesario usar una toma eléctrica bifásica a 120V para no sobrecargar al sistema eléctrico y evitar producir averías en los equipos.

#### 4.1.2.1.1. Geo S805

El sistema Geo S805 consta de 3 altavoces, cada uno con su propia impedancia. Por este motivo, la conexión se la realiza de tal manera que los 3 altavoces funcionen como uno solo, conectándolos entre sí por medio de los cables *speakon*, por lo que las resistencias internas trabajan como un arreglo de resistencias en paralelo.

SYSTEM SPECIFICATIONS	GEO S805 with NX242 TDcontroller
Frequency Response [a]	67 Hz – 19 kHz $\pm$ 3 dB
Usable Range @-6dB [a]	60 Hz – 20 kHz
Sensitivity 1W @ 1m [b]	99 dB SPL Nominal -97 dB SPL Wideband
Peak SPL @ 1m [b]	125 to 128 dB Peak for a single cabinet. Configuration dependant when arrayed.
Dispersion [c]	Coupling Plane: Not useable as a single cabinet. Configuration dependant Non-coupling plane: 120° (configurable to 80°).
Directivity Index [c]	Not useable as a single cabinet. Configuration dependant
Crossover Frequency	1.8 kHz Passive
Nominal Impedance	16 ohms
Recommended Amplifiers	1500 to 3000 Watts into 4 ohms / 4 cabinets per channel. Up to 6 cabinets per channel may be connected to large amplifiers capable of operating into low impedance loads.

Figura 4. Especificaciones técnicas Geo S805.

Tomado de nexo-sa (s.f.).

Seleccionando el valor de impedancia de 16 ohms se obtiene

$$Z_{eq} = 5,33 \text{ ohms}$$

El valor de 5,33 ohms corresponde a la impedancia eléctrica equivalente para las 3 cajas Geo del sistema de la universidad, las cuales poseen un arreglo en paralelo, por lo tanto, la impedancia equivalente se la define como el inverso matemático de los inversos matemáticos de todos los valores de impedancias correspondientes a cada caja individual.

$$I = \sqrt{\frac{W_n}{Z}} \quad \text{Ecuación 1}$$

$$I = \sqrt{\frac{3000 \text{ w}}{5,33 \Omega}}$$

$$I = 23.72 \text{ A}$$

Este valor corresponde a la corriente necesaria, en amperios, que necesita esta sección del sistema. Calculada a partir de los datos técnicos del manual correspondientes a “amplificadores recomendados” donde  $W_n$  es la potencia recomendada y  $Z$  a la impedancia equivalente calculada anteriormente.

#### 4.1.2.1.2. RS15

El RS15 posee dos modos de funcionamiento por lo que cada uno de los cálculos generados deben realizarse para las condiciones adecuadas que se detallan en el manual (modo omnidireccional y cardioide). Se destaca también el detalle de que la corriente que consumen los subgraves está ligada a la configuración de la conexión entre cada subgrave; esto se debe a que se puede conectar cada elemento a un canal diferente de los NXAMP o hacer un puente entre dos RS15

y obtener el mismo principio de los GEO S805 y tener una impedancia equivalente entre los subgraves puesto que se trabajaría con cargas en paralelo.

Recommended Amplifier#	OMNI MODE	DIRECTIONAL MODE
1 x RS15	2 x 700 Watts to 1200 Watts / 8 Ohms or 1 x 1400 Watts to 2400 Watts / 4 Ohms (*)	2 x 700 to 1200 Watts / 8 Ohms
2 x RS15	2 x 1400 Watts to 2400 Watts / 4 Ohms or 1 x 2800 Watts to 4800 Watts / 2 Ohms (*)	2 x 1400 Watts to 2400 Watts / 4 Ohms
4 x RS15	2 x 2800 Watts to 4800 Watts / 2 Ohms	2 x 2800 Watts to 4800 Watts / 2 Ohms

Figura 5. Especificaciones técnicas RS15.

Tomado de nexo-sa (s.f.).

#### 4.1.2.1.2.1. Omnidireccional

Debido a que las conexiones propuestas se encuentran puenteadas entre si se toma cada componente en grupos de dos y se trata sus impedancias a manera de una conexión en paralelo.

$$Z = 4 \text{ ohms}$$

Ya que son 2 cajas por lado

$$Z_{eq} = 2 \text{ ohms}$$

$$I = \sqrt{\frac{4800 \text{ w}}{2 \Omega}}$$

$$I = 48,98 \text{ A}$$

De igual manera, se calcula la corriente toma los datos de potencia directamente de las recomendaciones del manual correspondientes al uso de 2 RS15, siendo I la corriente a calcular.



#### 4.1.2.1.2.2. Direccional

Puesto que el modelo RS15 puede ser implementado en un modo de funcionamiento direccional, se realizan los cálculos tomando en cuenta los valores propuestos por el manual de usuario para esta configuración, es decir una potencia de 2400W a 4 Ohms para dos subgraves de este tipo, por lo tanto:

$$Z_{eq} = 4 \text{ ohms}$$

$$I = \sqrt{\frac{2400 \text{ w}}{4 \Omega}}$$

$$I = 24.49 \text{ A}$$

#### 4.1.2.2. Granados

Para el sistema implementado en el auditorio 2 de la sede granados no se necesitan demasiados componentes monofásicos que puedan sobrecargar las capacidades eléctricas, por lo que basta una toma de corriente monofásica a 120V para que el sistema funcione correctamente.

##### 4.1.2.2.1. JBL PRX 815

<b>Amplifier:</b>	
Design:	Highly efficient Class-D amplifier
Power Rating:	1500W (750W x 2)
AC Power Input:	100V - 240V ~ 50/60 Hz

Figura 6. Especificaciones técnicas JBL PRX 815.

Tomado de jblpro (2016).

$$I = \frac{W}{V}$$

Ecuación 2

$$I = \frac{1500}{120}$$

$$I = 12.5A$$

Los valores encontrados en el manual de usuario son de V=100v como voltaje mínimo, 240v como voltaje máximo y W=1500 w. Por lo que el cálculo de la corriente se la hace mediante la relación entre la potencia y el voltaje, a diferencia de los anteriores puntos en que se utilizaba el valor de la impedancia. Por lo tanto, se divide la potencia de la caja (valor individual) por el valor del voltaje entregado que es de 120V.

#### 4.1.2.2.2. NXAMP

- Potencia del NXAMP a 1/8 de su capacidad dada por el manual.

NXAMP Reference	Mains Voltage	Mains current
<b>NXAMP4x1U</b>	100 to 120 Volts	Max 20 Amps
<b>NXAMP4x1C</b>	220 to 240 Volts	Max 10 Amps
<b>NXAMP4x4U</b>	100 to 120 Volts	Max 2x 30 Amps
<b>NXAMP4x4C</b>	220 to 240 Volts	Max 2x 16 Amps
<b>NXAMP4x4W</b>	110 to 120 Volts	Max 2x 30 Amps
	220 to 240 Volts	Max 2x 16 Amps

Figura 7. Referencias de voltaje y corriente para NXAMP

Tomado de nexo-sa (s.f.)

NXAMP4X4		Line Current (A)		Watts Dissipated	Thermal Dissipation	
		120V	230V		Btu/h	kcal/h
Idle		2.3	1.3	120	411	104
1/8out	8ohms/ch	26.0	14.3	800	2743	691
	4ohms/ch	40.0	22.0	1300	4457	1123
	2ohms/ch	50.0	27.5	1700	5829	1469

Figura 8. Especificaciones técnicas NXAMP.

Tomado de nexo-sa (s.f.).

De igual manera que antes, tomamos como referencia el manual de usuario que destaca la potencia con un valor de 3000W. La corriente, nuevamente se calcula como una relación entre potencia y voltaje (120V).

$$I = W/V$$

$$I = 3000/120$$

$$I = 25A$$

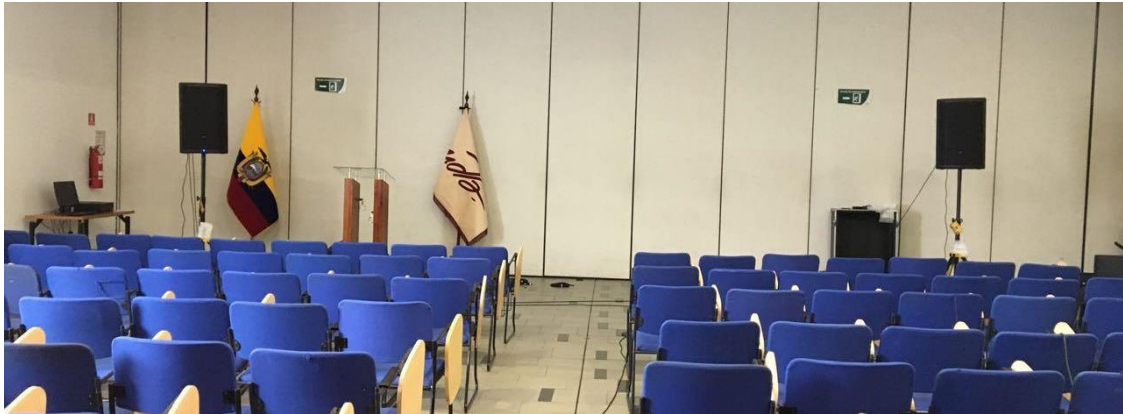
### **4.1.3. Simulación y montaje**

En esta sección se detalla la ubicación de los componentes para cada arreglo con sus características principales. También se explican los recursos acústicos usados en cada arreglo y cómo es que la audiencia podría percibir la diferencia sonora entre cada arreglo. También se detallan las gráficas de simulación que dan una idea cercana del comportamiento acústico de los arreglos.

#### **4.1.3.1. Descripción de configuraciones**

##### **4.1.3.1.1. Configuración 1 Granados**

Este arreglo básico consta de dos cajas JBL en sus respectivos pedestales, suspendidas de tal manera que cada sección de la audiencia este irradiada con el sonido generado por las mismas. Gracias a esta distribución podemos asignar a las JBL una señal L y R para generar un campo estéreo.



*Figura 9.* Auditorio Granados configuración 1.

#### **4.1.3.1.2. Configuración 2 Granados**

En base al anterior arreglo, se coloca otra caja a un costado de la audiencia de tal manera que la parte de reforzar el NPS en las filas posteriores. Se debe calcular el retardo necesario para que funcione a la par que las cajas frontales. El paneo de esta caja será mono puesto que solo se la usa como un refuerzo.



*Figura 10.* Auditorio Granados Configuración 2.

#### **4.1.3.1.3. Configuración 3 Granados**

El arreglo 3 quita la caja del costado e implementa otra caja al frente, teniendo de esta manera una caja central y dos al costado (L y R). Como la caja central está más atrás que las laterales también es necesario calcular el retardo.



*Figura 11. Auditorio Granados configuración 3.*

#### **4.1.3.1.4. Configuración 1 Udlapark**

Consta de los 4 GEO ubicados de manera vertical, asegurando así una mayor cobertura hacia las zonas posteriores del auditorio.



*Figura 12. Auditorio Udlapark configuración 1.*

#### **4.1.3.1.5. Configuración 2 Udlapark**

En esta ocasión se acostó los sistemas laterales. Lo que se busca aquí es ampliar la cobertura de las filas delanteras; de tal modo que a los sistemas también se los rota para que cubran una mayor área. Empiezan a generarse más reflexiones de ondas con el piso y paredes.



*Figura 13.* Auditorio Udlapark Configuración 2.

#### **4.1.3.1.6. Configuración 3 Udlapark**

Para este arreglo se acuestan todos los sistemas ampliando al máximo la cobertura lateral, pero disminuyendo el alcance medio y largo del sistema. Las reflexiones en el piso deberían aumentar y por lo tanto el NPS de este arreglo ser mayor en ciertas zonas, aunque hay más posibilidad de generar filtro peine debido a cancelaciones entre los mismos sistemas.



*Figura 14.* Auditorio Udlapark configuración 3.

## 4.2. Simulaciones

### 4.2.1. Sede Granados

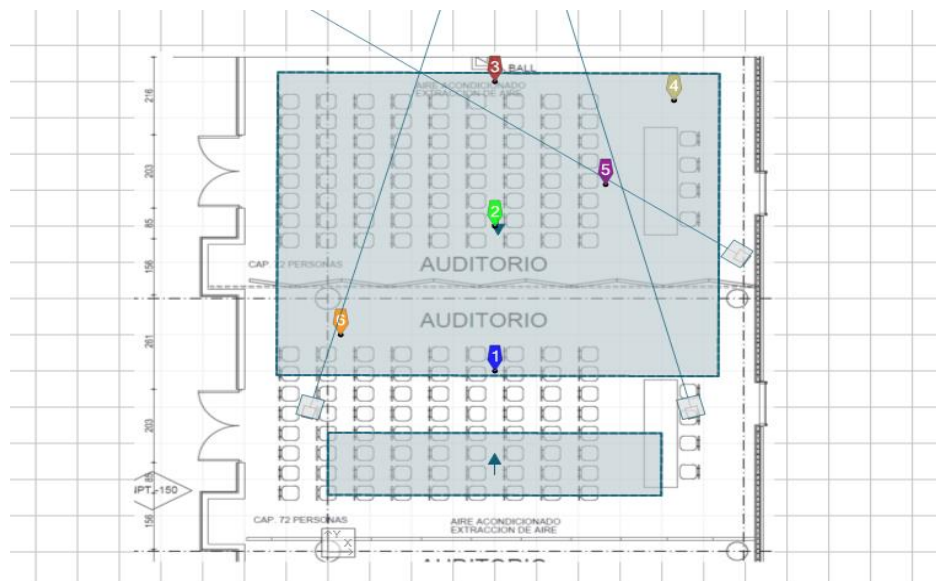


Figura 15. Vista aérea del auditorio Granados junto con las posiciones de medición.

La simulación del auditorio 2 de la sede Granados fue configurada para que tenga dos áreas de audiencia, la zona del escenario y la zona de las sillas. Como en este caso no existe diferencia de niveles en el piso del auditorio no es necesario dividir las zonas en más secciones puesto que todos los puntos están al mismo nivel del suelo. Se colocaron los micrófonos de la misma manera en que se colocaron al momento de las simulaciones y se configuró la zona de audiencia de las sillas para que la altura sea la del promedio de audiencia sentada (1.5m).



Figura 16. Vista lateral del arreglo empleado en la sede granados.

Se aprecia que, en cuanto a niveles globales, el auditorio se comporta de manera bastante uniforme, siendo lo más remarcable que las zonas más cercanas a los

parlantes son las que mayor nivel de presión sonora tienen, aun así, la diferencia con el punto que menos NPS posee no es tan significativa.

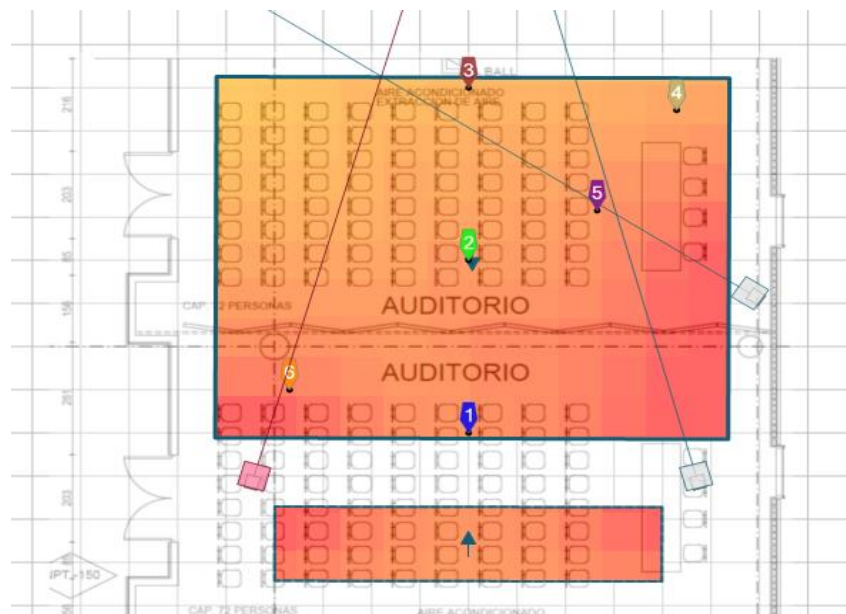


Figura 17. Gráfica de niveles de presión sonora globales simulados.

Esto queda reafirmado con la gráfica siguiente donde se muestra el comportamiento frecuencial de cada punto de medición ya que se puede ver la coherencia de comportamiento entre cada uno de los puntos medidos.

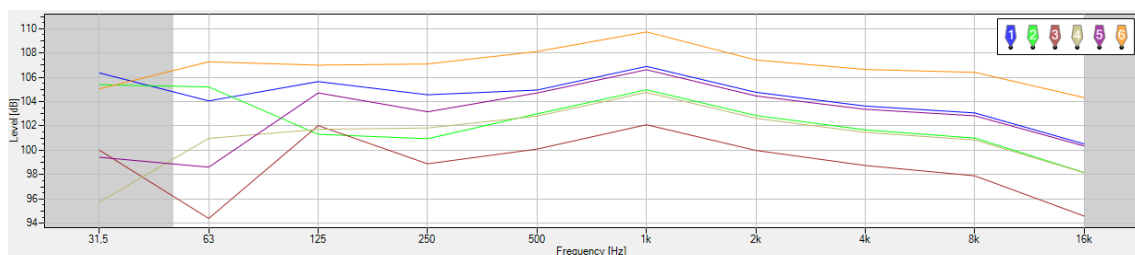


Figura 18. Comportamiento frecuencial del arreglo simulado.



#### 4.2.2. Sede Udlapark



Figura 19. Vista aérea del auditorio con puntos de medición.

La simulación para la sede Udlapark se basó en los planos originales de la estructura, por lo que se logró trabajar con medidas exactas. Se implementó tres áreas de audiencia las cuales corresponden a la zona del escenario, los asientos para el público y la zona de control del sonidista, enfocando los cálculos de simulación a las dos últimas mencionadas.

Dentro del EASE Focus, se posicionó los parlantes y subgraves, de tal manera de que se asemeje lo más posible a la implementación práctica del arreglo seleccionado. Además, se colocó seis micrófonos que corresponden a las posiciones de los puntos de medición con el sonómetro.

Una vez implementados los ajustes necesarios al software para altura del área de audiencia: 1.5m (gente sentada) y 1.7m (gente de pie), se verifica que todos los equipos tengan correctamente configuradas el direccionamiento y la posición, y entonces se procede a simular.

La siguiente imagen muestra que el nivel global de NPS dentro del auditorio es bastante uniforme, mostrando equilibrio en todos los puntos de la sala entre los cuales no hay caídas de decibeles notables.

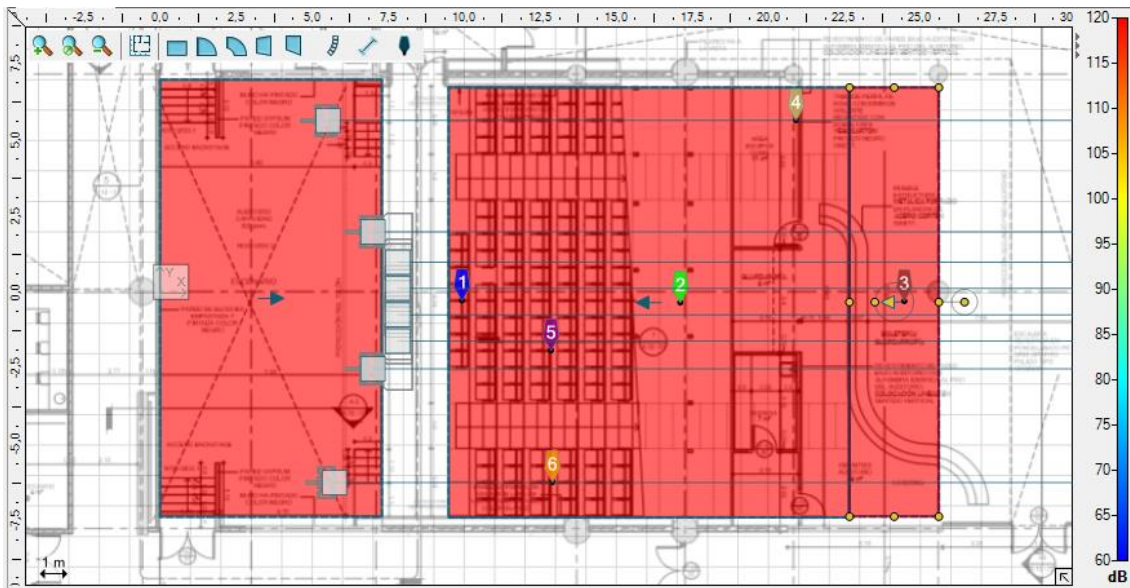


Figura 20. Gráfica de niveles de presión sonora globales simulados en la sala.

Lo más remarkable es que se puede apreciar que a los 125 Hz se generan las líneas de subgraves, las cuales se dibujan de manera simétrica y son una caída de nivel de presión sonora causada por la interacción entre los subgraves y las cajas.

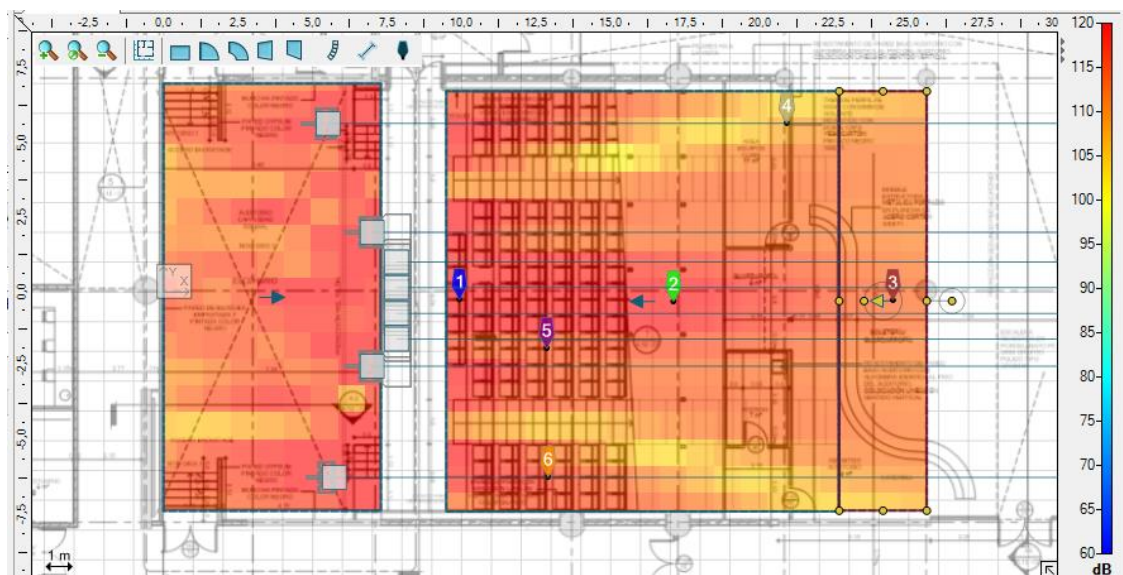


Figura 21. Gráfica de zonas de corte frecuencial causadas por la interacción de los subgraves con los GEO.

La gráfica general de frecuencias nos muestra que en todos los puntos se mantiene la misma tendencia, teniendo un gran aumento de nivel en bajas frecuencias en comparación a las medias y altas.

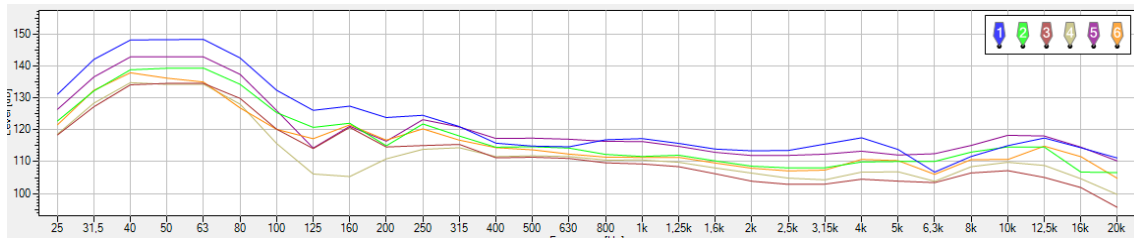


Figura 22. Comportamiento frecuencial del arreglo simulado.

### 4.3. Medición

Esta sección se enfoca en el proceso de medición de parámetros acústicos realizados en los auditorios de la Universidad de Las Américas, específicamente tiempo de reverberación, nivel de presión sonora por posición de micrófono y nivel de presión sonora global de la sala para cada arreglo.

#### 4.3.1. Auditorio Granados

Se realizó el montaje de los arreglos, asegurándose de cubrir de la manera más uniforme toda el área de audiencia. Se dispone de tres posiciones, una de ellas requiere ajustar la coherencia de tiempo; por lo que se requiere calcular el tiempo de retardo para dicha distancia. De esta manera, podemos configurar la consola para que las cajas frontales reciban las señales de los canales MAIN de la LS9 (CH15, CH16) y la caja extra será alimentada desde el MIX 3 de la consola. En esta ocasión no se usan subgraves por lo que no es necesario implementar frecuencias de corte entre las cajas ya que todas son el mismo modelo y trabajan en el mismo rango de frecuencias.

Los puntos de medición fueron decididos mediante lo escrito en la normativa UNE ISO 1996, en la que se especifica tener seis puntos de medición, donde se tomarán dos muestras de NPS más las respectivas tomas de ruido de fondo en

cada uno de los puntos, teniendo un total de doce muestras por arreglo (36 en total), más las seis de ruido de fondo.



Figura 63. Posiciones de medición en el auditorio 2 de la sede Granados.

En la imagen superior se muestra detalladamente cada posición donde se ubicará el sonómetro, las cuales se repetirán el mismo día de la realización de las encuestas, manteniendo el mismo proceso de medición.

Detalladamente las posiciones serían:

Tabla 3.

*Descripción de posiciones de medición.*

Posición	Color	Ubicación
1	Azul	Primera fila de espectadores
2	Verde	Zona central del área de audiencia
3	Rojo	Posición del sonidista
4	Amarillo	Zona posterior derecha del área de audiencia.
5	Púrpura	Zona posterior del área de audiencia más cercana al altavoz posterior a la columna central del auditorio.
6	Naranja	Zona lateral frontal del área de audiencia, más cercana a la entrada principal.

### 4.3.2. Udlapark

En el auditorio Udlapark se realizó el montaje de los tres arreglos escogidos conformado por el sistema NEXO de la universidad (carrera) (GEO y RS15), distribuidos de tal forma de que la cobertura hacia las áreas de audiencia sea la más óptima.

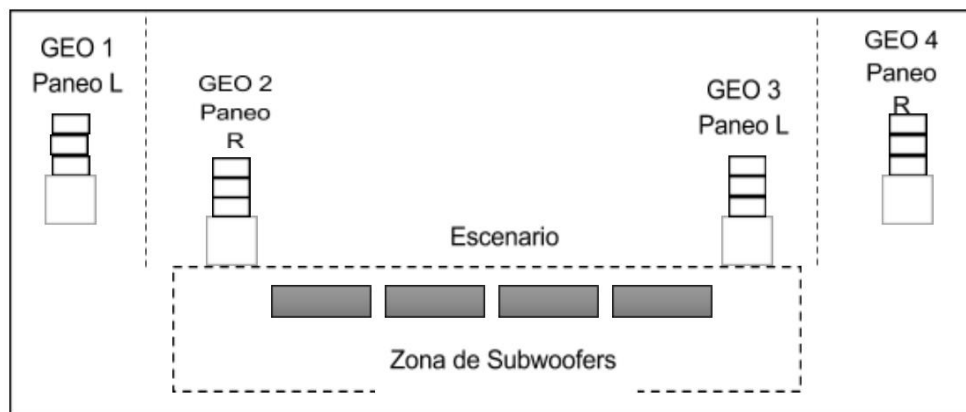


Figura 24. Esquema de la configuración a utilizarse.

Los NXAMP fueron configurados de tal forma de obtener un estéreo intercalado en los line arrays ubicados en el escenario. Por lo que, si numeramos los GEO del uno al cuatro de izquierda a derecha, tenemos que el 1 y el 3 reproducen la señal L y el 2 y el 4 la señal R. Si bien es cierto, podemos configurar los retardos desde la consola, la configuración de los Mixes empleados nos dificulta este proceso por lo que se debe realizar la configuración desde el menú de los NXAMP 4x4.

El esquema superior representa la configuración general de los arreglos a utilizarse pues solo varían en la orientación de los elementos GEO, mientras que el conexionado y configuración de la potencia y consolas es el mismo para los tres arreglos.

El proceso de medición de los niveles sonoros del auditorio de la sede Udlapark se llevó a cabo bajo el procedimiento detallado en la normativa UNE ISO 1996, a partir del cual se decidió repartir seis puntos de medición estratégicos a lo largo

del recinto en los cuales se tomó dos muestras de nivel de presión sonora y una muestra más para ruido de fondo, obteniendo un total de 12 muestras de nivel de presión sonora por arreglo. La medición se realizó configurando el sonómetro CESVA para que obtenga muestras por cada tercio de octava.

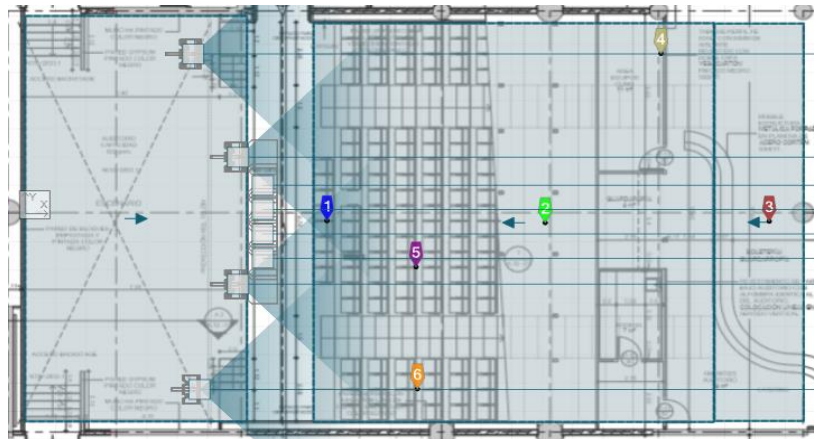


Figura 25. Posiciones de medición en el auditorio Udlapark.

En la imagen superior se muestra la distribución de las posiciones de medición definidas dentro del área de audiencia para el auditorio Udlapark, así como también la distribución superior de todo el arreglo implementado. Detalladamente las posiciones serían:

Tabla 4.

*Descripción de las posiciones de medición.*

Posición	Color	Ubicación
1	Azul	Primera fila de espectadores
2	Verde	Zona central del área de audiencia
3	Rojo	Parte posterior del auditorio, frente a la mesa de mezcla.
4	Amarillo	Zona posterior derecha del área de audiencia.
5	Púrpura	Zona frontal del área de audiencia.
6	Naranja	Zona lateral frontal del área de audiencia.

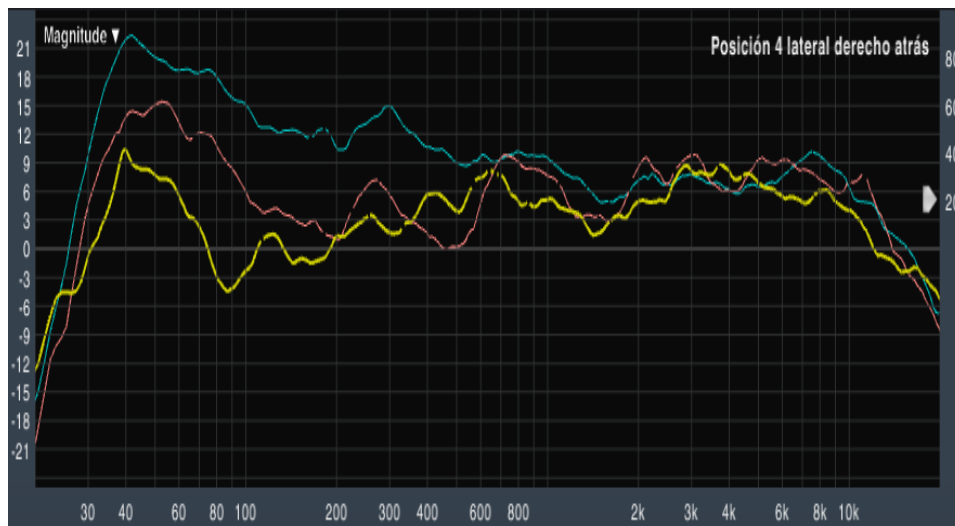
Este proceso es el mismo que se realizó el día de la encuesta con el arreglo escogido implementado, en el cual el ruido de fondo será el del auditorio con los asistentes en un ambiente normal.

#### 4.4. Mediciones SMAART

##### 4.4.1. Auditorio Udlapark

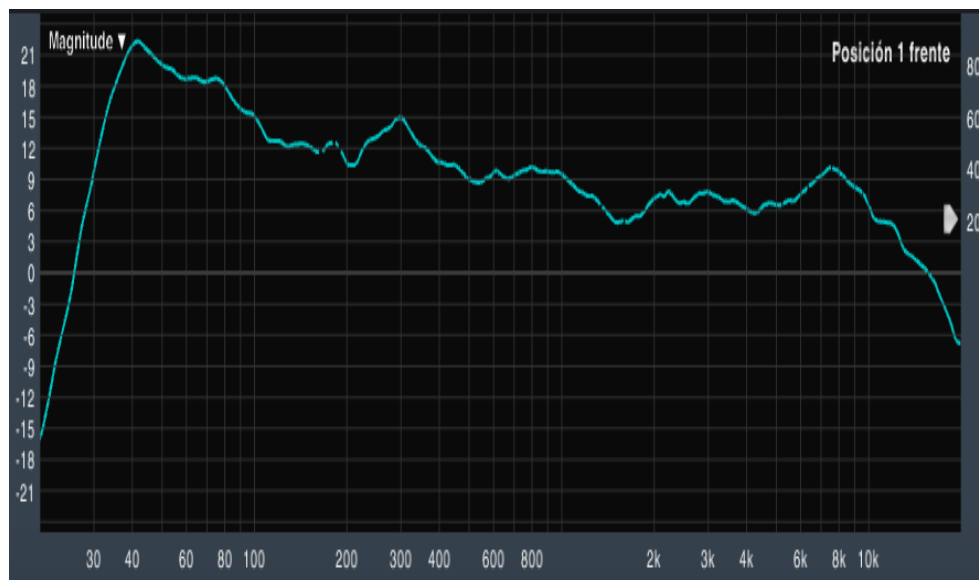
A continuación, se muestra una comparativa entre las respuestas RTA del arreglo en diferentes puntos de medición y su análisis individual, con el fin de elegir el de corroborar la efectividad del arreglo previamente escogido. Como se puede notar en ambas gráficas tomadas en posiciones críticas del auditorio, como son una al frente, centro y lateral respectivamente; no se tienen caídas abruptas de nivel que puedan significar un potencial problema.

Como se puede notar en ambas gráficas tomadas en posiciones críticas del auditorio, no se tienen caídas abruptas de nivel que puedan significar un potencial problema; tomando en cuenta que la curva de color azul corresponde a la medición realizada en la parte frontal del auditorio en la primera fila de la audiencia, por otra parte, la de color amarillo pertenece al punto lateral de medición y por ultima la de color rojo al centro de la audiencia.



*Figura 26.* Comparativa entre las respuestas de los diferentes puntos de medición.

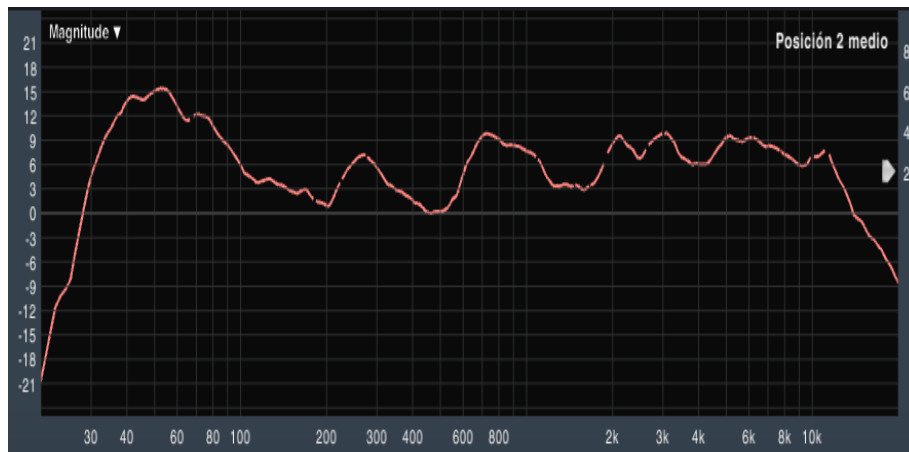
Al contrario, en el primer gráfico las diferencias entre niveles están por encima de 0 dBfs; siendo 0 dBfs el nivel de una señal que está a su nivel máximo que puede soportar sin cortar su forma de onda; mostrando una atenuación en frecuencias alrededor de 2kHz; presentando una curva de mayor respuesta en bajas frecuencias que decae a medida que aumenta.



*Figura 27.* Respuesta del sistema en el punto de medición correspondiente a la primera fila de la audiencia.

En el segundo gráfico podemos notar ciertas caídas alrededor de 100 Hz, 300 Hz y 2 kHz, las cuales se aproximan a los 3 dB de diferencia; en esta posición en particular se observa un gran nivel en bajas frecuencias; la resonancia en aproximadamente 7 kHz podría significar un problema de inteligibilidad.





*Figura 28.* Respuesta del sistema en el punto de medición correspondiente al centro de zona de audiencia.

En esta posición que corresponde a la parte lateral del auditorio podemos notar que existen frecuencias como 100 Hz donde la diferencia se encuentra por debajo de los 0 dBfs, mientras que en las frecuencias adyacentes la curva crece hasta llegar a valores de 9 dBfs en frecuencias altas como 3 y 4 kHz.

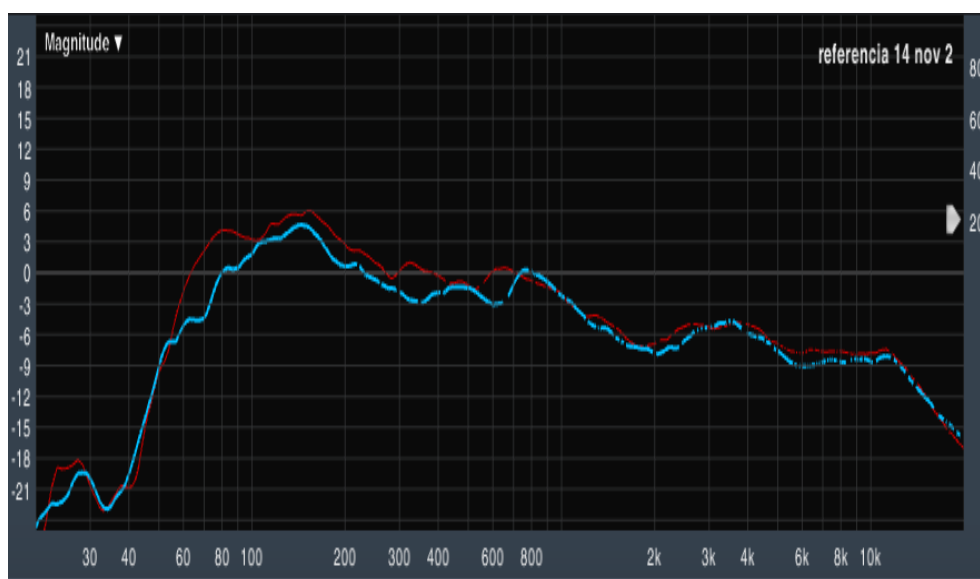


*Figura 29.* Respuesta del sistema en el punto de medición correspondiente a la parte lateral de la zona de audiencia.

Este arreglo fue escogido debido a que su respuesta no muestra una mayor problemática, puesto que las cancelaciones en su mayoría pueden ser despreciables; a su vez existe acumulación de energía en frecuencias entre los 1,5 Hz a 5 kHz los cuales benefician la inteligibilidad de palabra.

#### 4.4.2. Auditorio sede Granados

Las gráficas que se muestran a continuación representan la respuesta obtenida tras implementar un arreglo que consta de 3 altavoces situados en la parte delantera y lateral del auditorio 2 de la sede Granados. La curva de color rojo es el resultado de la medición tomada en la parte central de la audiencia, mientras que la curva de color azul muestra el resultado de la medición realizada en el lateral de la zona de audiencia.



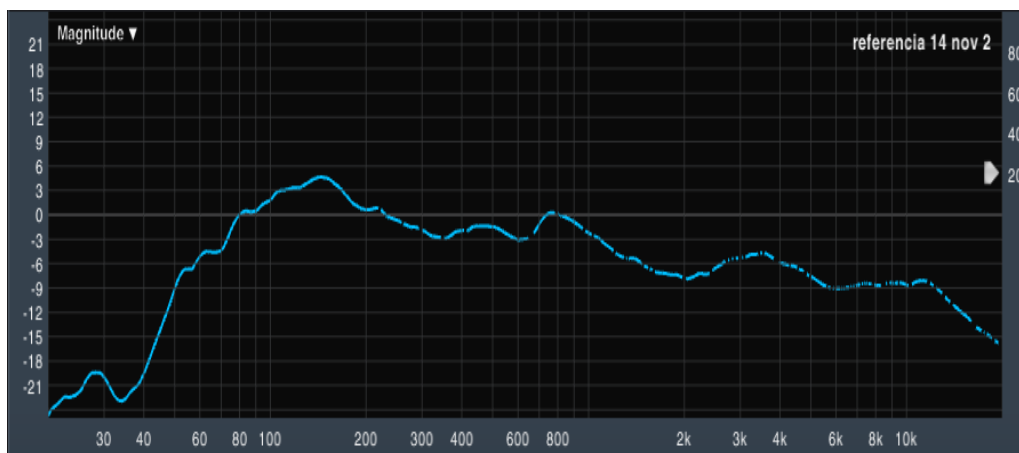
*Figura 30.* Comparativa entre las respuestas de los diferentes puntos de medición.

En el primer gráfico podemos notar que a partir de 200 Hz existe una diferencia negativa que decae hasta los -6dBfs en frecuencias agudas, mientras que en frecuencias bajas a partir de los 40 Hz muestra una curva ascendente.



*Figura 31.* Respuesta del sistema en el punto de medición correspondiente a la parte central de la zona de audiencia.

Por otra parte, en la presente gráfica podemos notar un pico que supera los 3 dBfs alrededor de 100 dBfs, mientras que en el resto de frecuencias las diferencias se encuentran por debajo del 0 dBfs, y decae a medida que las frecuencias se aumentan.



*Figura 32.* Respuesta del sistema en el punto de medición correspondiente a la parte lateral de la zona de audiencia.

Este tipo de arreglo fue escogido debido a que las cancelaciones que presenta en su respuesta pueden ser controladas fácilmente mediante una ecualización correctiva, a su vez, su respuesta es bastante plana en frecuencias medias, lo cual puede ser aprovechado para resaltar la voz del orador.

## 4.5. Evaluación de mezclas

### 4.5.1. Procesos de evaluación

Tras realizar los cálculos teóricos pertinentes, se optó por evaluarlos en el público mediante una encuesta, la cual fue practicada los días 28 de octubre y 14 de noviembre del año presente, tanto en el auditorio Udlapark como en el auditorio sede Granados respectivamente.

### 4.5.2. Selección de la muestra

Siendo una de las finalidades de este estudio el potenciar la calidad sonora en vivo en los auditorios de la Universidad de las Américas, se determinó que la población de interés son músicos e ingenieros en sonido y acústica, cuyas opiniones son de gran interés.

Se destinó la encuesta a músicos e ingenieros en sonido y acústica estudiantes de la Universidad de las Américas puesto que son los que cuentan con mayor acceso a los recintos a evaluarse.

La población de las respectivas carreras, según las inscripciones realizadas en el semestre 2017-2, es de 159 personas en la escuela de música y 246 personas en la carrera de sonido y acústica; dando un total de 405 personas candidatas a practicar la encuesta.

Mediante el siguiente modelo estadístico se pudo encontrar el número de muestras, es decir encuestas, necesarias para que la evaluación sea válida.

$$Tamaño\ de\ la\ muestra = \frac{\frac{z^2 x p(1-p)}{e^2}}{1 + \left(\frac{z^2 x p(1-p)}{e^2 - N}\right)} \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde N es el tamaño de la población en nuestro caso 405 personas; e es el margen de error, en el presente caso igual al 28% y z es la cantidad de desviaciones estándar en que una proporción se aleja de la media; la cual vive condicionada por el nivel de confianza escogido es decir el 99% debido al conocimiento en el área de estudio de los participantes. El tamaño de la muestra

obtenido corresponde a 21 encuestas.

#### **4.5.3. Selección de referencias**

Los auditorios tanto de la sede Granados como Udlapark, tienen como finalidad principal la realización de eventos de música y de palabra, de ahí la necesidad de encontrar una muestra que al momento de encuestar nos permita simular tanto a los músicos como oradores que se puedan presentar en dichos recintos.

Partiendo de esto se escogió una muestra de estilo rock de nombre "*Piece of me*" de la banda Dark Ride's, obtenida de la página del departamento de arte de la Universidad de Cambridge; que consta de los siguientes instrumentos

- Batería
- Bajo
- Guitarra eléctrica y acústica
- Voz
- Sintetizadores

Mediante los cuales se puede alcanzar un amplio rango frecuencial y de dinámica.

En cuanto a la muestra de palabra se utilizó un audiolibro titulado "Los 100 mejores poemas del idioma castellano", narrado por un hombre con una voz entrenada en la oratoria.

#### **4.6. Configuración elegida**

##### **4.6.1. Auditorio Udlapark**

La configuración a evaluarse en el auditorio Udlapark consiste en 4 arreglos *line array* conformados por 3 cajas sobrepuestas sobre el escenario; junto con 4 subgraves en línea bajo el escenario.

##### **4.6.2. Auditorio sede Granados**

Para el auditorio de la sede Granados se optó por la configuración que consta

de dos cajas en la parte delantera del escenario y una lateral.

## **4.7. Etapa de mezcla**

### **4.7.1. Descripción de las mezclas**

#### **4.7.1.1. Mezcla 1**

Como punto de partida se utilizó las muestras sin ningún tipo de edición (*Raw mix*), esto con el fin de evaluar la sesión base en el público; tomando en cuenta un nivel de presión sonora de alrededor de 90 dB.

#### **4.7.1.2. Mezcla 2**

Esta mezcla estuvo enfocada a obtener un resultado natural, resaltando elementos claves de la mezcla como la guitarra acústica sin procesarla en exceso. Para reforzar la sensación de naturalidad se aplicó un ambiente que simulara a una banda en escena, destacando dicha ambientación principalmente en la voz.

En cuanto a la imagen estéreo se optó por una configuración en B; a su vez se optó por utilizar solo la toma por línea del bajo y descartar los *samples* de *kick* existentes en el tema.

#### **4.7.1.3. Mezcla 3**

En esta mezcla se optó por una serie de procesos más elaborados como son la utilización de *triggers* en la comprensión del *kick*, por otra parte, se utilizó una imagen estéreo cambiante, siendo configuración en B a lo largo del tema y W en el coro resaltando este fragmento.

## **4.8.2. Proceso de Mezcla**

### **4.8.2.1. Aspectos generales**

Como la sesión original poseía una gran cantidad de pistas; fue necesario reducir el número de pistas a un número que acepte la interfaz de audio usada. Por lo que se agrupó varios *tracks* en subgrupos de instrumentos, simulando la reproducción en *stems* para así obtener un total de 8 *tracks* entre batería (3 pistas), bajo (1 pista), guitarras (3 pistas) y la voz (1 pista)

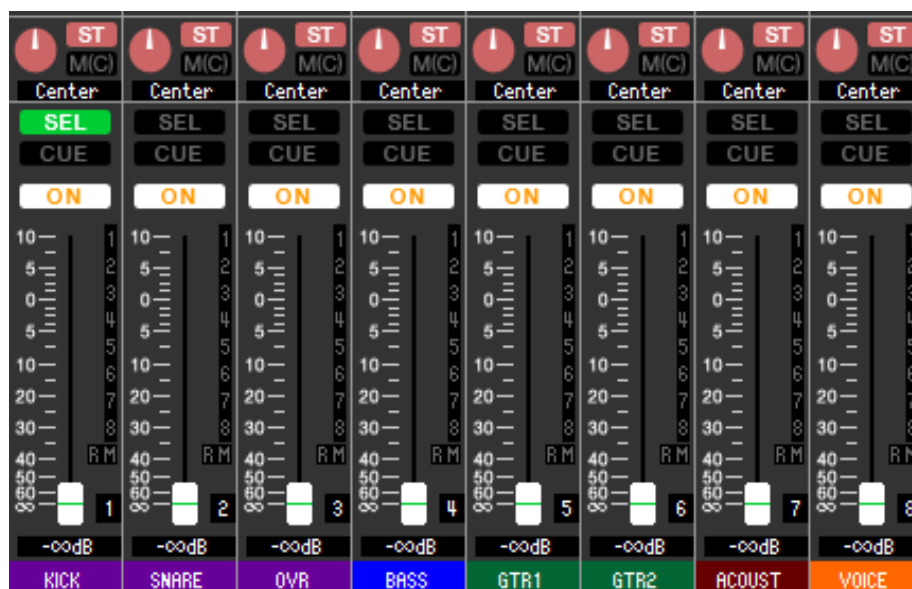


Figura 33. Distribución de los canales de la sesión en la consola.

Hay que recalcar que esta configuración no se acerca mucho a lo que se tendría en una presentación en vivo, pues en esta situación tendríamos cada micrófono y señal en canales independientes, lo que sería lo apropiado para trabajar en este tipo de eventos.

Además, los paneos que se aplicaran en las muestras 2 y 3 fueron configurados en paneo central para los canales 1, 4 y 8; R21 para el canal 2 (*Snare*), *Hard L* y *Hard R* (L63 y R63) para los canales 5 y 6 respectivamente, y el paneo del canal 3 se variará dependiendo del momento de la canción para enfatizar ciertos momentos, al igual que canal 7 correspondiente a la guitarra acústica.

#### 4.8.2.2. Aspectos específicos

##### 4.8.2.2.1. “Raw” MIX

La primera muestra consistió en reproducirse una mezcla sin ningún tipo de procesado de audio. Como la gráfica posterior muestra, solo se configuraron los niveles de ganancia para cada canal para luego asignar niveles a los mismos colocando los *faders* de los 8 canales en 0dB. De la misma manera, en esta muestra no se asigna ningún efecto por lo que los *racks* de efectos están sin configurar, manteniendo las condiciones de inicio de la consola.

#### 4.8.2.2.3. Mezcla por canal

En el canal uno tenemos el bombo en el cual en la señal poco procesada no se le aplica ningún filtro y no se trabaja la zona de claridad, solo se amplifica un poco la fundamental para realzar un poco el efecto del sonido en la mezcla. A la mezcla más procesada se le añadió una señal desde la sesión de Pro Tools que funciona como “gatillo”; es decir que, reproduce una señal de audio al mismo tiempo en que exista una señal de audio en el canal del bombo original, enmascarando así el audio del bombo original y reemplazándolo por uno ya procesado en estudio. Se le aplicó un filtro pasa-altos a 50 Hz para evitar la interacción de información frecuencial innecesaria. Manteniendo su paneo en el centro de la imagen se mantiene todo el golpe del gatillo y ayuda a que la audiencia sienta el efecto del subgrave en cada golpe del instrumento. En la ecualización se enfatizó darle un realce a su frecuencia fundamental, además que se pretende atenuar la zona de “*muddy*” del bombo original que le da complemento al sonido general del bombo. En cuanto a procesamiento dinámico, se optó por no procesar nada puesto que el *trigger* tiene las mismas cualidades dinámicas en cada golpe y el efecto del sonido del bombo original es casi imperceptible.



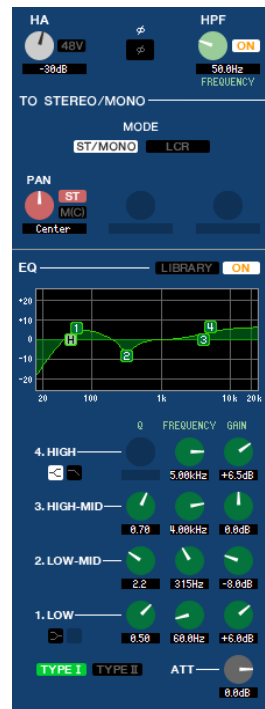


Figura 74. Configuración del canal correspondiente al kick.

Al principio al *snare* se le se le aplicó solo un realce en su fundamental sin la implementación de filtros pasa altos ni procesamiento dinámico alguno, además se le intento dar claridad para mejorar su presencia en la mezcla. En la señal más procesada, se colocó un filtro pasa-altos a 80HZ procurando no interferir con la fundamental. En este canal se usó el mismo procedimiento que con el *kick*, aumentando una señal *trigger* desde la sesión de Pro Tools. De igual manera se atenuó la zona de sonido difuso y se procuró darle un sonido más “*crunch*” trabajando en la zona de frecuencias “medias altas”, además de implementar un poco de brillo al sonido aumentando el nivel de las altas frecuencias. Nuevamente, no hubo necesidad de un compresor puesto que la diferencia de dinámica en cada golpe en el *snare* es idéntica. El paneo fue pensado para guardar relación con la imagen de una batería implementada en escenario por lo que se configuró para que su localización esté hacia la derecha de la imagen, no muy alejada del centro.

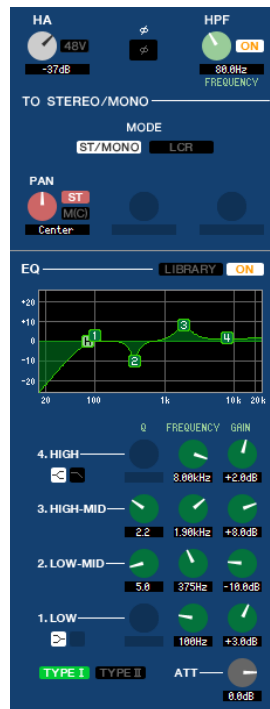


Figura 35. Configuración del canal correspondiente al *snare*.

En la señal poco procesada del canal de *overheads* no se implementa ningún tipo de ecualización para simular lo que sería captado por el oído de un escucha sin ningún tipo de procesamiento e implementarlo en la mezcla de manera un poco sutil para no sobrecargar el brillo del sonido de los platos en la mezcla. Cuando se procesó más la señal, se les aplicó un filtro pasa altos a 100Hz para que no interfieran con el bombo ni el bajo, en el proceso de mezcla también se mantendrá un nivel bajo durante los versos y bridges del tema, para aumentar su nivel en los coros del tema. Lo que se pretende con esto, es dar más impacto a las zonas con más fuerza del tema.

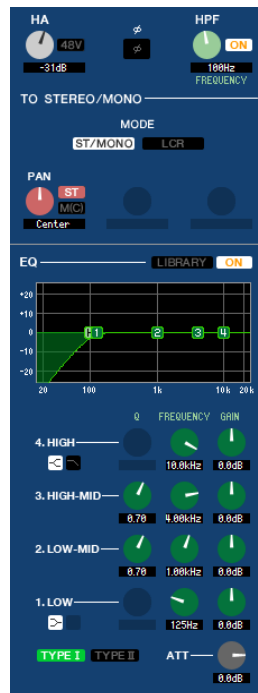


Figura 36. Configuración del canal correspondiente a los *overheads*.

Al bajo eléctrico se lo procesa de manera similar en ambas mezclas, con la diferencia que en la muestra poco procesada no se toma mucho la interferencia del bombo y no se implementan filtros ni procesamiento dinámico; mientras que en la muestra más procesada se trata de que gane un sonido un tanto metálico que va bien con el género del tema. Además, se le da un filtro pasa altos en la frecuencia de 63HZ y teniendo cuidado en no interferir con la fundamental del bombo se trata de complementar que ambos se complementen de tal manera que trabajen en armonía entre las frecuencias de 60Hz a 200hz aproximadamente, teniendo esta como su zona principal de trabajo en bajas frecuencias, luego se busca enfatizar el sonido metálico de las cuerdas localizado en las frecuencias medias altas.



Figura 37. Configuración del canal correspondiente al bajo eléctrico.

Dinámicamente se busca que el bajo tenga consistencia y trabaje como un solo bloque sonoro por lo que el uso del compresor es necesario para disminuir la diferencia entre rangos dinámicos existente en la interpretación.

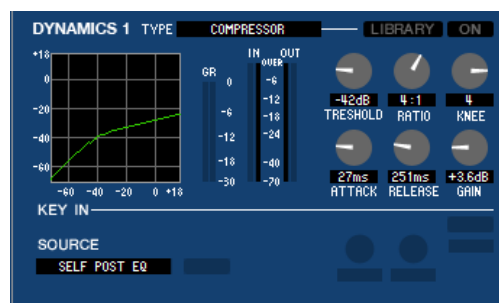


Figura 38. Procesamiento dinámico correspondiente al bajo.

Ambas guitarras tienen un sonido parecido, con la diferencia de la muestra más natural se quiere emular un sonido más a un *cabinet* 4x12, por lo que se atenúa la frecuencia de 1KHz de una manera drástica para conseguir el efecto de amplificador; mientras que en la señal más procesada, esta atenuación es menos

drástica, manteniendo los mismos parámetros de ecualización en frecuencias fundamentales con la diferencia fundamental de que la guitarra ubicada en el canal 5 (la cual es la guitarra con el solo) tiene un poco más de énfasis en la zona de la presencia mientras que la rítmica tiene más brillos. De igual manera, se cuida de que ninguna interfiera con la voz tanto como frecuencialmente ni sonoramente, por lo que en el momento de la mezcla se juega con los niveles entre ambas guitarras destacando la principal en las partes melódicas y la rítmica en los coros y todas las partes del tema donde se necesita un cuerpo robusto de fondo; y al mismo tiempo, se juega entre los niveles de ambas guitarras y el de la voz, atenuando las guitarras en los versos del tema, pero incrementando el nivel al momento de los coros, esto, sumado a su paneo *HARD L* y *HARD R*, ayuda a acentuar el paneo en V y W propuesto anteriormente. El procesamiento dinámico es idéntico en ambas guitarras ya que tienen propiedades sonoras similares. En este punto es importante marcar que a la guitarra acústica no se le dio más procesamiento que un retardo ya que la señal de la sesión corresponde a una grabación de alta calidad ya procesada en ecualización y dinámicamente.

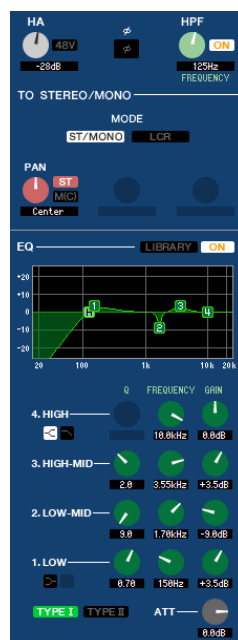


Figura 39. Procesamientos de las guitarras eléctricas.

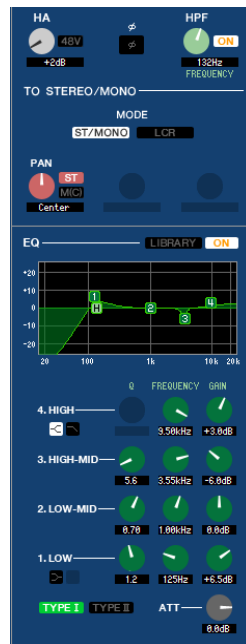


Figura 40. Procesamientos de las guitarras eléctricas.

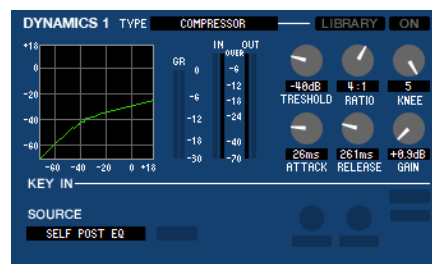


Figura 41. Procesamiento dinámico de las guitarras eléctricas.

La voz es la parte más destacada del tema debido a su potencia y presencia en el tema y es a lo que más énfasis se le va a dar en la mezcla. por ende, es importante resaltar la presencia sin interferir con las guitarras, pues se encuentran en las mismas zonas frecuenciales.

Se atenúa un poco la nasalidad existente, aunque en esta pista en específico la voz estaba en muy buena calidad por lo que no necesitó de mucho trabajo en ecualización ni procesamiento dinámico en ninguna de las muestras, solo se acentuó más la zona de la fundamental y presencia en la mezcla más procesada, además de darle un poco de aire interactuando con las frecuencias más altas;

mientras que en la poco procesada se evitaron los filtros.

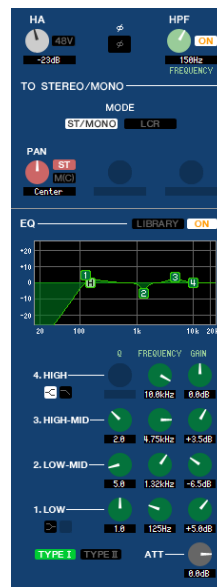


Figura 42. Canal correspondiente a las voces.

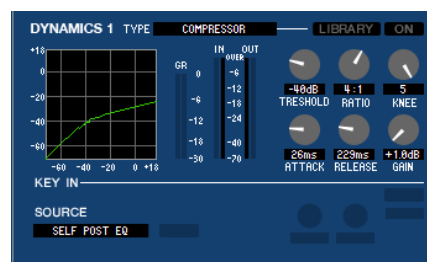


Figura 43. Procesamiento dinámico de las voces.

En esta muestra se aplicaron efectos en las guitarras y las voces. Se procura darle un efecto de reverberación a la voz que simule el sonido en estudio (al igual que la mezcla en general) y por ese motivo se juega con diferentes retardo (configurados todos a 132BPM), haciendo que la voz tenga un retardo en el bridge acústico del tema, se juega también ubicando la guitarra acústica con un retardo en el bridge acústico de la canción para crear ambiente, y así mismo un retardo ping pong en la zona final del tema la guitarra eléctrica melódica que complementa en algo la percepción de los armónicos generados por el guitarrista.

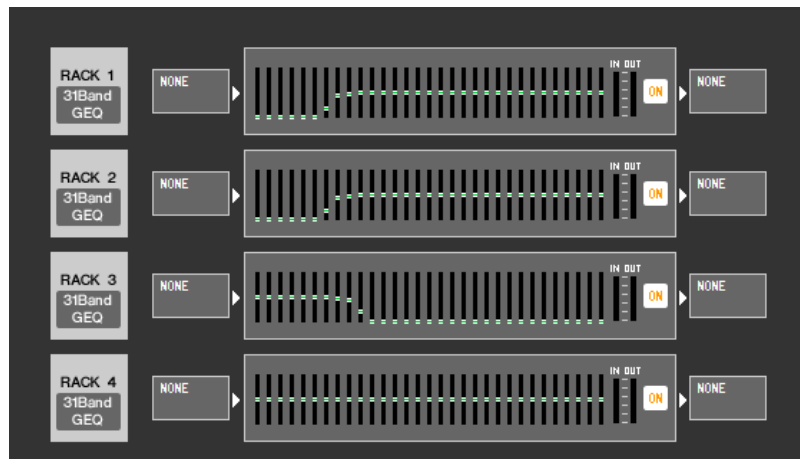


Figura 44. Rack de ecualizadores de la LS9.



Figura 85. Rack de efectos de la Yamaha LS9.

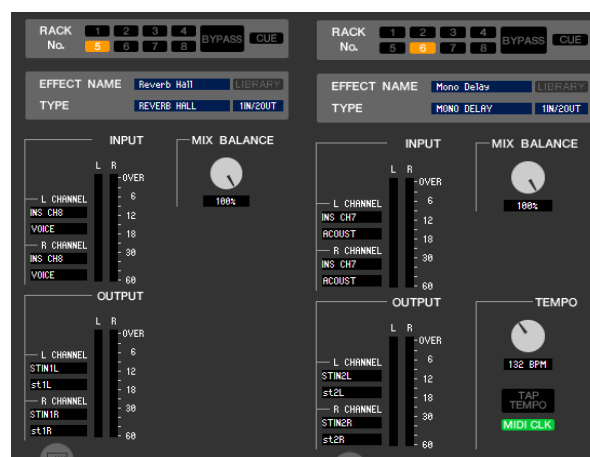


Figura 46. Reverberación para voces y retardo para guitarra.



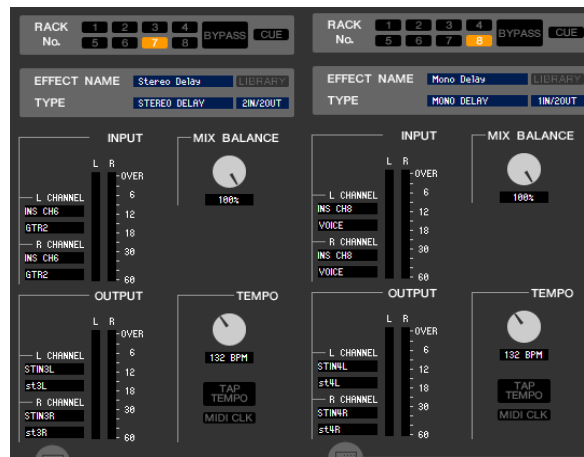


Figura 47. Retardo estéreo para guitarras y para voces.

## 5. Capítulo V. Resultados.

### 5.1. Cálculo de Resultados

A continuación, se detalla el proceso matemático realizado, para cada uno de los arreglos y los puntos de medición, que nos ayuda a calcular los valores que se muestran en las tablas comparativas y gráficas de comportamiento acústico de la sección siguiente.

- 1) A los dos valores de NPS obtenidos en cada posición se los transforma a uno solo que representa el comportamiento acústico de esa posición en concreto. Esto se logra con la fórmula:

$$NPS_n = 10 \log \left( \frac{10^{p_1} + 10^{p_2}}{2} \right) \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde  $p_1$  y  $p_2$  son cada valor de NPS obtenido en ese punto en específico, y  $n$  son cada uno de los puntos de medición escogidos (1-6)

- 2) Luego, hay que obtener el comportamiento de toda la sala de manera frecuencial; por lo cual, se realiza el mismo procedimiento detallado arriba, pero con la diferencia que ahora se utiliza el promedio de cada punto de medición por cada frecuencia.

$$NPSfx = 10 \log \left( \frac{10^{\frac{NPS 1}{10}} + 10^{\frac{NPS 2}{10}} + 10^{\frac{NPS 3}{10}} + 10^{\frac{NPS 4}{10}} + 10^{\frac{NPS 5}{10}} + 10^{\frac{NPS 6}{10}}}{6} \right)$$

Ecuación 5

Donde x es cada uno de los componentes del espectro medido en Hz, y NPS (1-6) son los valores promedios obtenidos anteriormente. Adicionalmente se calculó como dato extra el NPS general en cada punto de medición de la sala.

- 3) Por último, hallamos el valor global de NPS de la sala el cual consta de la suma logarítmica de cada uno de los valores de NPS frecuenciales. Por lo tanto:

$$NPS_{global} = 10 \log \left( 10^{\frac{NPS f_{10}}{10}} + 10^{\frac{NPS f_{12,5}}{10}} + \dots + 10^{\frac{NPS f_{20k}}{10}} \right)$$

Ecuación 6

### 5.1.1. Auditorio Udlapark

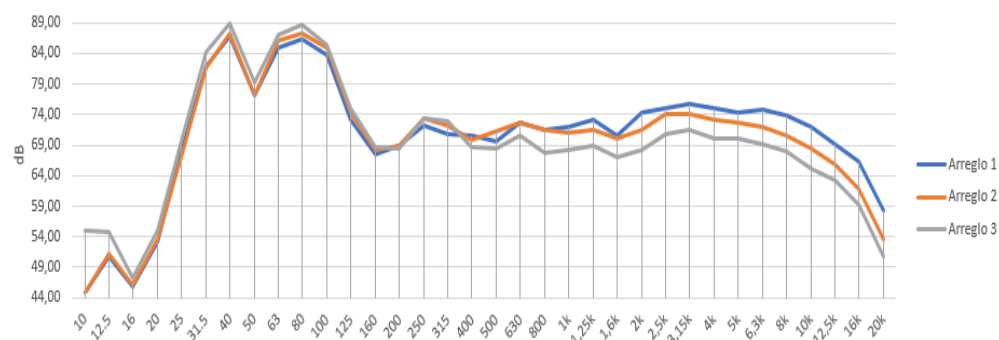


Figura 48. Respuesta acústica de los diferentes arreglos sin público.

En el gráfico superior se puede apreciar el comportamiento de los tres arreglos escogidos funcionando dentro del auditorio sin público, en donde los niveles medidos en cada frecuencia del espectro poseen características similares como

su alto nivel en bajas frecuencias en comparación con frecuencias medias y altas, además de su uniformidad en los niveles medidos, aunque cabe destacar la caída de NPS que presenta el tercer arreglo a partir de los 400 Hz, esto muestra que, si bien este arreglo funciona muy bien en bajas frecuencias, entre medias y altas (que es donde se encuentra la presencia de varios instrumentos y la voz humana) tiene una respuesta inferior; llegando a tener caídas de hasta 6 dB con es el caso de la frecuencia de 2k, lo cual hace que el tercer arreglo tenga un promedio de -4dB en relación al arreglo número 1. Un punto a tener en cuenta es que se aprecia una caída de nivel en la frecuencia de 50Hz por lo que habrá que poner énfasis en la ecualización del master de la consola. Además, mediante el siguiente gráfico se comprueba la relación que tiene con las simulaciones realizadas con el software EASE FOCUS.

Cabe recalcar que la diferencia de niveles entre la simulación y la práctica está directamente relacionada con que el software calcula los datos en condiciones ideales, mientras que en el procedimiento real se presentan ciertos inconvenientes que se detallan en un apartado posterior.

#### 5.1.1.1. Configuración 1

Se aprecia la caída general en la frecuencia de 50Hz, además de una pequeña caída en 1.6 KHz.

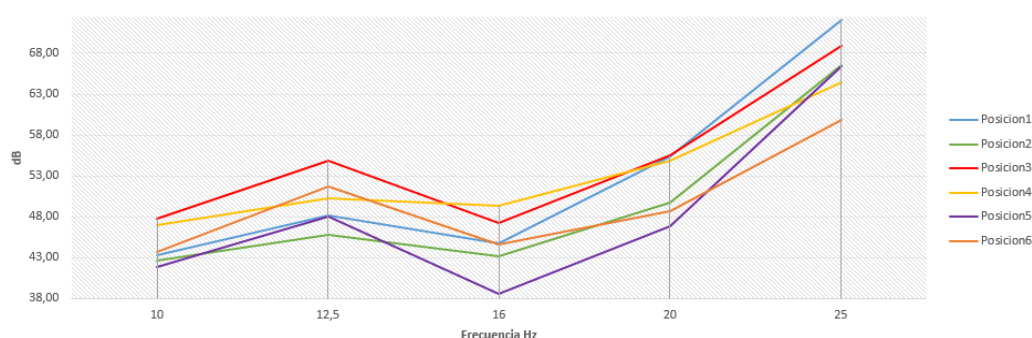


Figura 49. Respuesta del arreglo en el rango de 10 a 25 Hz.

En el rango de frecuencias bajas entre 31,5 y 80 Hz notamos un corte importante en todas las posiciones en la frecuencia de 50 Hz y sus alrededores; por otra parte, notamos que los valores de nivel más alto se dan en la posición 1.

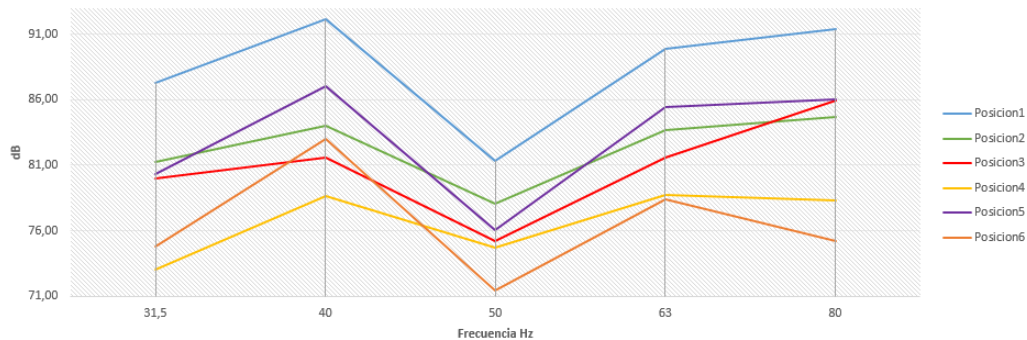


Figura 50. Respuesta del arreglo en el rango de 31,5 a 80 Hz.

En cuanto a las frecuencias entre 100 y 250 Hz los niveles se mantienen entre 60 y 70 dB en todas las posiciones siendo la posición 3 la más crítica mostrando una caída pronunciada.

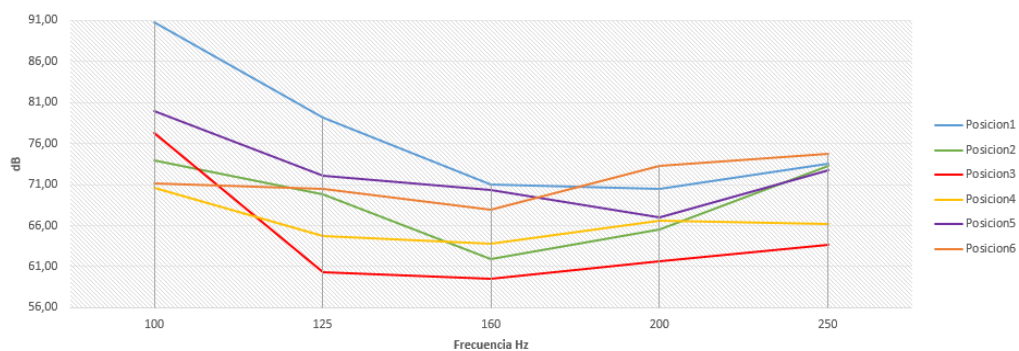


Figura 51. Respuesta del arreglo en el rango de 100 a 250 Hz.

En la siguiente gráfica podemos notar que la posición 3 es la que presenta mayor problema con valores alrededor de 60 dB, casi 6 dB por debajo del nivel obtenido en otras posiciones.

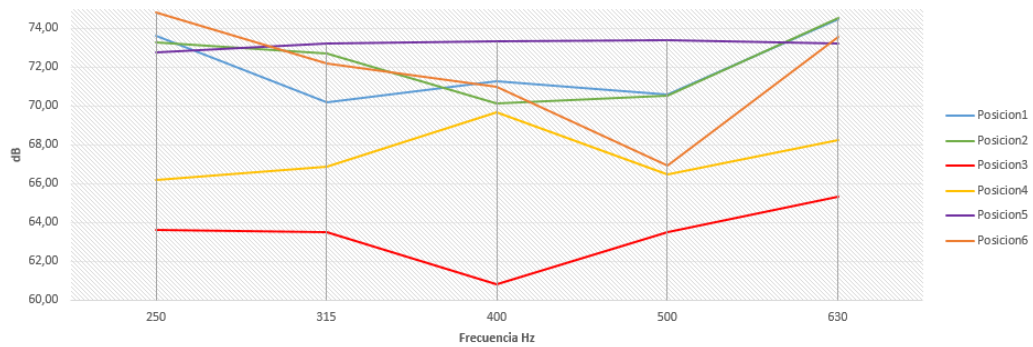


Figura 52. Respuesta del arreglo en el rango de 250 a 630 Hz.

Las gráficas de las frecuencias medias altas de 800 Hz a 2 kHz muestran valores sumamente altos de 65 dB en adelante; la posición 2 muestra una caída importante alrededor de 1 kHz.

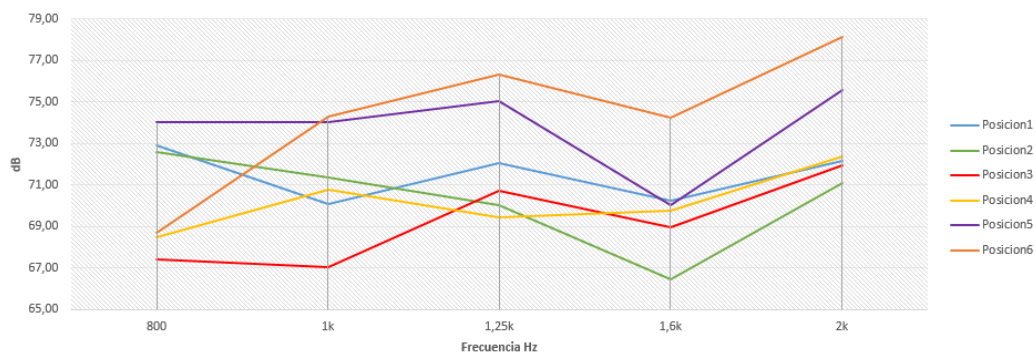


Figura 53. Respuesta del arreglo en el rango de 800 Hz a 25 kHz.

En esta gráfica podemos apreciar niveles altos mayores a los 70 dB, con excepción de la posición 3 la cual presenta una caída desde 5 kHz que llega a los 68 dB.

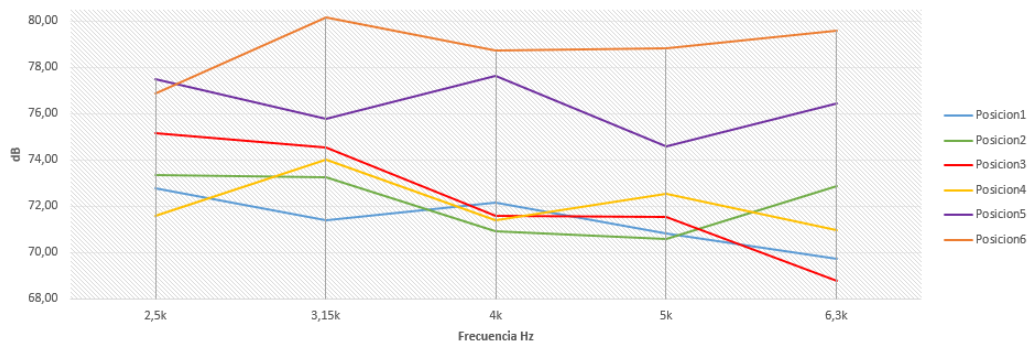


Figura 54. encuesta del arreglo en el rango de 2,5 a 6,3 kHz.

En cuanto a las frecuencias altas la respuesta presenta niveles con una tendencia decadente a medida que la frecuencia aumenta; siendo la posición 4 la que tiene los niveles más altos de casi 77 dB.

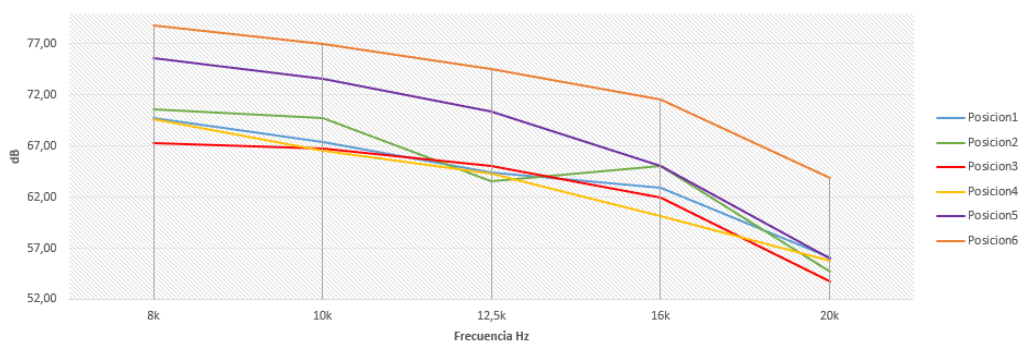


Figura 55. Respuesta del arreglo en el rango de 8 a 20 kHz.

### 5.1.1.2. Configuración 2

Mientras que en 50Hz se sigue apreciando la caída de NPS, en 1.6 kHz deja de ser notoria. En este caso, se nota una mayor diferencia en el nivel de presión sonora captado en la primera posición de medición; sobre todo en bajas frecuencias. A partir de los 160Hz nuevamente vuelve a equilibrarse, empezando a decaer gradualmente en 8KHz igual que en el anterior arreglo.

En el caso de esta configuración podemos notar que los niveles a muy bajas frecuencias no superan los 54 dB aproximadamente, aun así, a medida que la frecuencia aumenta existe una tendencia creciente en todas las posiciones.

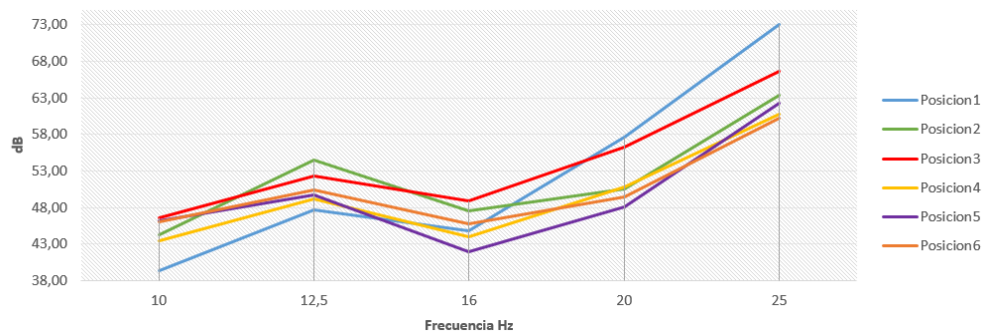


Figura 56. Respuesta del arreglo en el rango de 10 a 25 Hz.

En el caso de las frecuencias mayores a 31,5 Hz, al igual que en la configuración pasada notamos un pico en 50 dB redondeando los 69 dB en el caso con mayor problema como es la posición número 6.

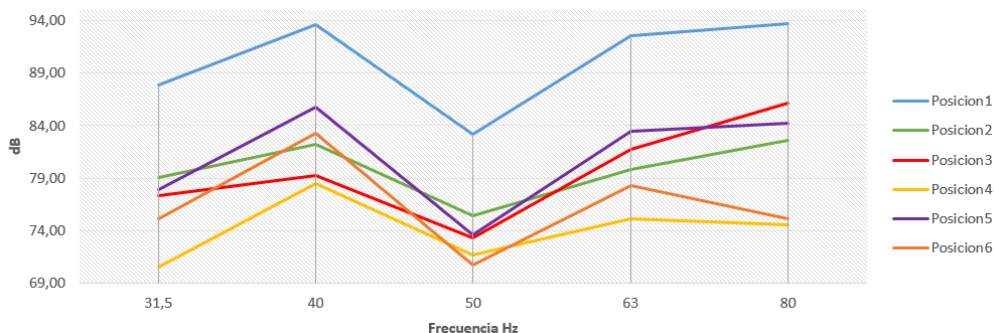


Figura 57. Respuesta del arreglo en el rango de 31,5 a 80 Hz.

En este caso los niveles se mantienen por encima de los 60 y 80 dB siendo la posición 3 la que presenta los valores más bajos; mientras que la posición 1 tiene un pico que alcanza los 95 dB en 100 Hz.

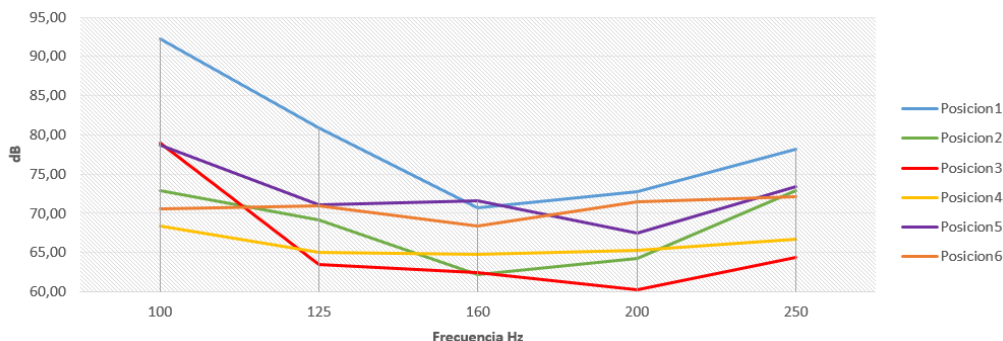


Figura 58. Respuesta del arreglo en el rango de 100 a 250 Hz.

En cuanto a las frecuencias entre 315 y 800 Hz, los niveles se mantienen alrededor de 70 dB, exceptuando el caso de la posición 3 la cual presenta una caída pronunciada en 400 Hz y niveles menores a 68 dB.

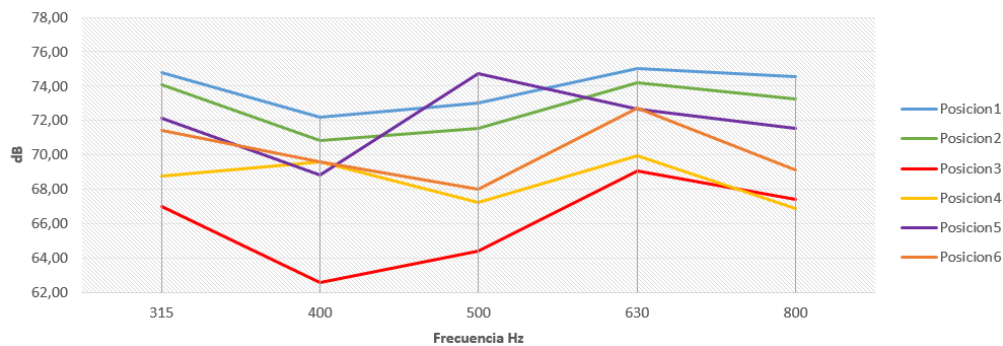


Figura 59. Respuesta del arreglo en el rango de 315 a 800 Hz.

En la siguiente gráfica podemos notar que la posición 3 a diferencia del resto de las posiciones mantiene una conducta creciente con niveles que alcanzan los 70 dB.

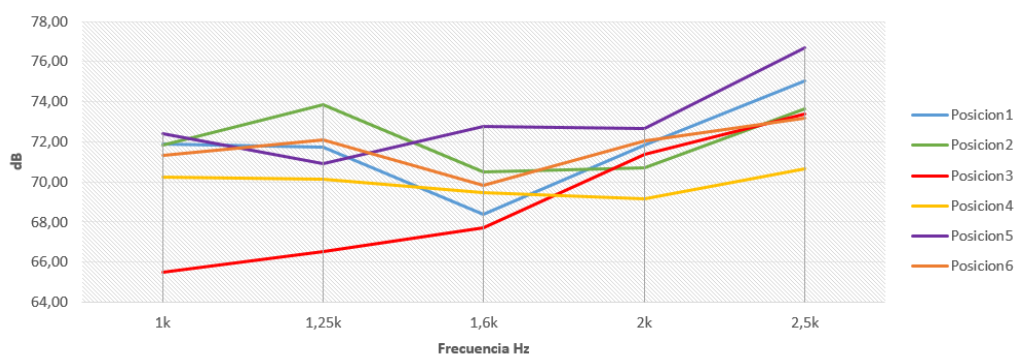


Figura 60. Respuesta del arreglo en el rango de 1 a 2,5 kHz.

En este rango de frecuencias altas los niveles se mantienen por encima de los 67 dB; siendo la posición 4 la de menor nivel y la posición 5 la de mayor.



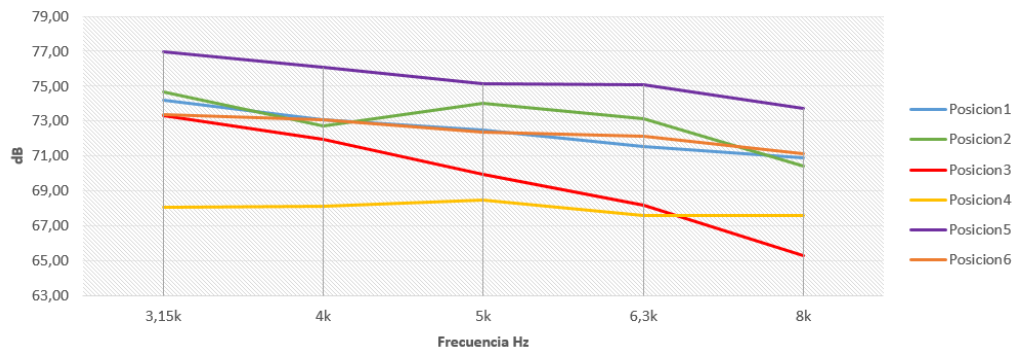


Figura 61. Respuesta del arreglo en el rango de 3,1 a 8 kHz.

Podemos notar una caída a medida que las frecuencias aumentan, manteniéndose bastante estable hasta los 16 kHz para luego descender.

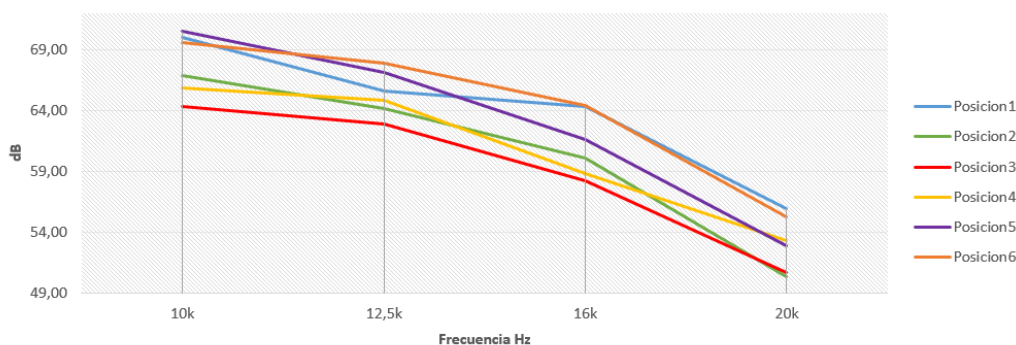


Figura 62. Respuesta del arreglo en el rango de 10 a 20 kHz.

### 5.1.1.3. Configuración 3

Es el más inestable de los 3. Se logra ver como el NPS se equilibra a frecuencias más altas que en los otros arreglos pues decae entre los 125 y 200 Hz para luego subir de nivel entre los 200 y 400 Hz; luego, vuelve a decaer el nivel y recupera su estabilidad en 630 Hz. Si bien funciona bastante bien en frecuencias bajas, en medias produce bastantes problemas.

En cuanto a las frecuencias bajas los niveles se mantienen bajos siendo su límite 58 dB aproximadamente.

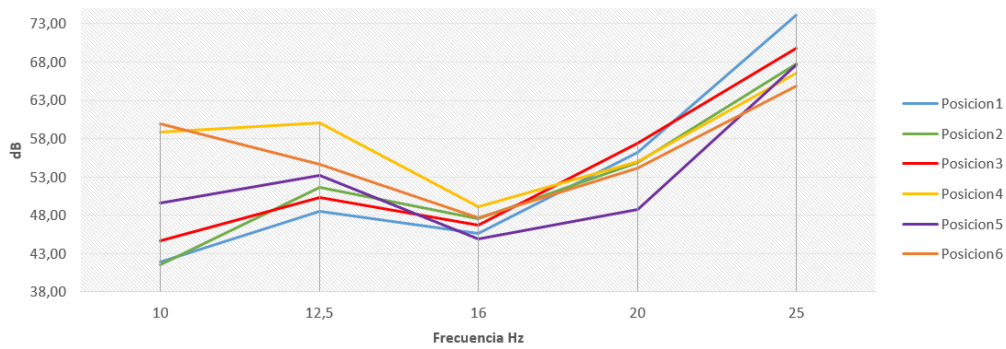


Figura 63. Respuesta del arreglo en el rango de 10 a 25 Hz.

Al igual que el resto de configuraciones se muestra una caída evidente en 50 Hz, aunque el nivel en esta configuración en particular es sumamente alto alcanzando los 73 dB.

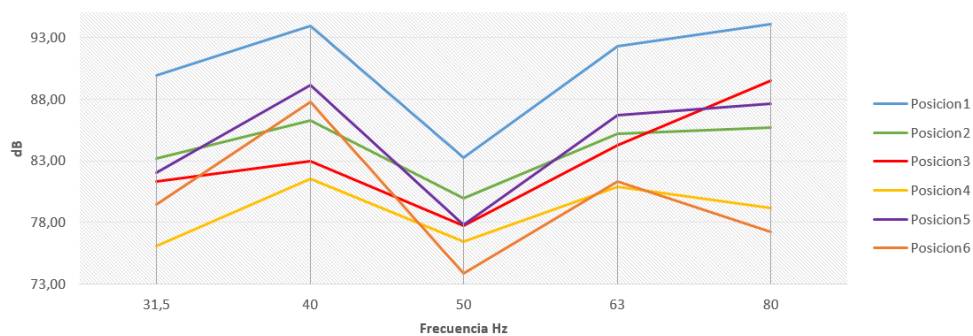


Figura 64. Respuesta del arreglo en el rango de 31,5 a 80 Hz.

La posición 3 mantiene los niveles más bajos a partir de 125 Hz redondeando los 63 dB y descendiendo hasta 58 dB en 200 Hz.

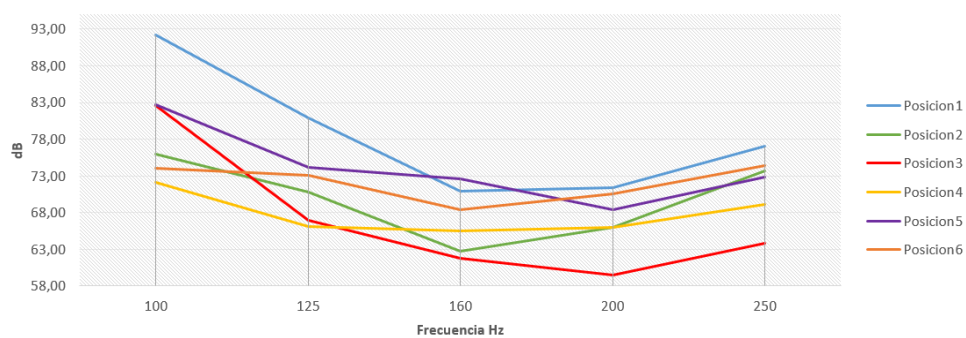
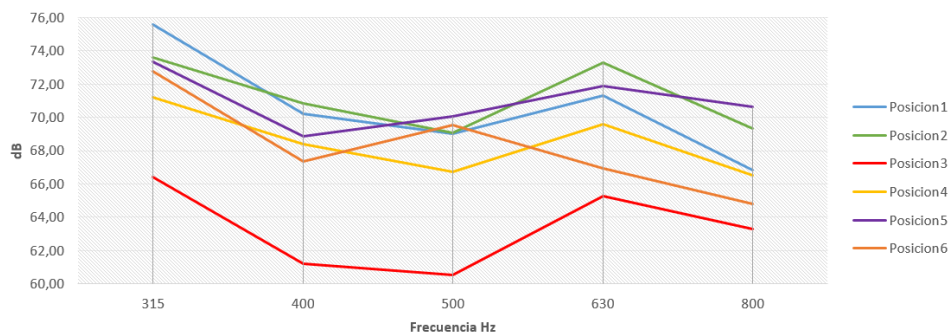


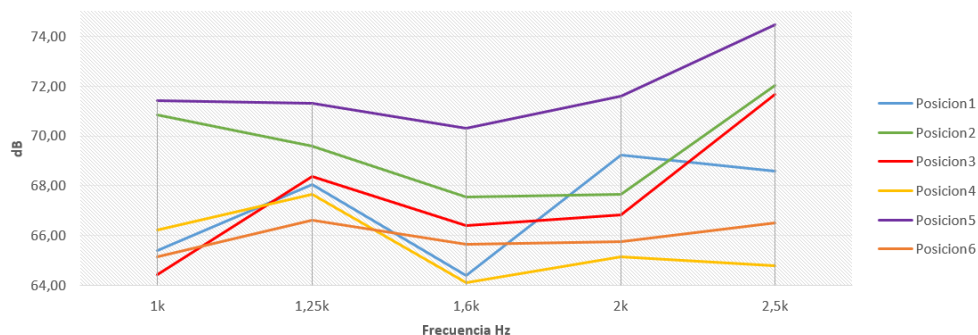
Figura 65. Respuesta del arreglo en el rango de 100 a 250 Hz.

Al igual que en frecuencias más bajas la posición 3 muestra los niveles más bajos entre 400 y 500 Hz; mientras que el resto de posiciones mantienen niveles mayores a 68 dB.



*Figura 66.* Respuesta del arreglo en el rango de 315 a 800 Hz.

En las frecuencias mayores a 1 kHz existe un comportamiento irregular entre posiciones puesto que no siguen una misma tendencia siendo la posición 5 la de niveles más altos y mejor respuesta; mientras que la posición 1 y 4 muestran una caída pronunciada en 1,5 kHz.



*Figura 67.* Respuesta del arreglo en el rango de 1 a 2,5 kHz.

En cuanto a las frecuencias altas los niveles se mantienen por encima de los 63 dB; sin presentar saltos abruptos; la posición 5 mantiene los niveles más altos por encima de 73 dB; mientras que la posición 5 redondea los límites más bajos.

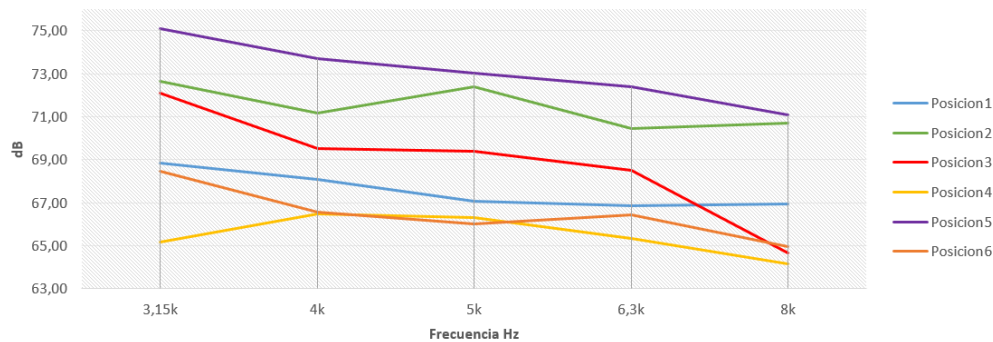


Figura 68. Respuesta del arreglo en el rango de 3,15 a 8 kHz.

En las frecuencias altas estas presentan una tendencia que decae a medida que aumenta la frecuencia; con valores de por debajo de los 68 dB.

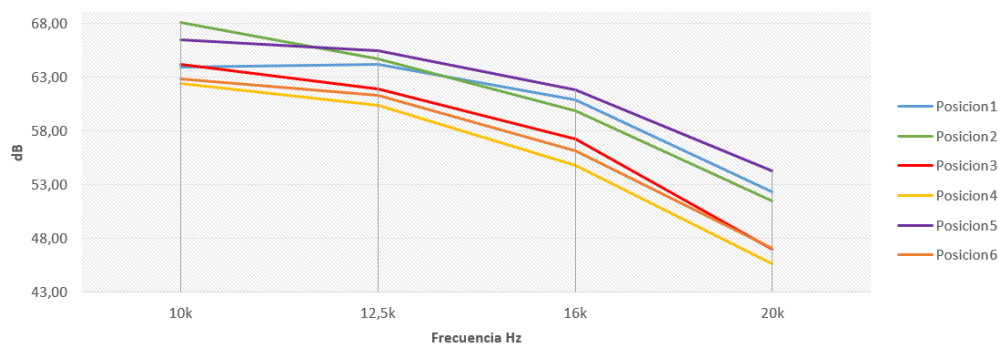


Figura 69. Respuesta del arreglo en el rango de 10 a 20 kHz.

#### 5.1.1.4. Comparativa de los tres arreglos

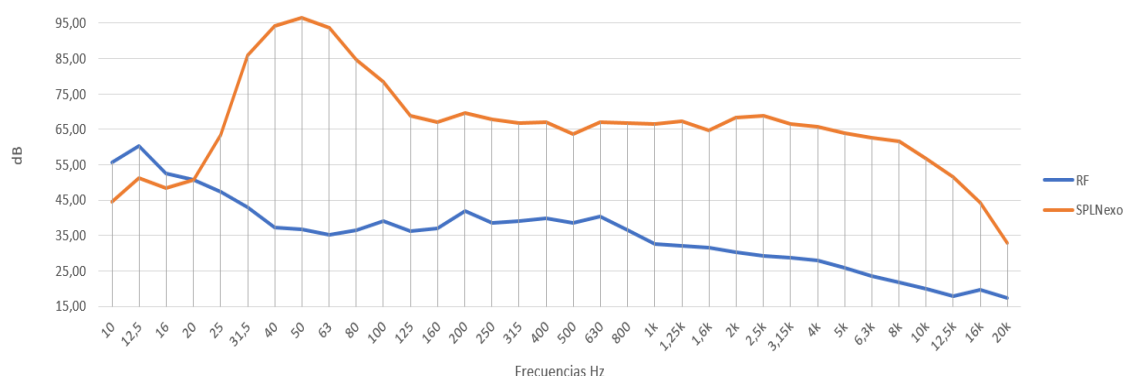
Con los niveles en cada punto se puede ver que, hablando de rango corto, el mayor NPS es proporcionado por el arreglo 3 mientras que la mejor respuesta en tiro largo la genera el arreglo 1. Una observación que se pueda sacar de aquí es que; si bien el arreglo 2 es el más estable en cuanto a los desarrollos de niveles a lo largo del espectro, no otorga el mayor NPS de los arreglos; mientras que el arreglo 3 es el lado opuesto de esta situación, pues entrega los niveles de presión sonora más altos, pero con el comportamiento frecuencial más variable de todos los arreglos. Por lo que se puede decir que el Arreglo 1 es el que más encuentra en equilibrio en la relación NPS – Frecuencias.

Tabla 5.

*Descripción de resultados para cada arreglo en diferentes posiciones.*

Posición	NPS Arreglo1	NPS Arreglo2	NPS Arreglo3
Posición 1	97,95	99,79	99,95
Posición 2	91,09	89,60	92,35
Posición 3	90,19	89,74	92,66
Posición 4	86,77	84,87	87,44
Posición 5	93,16	91,71	94,16
Posición 6	90,85	88,17	90,33

#### 5.1.1.5. Nivel de presión sonora del sistema implementado



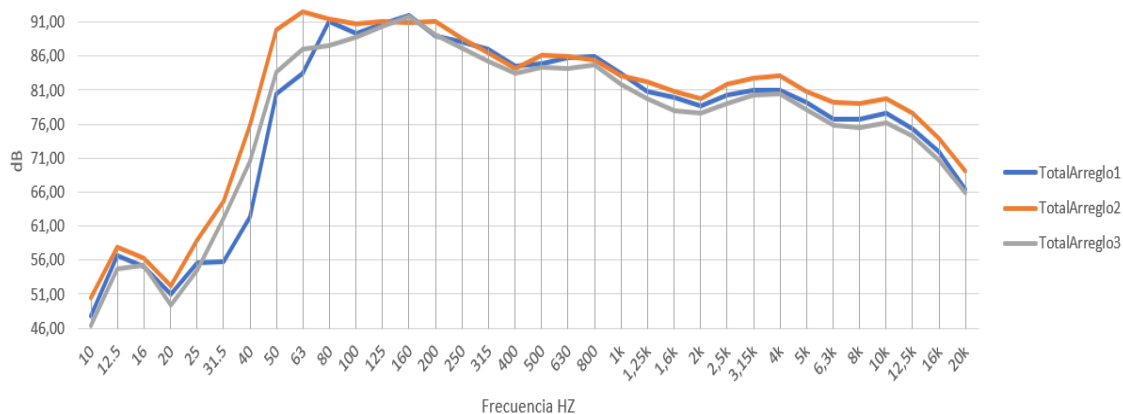
*Figura 70.* Diferencia entre el ruido de fondo y el nivel de presión sonora obtenido.

Se puede observar la diferencia que existe entre los niveles de ruido de fondo existentes en la sala y la medición del sistema NEXO funcionando al momento de realizar las diferentes mezclas. Se cumple el criterio de mantener el nivel sonoro del sistema 10dB por sobre el ruido de fondo; aunque si es necesario acotar que, si bien el nivel de ruido de fondo obtenido en esta medición es bajo debido a la poca cantidad de gente en el auditorio al momento de la encuesta, en un evento con auditorio lleno el nivel de ruido de fondo debe incrementar

drásticamente y por lo tanto se deberá igual aumentar el volumen del sistema completo.

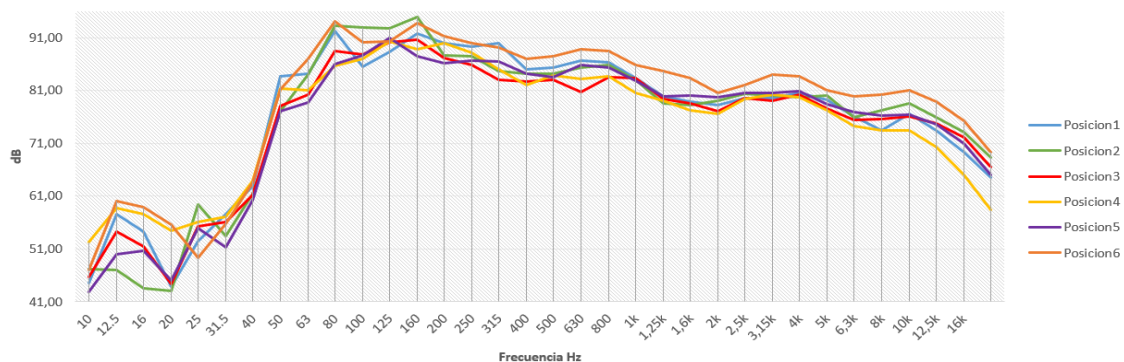
### 5.1.2. Auditorio sede Granados

La siguiente gráfica muestra el comportamiento con los niveles generales finales de cada arreglo, donde efectivamente se ve que el arreglo numero 2 es el que tiene una mejor respuesta tanto en bajas como en altas frecuencias, haciendo que sus niveles no decaigan tanto como los demás arreglos. Y efectivamente podemos corroborar con la tabla de más abajo que el segundo arreglo es el que más estable se encuentra en todos los puntos de medición empleados, pues la diferencia entre el punto más alto de presión con el punto más bajo es de apenas 1.09dB



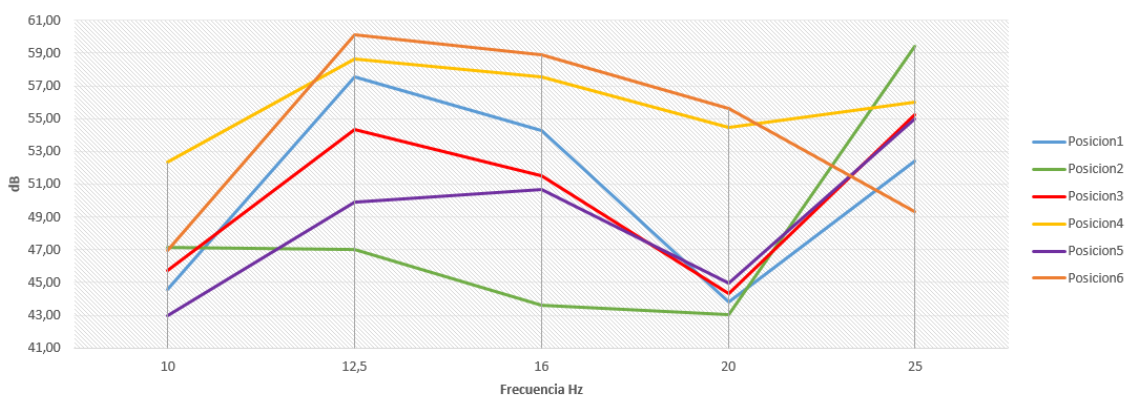
*Figura 71.* Comparativa por frecuencia de los niveles de presión sonora obtenidos en cada arreglo.

### 5.1.2.1. Configuración 1



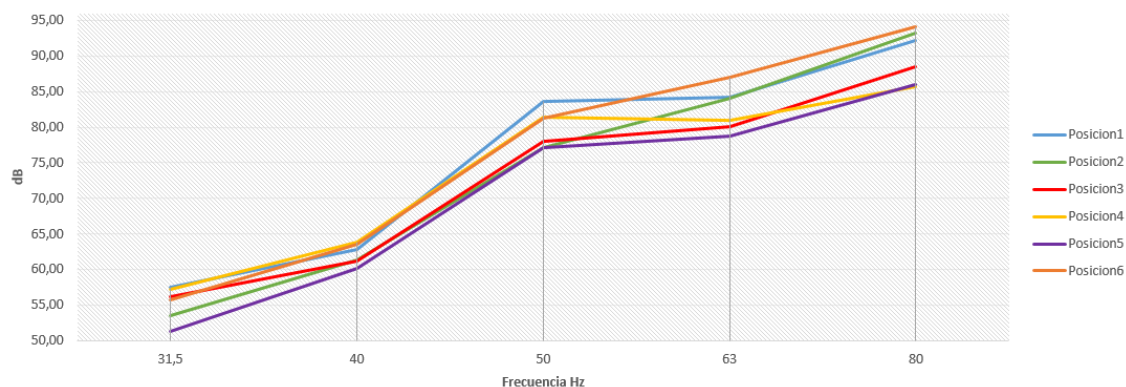
*Figura 72.* Comparativa por frecuencia de los niveles de presión sonora en diferentes posiciones.

La sala tiene una pobre respuesta en bajas frecuencias, detalle que se mantiene presente en todos los arreglos. La gráfica muestra un incremento continuo en los niveles de las frecuencias hasta alcanzar su punto máximo entre 80 y 160 Hz. A Partir de aquí empieza a caer de manera gradual hasta los 10 KHz en donde decae abruptamente. Hay que acotar que entre los niveles captados en la posición 1 y 6, hay espacios de más de 6dB en algunas frecuencias producidas por la cercanía de la posición 6 a una de las cajas JBL. Es la que más diferencia tiene entre los niveles generales en cada posición de medición.



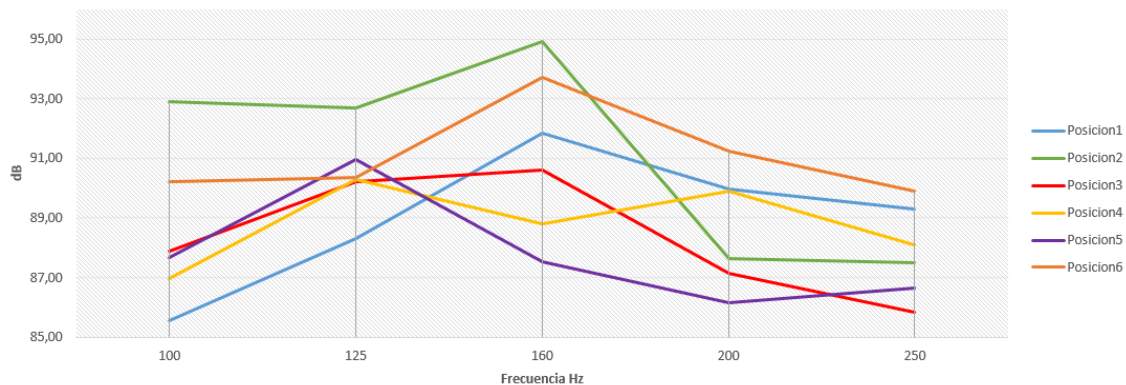
*Figura 73.* Comparativa de los niveles de presión sonora en diferentes posiciones en el rango de 10 a 25 Hz.

Inicialmente podemos apreciar la zona de bajas frecuencias, en las cuales desde los 10 Hz hasta los 50 Hz aproximadamente, tendremos exclusivamente nivel de presión sonora generado por el ruido de fondo, fenómeno que se repite en todas las configuraciones de este auditorio pues no se utilizaron subgraves.



*Figura 74.* Comparativa de los niveles de presión sonora en diferentes posiciones en el rango de 31,5 a 80 Hz.

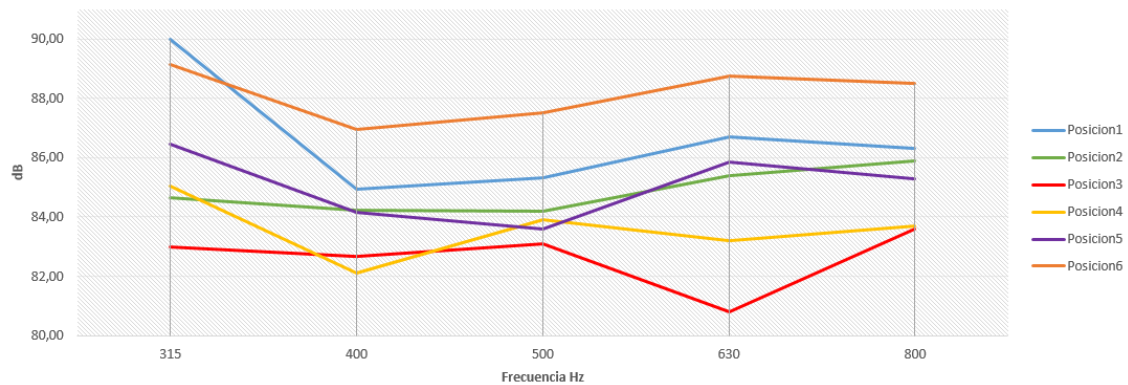
A partir de los 50 Hz es más apreciable el efecto de las cajas JBL teniendo un incremento continuo hasta los 80 dB. El punto más destacable es que existen aproximadamente 10 dB de diferencia entre el punto con el nivel de presión de sonora más bajo y el más bajo (posición 5 y posición 6) y van manteniendo esta diferencia aproximada mientras la frecuencia va aumentando.



*Figura 75.* Comparativa de los niveles de presión sonora en diferentes posiciones en el rango de 100 a 250 Hz.

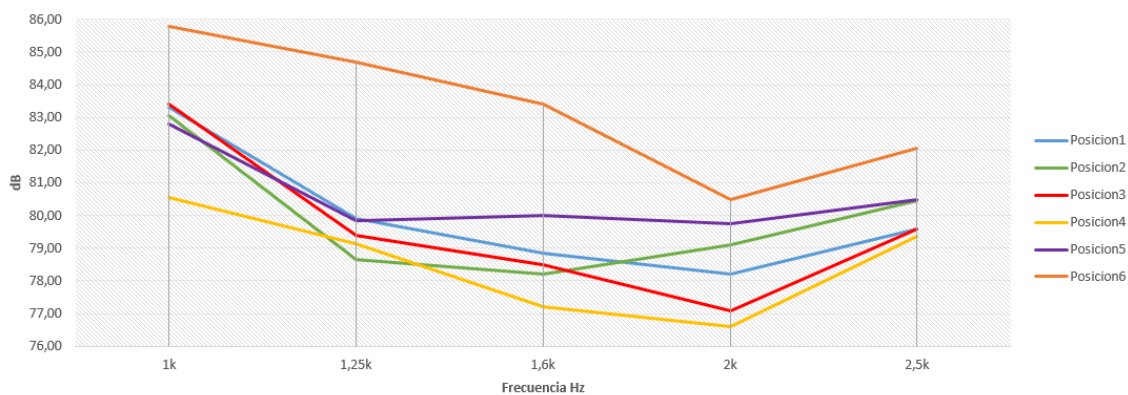
A partir de los 100 Hz, el nivel de presión sonora empieza a equilibrarse y se alcanza el pico más alto de la gráfica (95dB aprox.) en 160Hz. La diferencia de niveles a esta frecuencia es de aproximadamente 1 dB por posición; siendo menor en 125 Hz, 200 Hz y 250 Hz, frecuencias en las cuales hay 4dB entre el punto más alto y el más bajo.





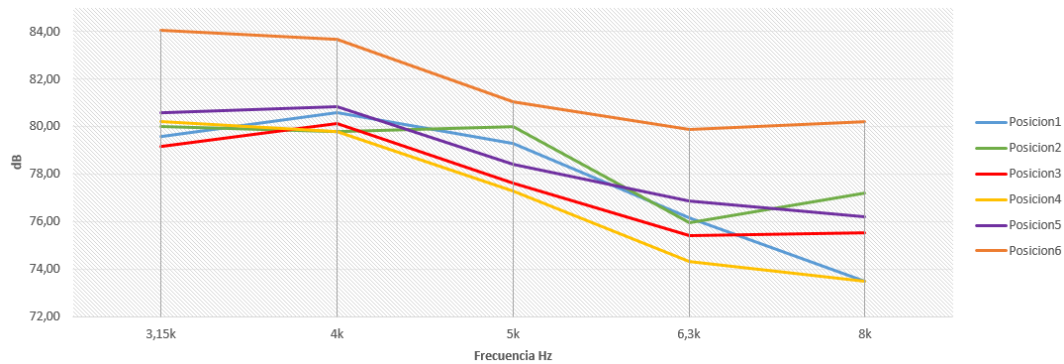
*Figura 76.* Comparativa de los niveles de presión sonora en diferentes posiciones en el rango de 31,5 a 800 Hz.

Continúa la tendencia de niveles entre todas las posiciones manteniendo una diferencia de 5dB en promedio en cada una de las frecuencias, con excepción de la frecuencia de 630 Hz donde se encuentra el punto más bajo de esta sección y se aproxima a 10 dB de diferencia.



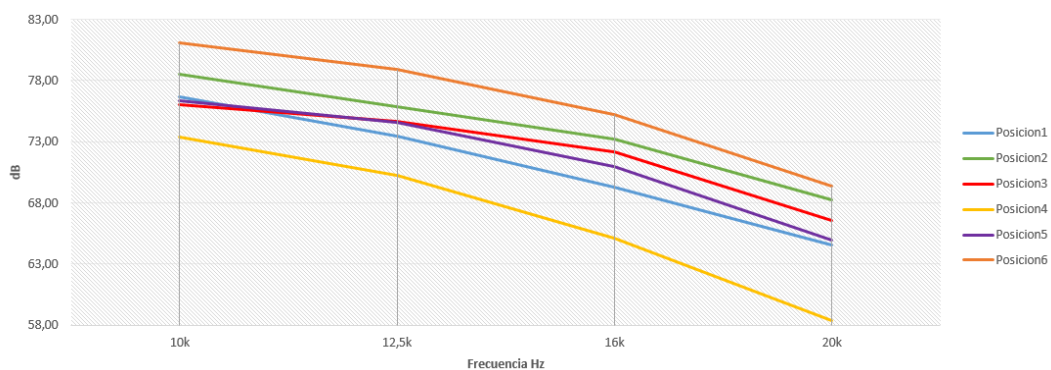
*Figura 77.* Comparativa de los niveles de presión sonora en diferentes posiciones en el rango de 1 a 2,5 kHz.

En esta sección se nota un evidente crecimiento en el NPS de la posición 6 (La más cercana a la fuente). En la cual existe una diferencia de hasta 6dB con el siguiente punto de medición. Fenómeno remarcable pues entre los demás niveles no hay más de 2 dB de diferencia en 1.25 KHz y es de aproximadamente 3dB en su punto más amplio (2 KHz)



**Figura 78.** Comparativa de los niveles de presión sonora en diferentes posiciones en el rango de 3,1 a 8 kHz.

Se mantiene la tendencia de la anterior sección frecuencial y la posición 6 sigue teniendo el nivel de presión sonora más alto, con una diferencia bastante notable con respecto a los demás puntos de medición; aunque, a diferencia de la anterior gráfica, la diferencia es solo de 3 dB mientras que el promedio de la diferencia entre los demás puntos de medición es menor de 1dB en su punto más estrecho (4 KHz) punto a partir la diferencia entre cada punto de medición se empieza a hacer más grande.



**Figura 79.** Comparativa de los niveles de presión sonora en diferentes posiciones en el rango de 10 a 20 kHz.

La última sección de la gráfica muestra una caída continua en cada uno de los puntos de medición, con una gran diferencia de niveles de presión sonora en cada frecuencia pues la diferencia entre la posición con el nivel más alto (posición 6) y la posición con el nivel más bajo (posición 4) es de hasta 11dB.

### 5.1.2.2. Configuración 2

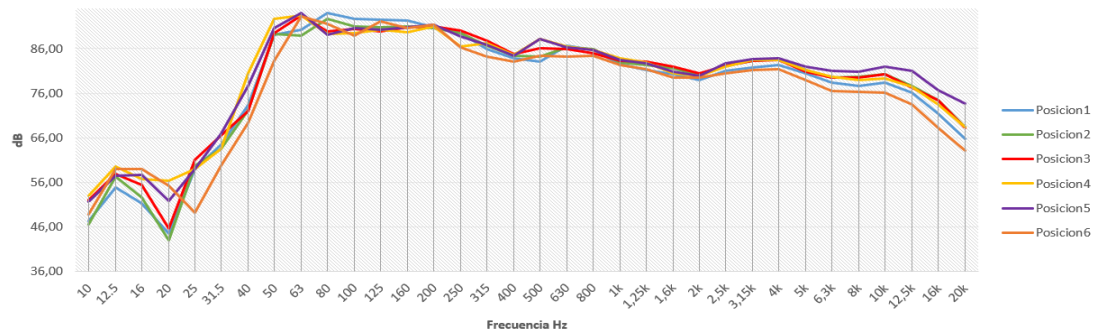


Figura 80. Comparativa por frecuencia de los niveles de presión sonora en diferentes posiciones.

Posee una respuesta más compacta y equilibrada. No existen diferencias grandes de nivel entre todos los puntos de medición. Crece gradualmente hasta alcanzar los 50 Hz, produciéndose su punto máximo en 63Hz. Se empiezan a notar diferencias marcadas en altas frecuencias.

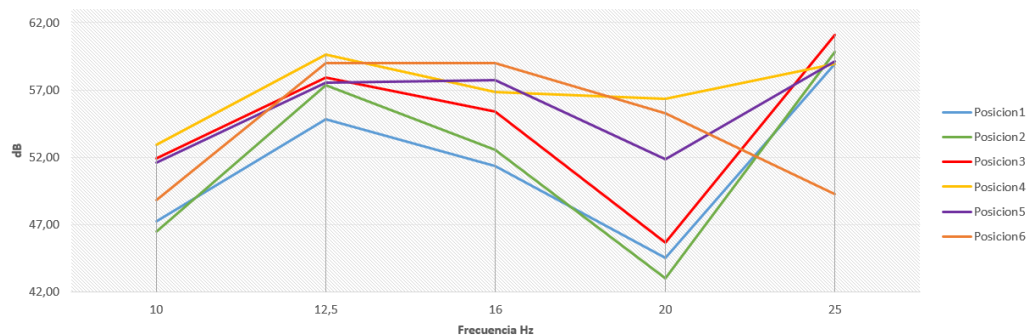
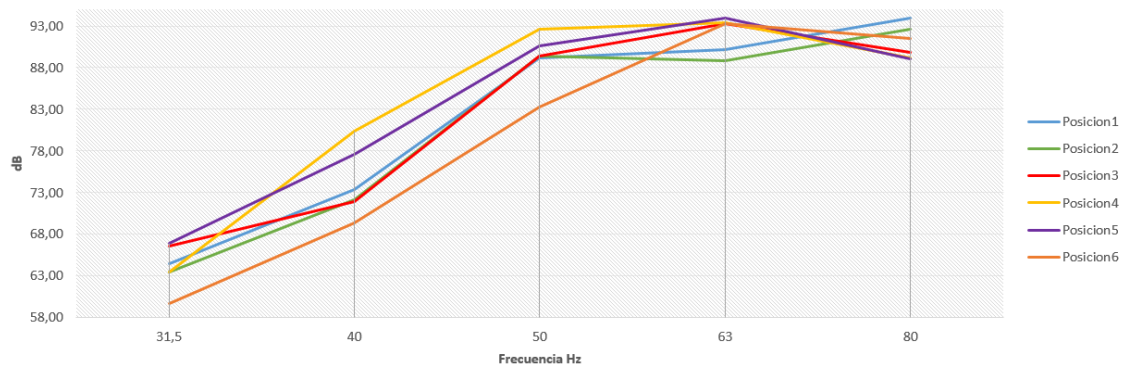


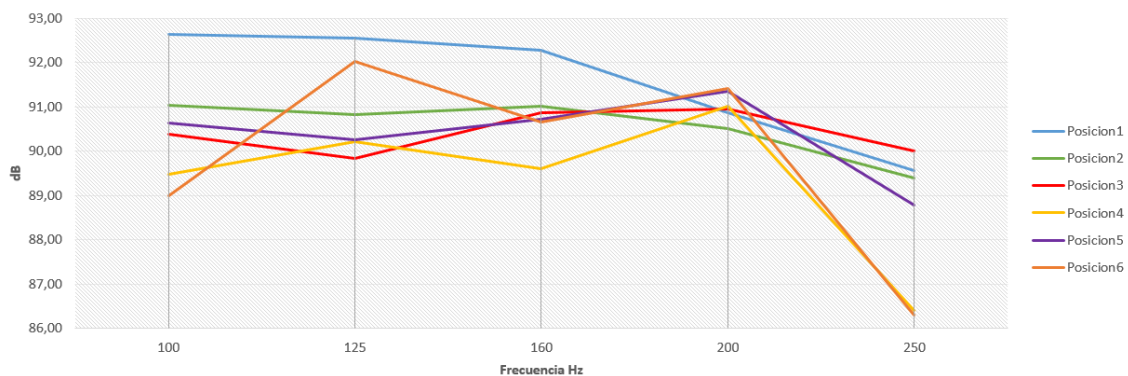
Figura 81. Comparativa de los niveles de presión sonora en diferentes posiciones en el rango de 10 a 25 Hz.

Al igual que el en anterior arreglo, las bajas frecuencias tienen predominancia del ruido de fondo, empezando el aumento de niveles a partir de los 20Hz.



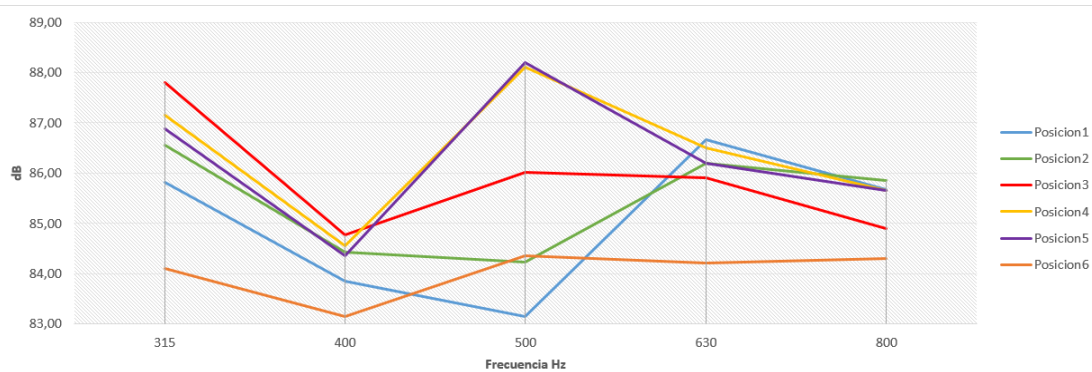
*Figura 82.* Comparativa de los niveles de presión sonora en diferentes posiciones en el rango de 31,5 a 80 Hz.

Nuevamente se aprecia a partir de los 50Hz que el sistema empieza a funcionar apropiadamente manteniendo relación entre los niveles y con una diferencia de aproximadamente 6 dB entre cada posición. Además, el nivel de presión sonora alcanza su punto más alto en 80Hz en la posición 1.



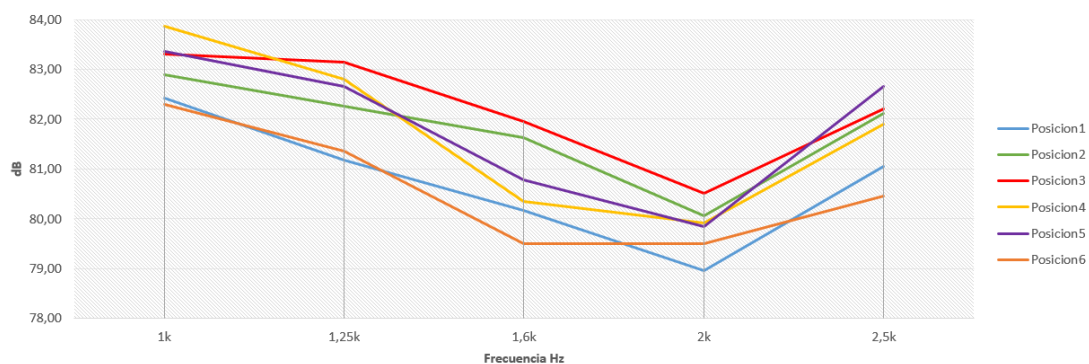
*Figura 83.* Comparativa de los niveles de presión sonora en diferentes posiciones en el rango de 100 a 250 Hz.

A partir de los 100 Hz los niveles tienden a estabilizarse, con una diferencia de un poco más de 3dB; siendo 200 Hz la frecuencia con menos diferencia entre los niveles (menor a 1dB) punto a partir del cual se vuelve a expandir la gráfica a casi 4dB.



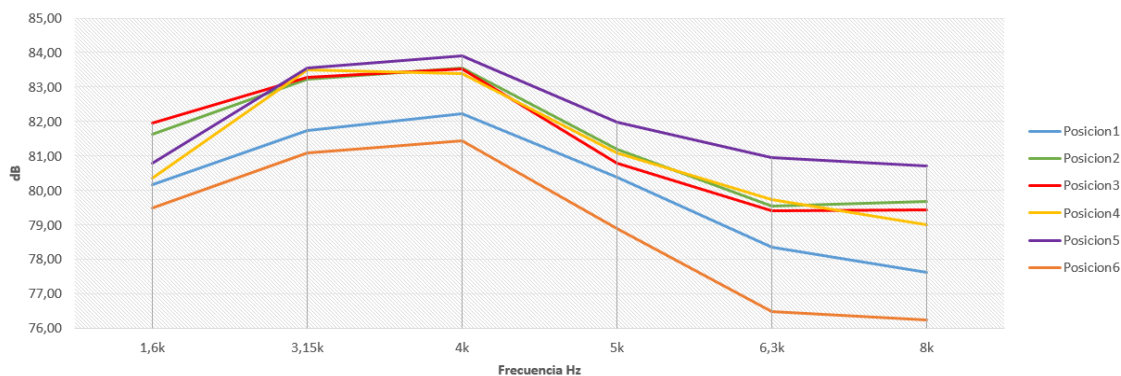
*Figura 84.* Comparativa de los niveles de presión sonora en diferentes posiciones en el rango de 31,5 a 800 Hz.

En la sección de 500 Hz se produce la diferencia de niveles más notable en medias frecuencias (5dB aprox.) Se aprecia igual una caída general de niveles en 400 Hz donde se nota una pequeña depresión en todos los puntos de medición, seguida de un pico en 500 Hz.



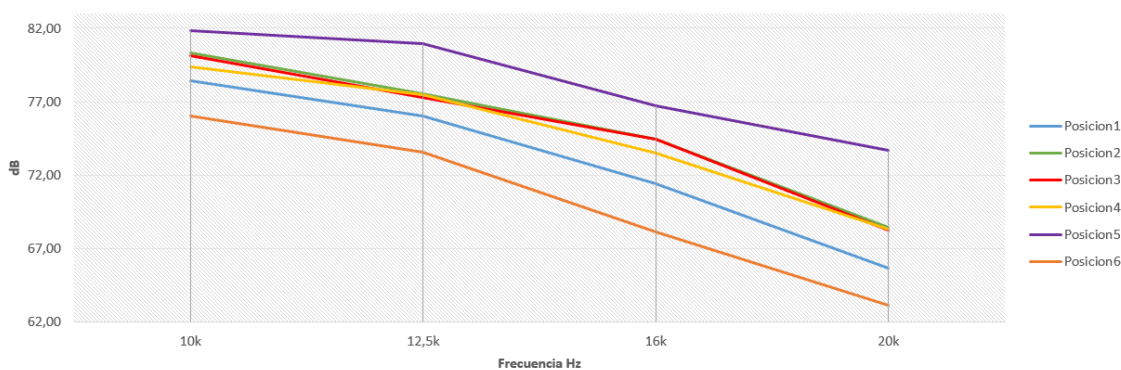
*Figura 85.* Comparativa de los niveles de presión sonora en diferentes posiciones en el rango de 1 a 2,5 kHz.

En la zona correspondiente entre 1 KHz y 2.5 KHz las diferencias en cada frecuencia no sobrepasan los 3 dB, siendo lo más notable una depresión en la gráfica en 2 KHz.



*Figura 86.* Comparativa de los niveles de presión sonora en diferentes posiciones en el rango de 1,6 a 8 kHz.

A partir de los 2KHz los niveles en cada punto de medición empiezan a aumentar la diferencia entre cada uno empezando a notarse la dispersión a partir de los 4KHz, ya que antes de dicha frecuencia la diferencia es de aproximadamente 2.5dB, pero desde este punto frecuencial la diferencia es de 3dB en 5 KHz, aproximadamente 4.5dB en 6.3 KHz y 8 KHz, 6 dB en 10 KHz y aproximadamente 8 dB de ahí en adelante.

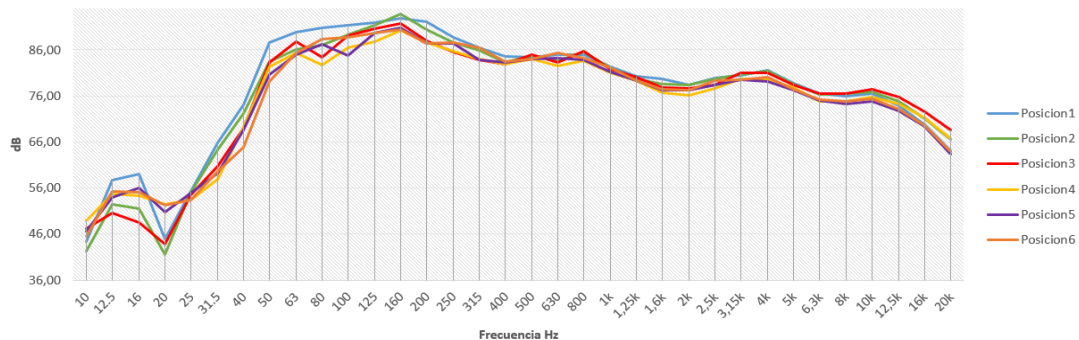


*Figura 87.* Comparativa de los niveles de presión sonora en diferentes posiciones en el rango de 10 a 20 kHz.

Si bien hay una gran diferencia entre los niveles medidos en las frecuencias altas, esto no debería influir en mucho en la percepción del oyente ya que, hablando en términos de sonoridad, para que haya una diferencia audible entre dos sonidos, debe haber más de 10 dB de diferencia, a pesar de que 3 dB de

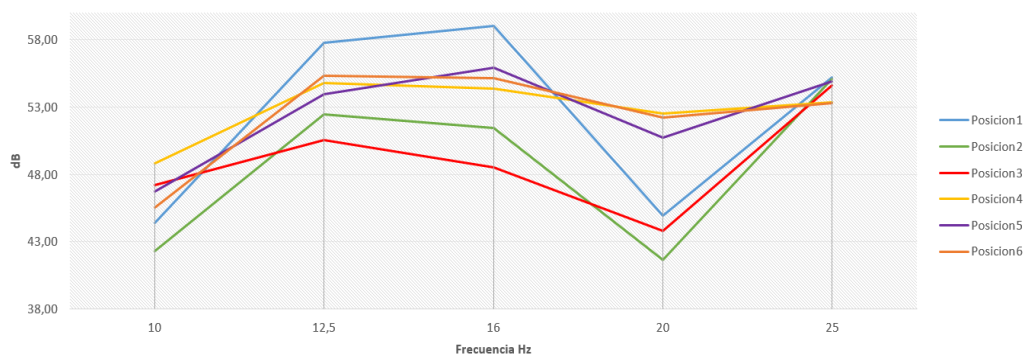
diferencia signifique el doble de energía en presión sonora

### 5.1.2.3. Configuración 3

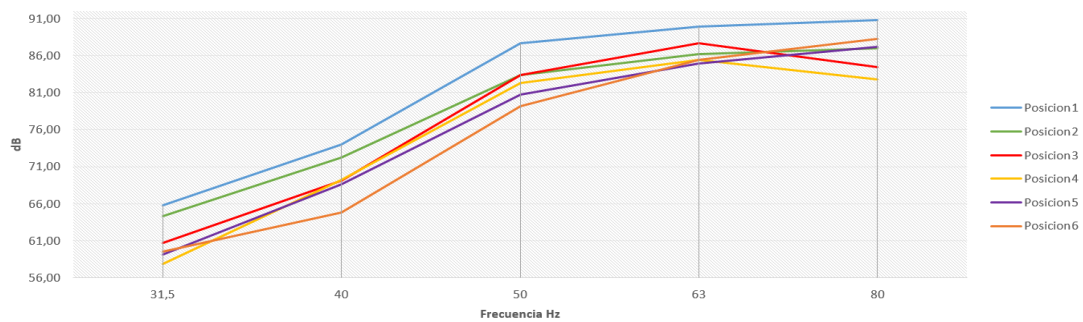


*Figura 88.* Comparativa por frecuencia de los niveles de presión sonora en diferentes posiciones.

Si bien es un comportamiento bastante uniforme, posee mayor diferencia entre los niveles de las frecuencias medias que el arreglo anterior. En esta ocasión, encontramos el punto máximo de NPS en 160Hz, y a partir de aquí, varios picos y caídas poco marcadas hasta los 10Khz donde decae hasta los 20 kHz.

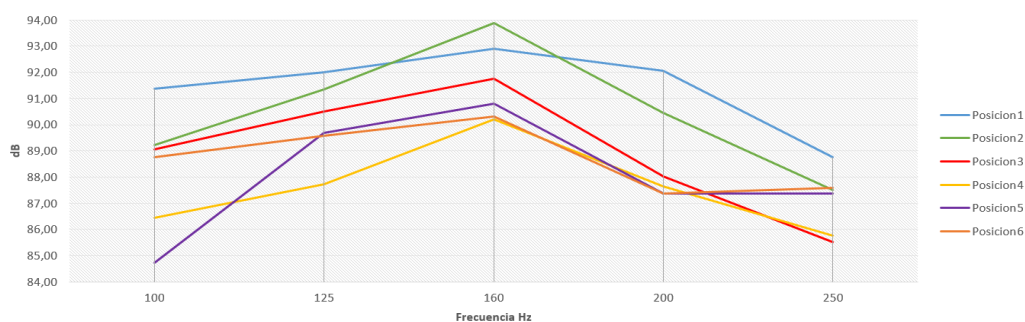


*Figura 89.* Comparativa de los niveles de presión sonora en diferentes posiciones en el rango de 10 a 25 Hz.



*Figura 90.* Comparativa de los niveles de presión sonora en diferentes posiciones en el rango de 31,5 a 80 Hz.

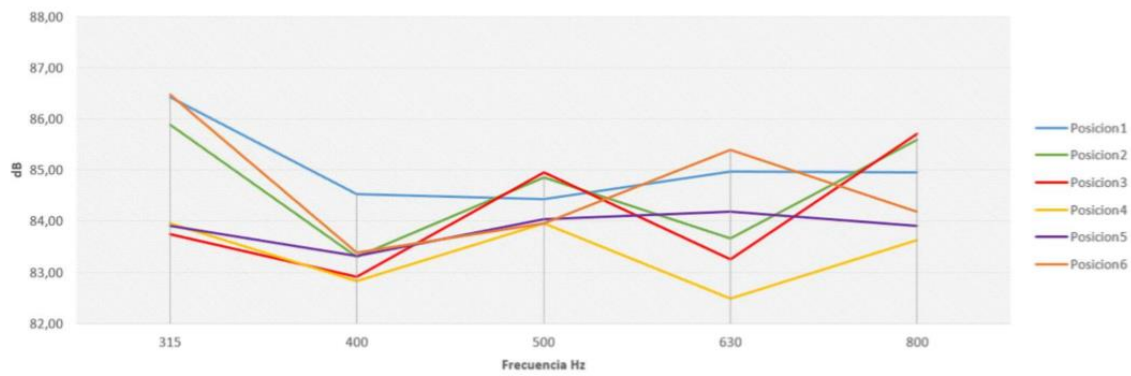
Nuevamente se aprecia el ruido de fondo existente antes de la zona de trabajo de las cajas JBL. Marcando el inicio de la zona de trabajo a partir de la frecuencia de 50Hz.



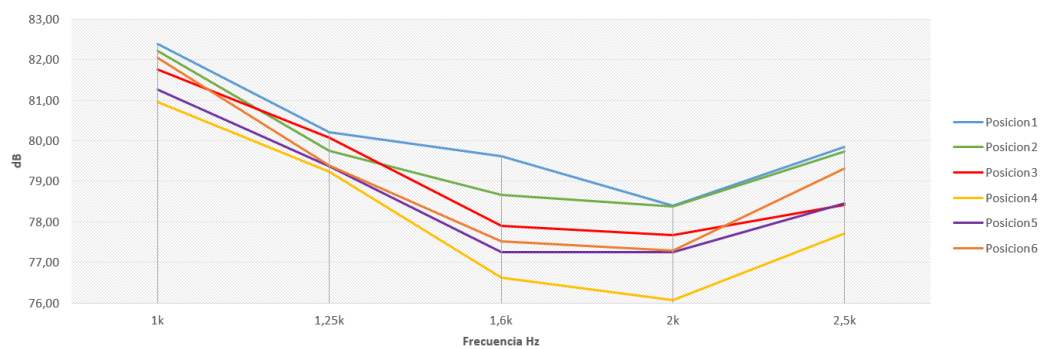
*Figura 91.* Comparativa de los niveles de presión sonora en diferentes posiciones en el rango de 100 a 250 Hz.

Al igual que en el primer arreglo el punto de presión sonora más alto está ubicado en 160Hz; aunque, la diferencia entre los niveles en cada frecuencia es más notable ya que en 100Hz hay 8 dB de diferencia aproximadamente, y en las frecuencias posteriores es de alrededor de 4 dB.



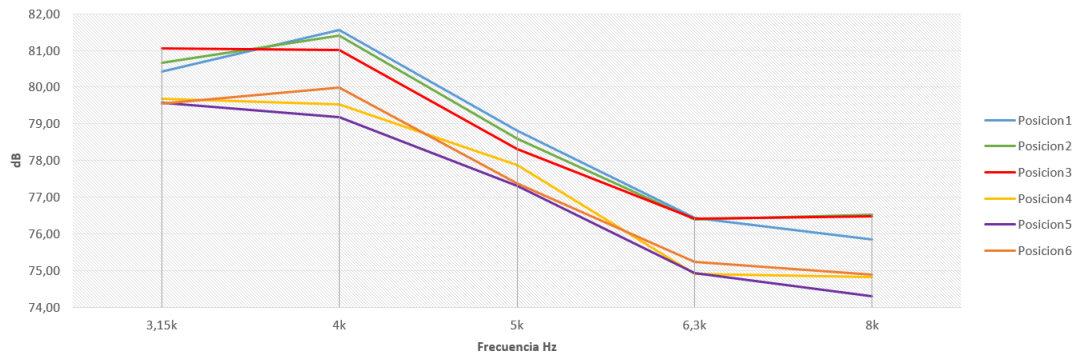


*Figura 92.* Comparativa de los niveles de presión sonora en diferentes posiciones en el rango de 1 a 2,5 kHz.



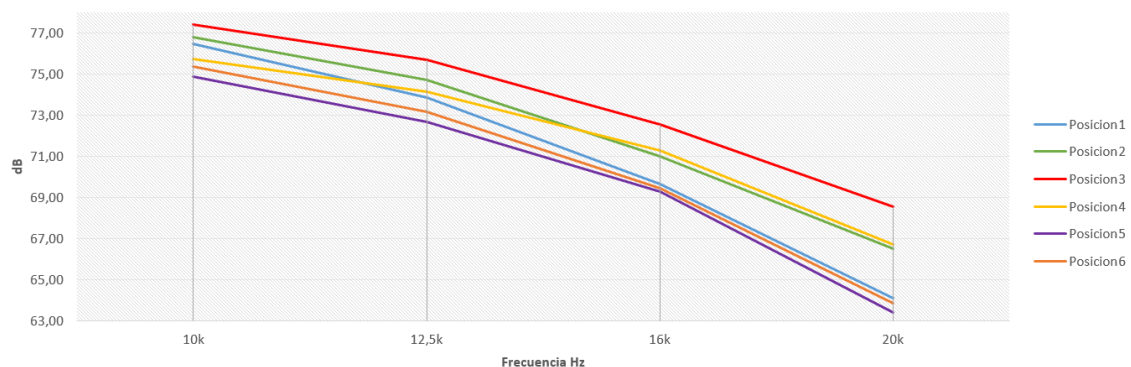
*Figura 93.* Comparativa de los niveles de presión sonora en diferentes posiciones en el rango de 1 a 2,5 kHz.

En toda esta sección se aprecia que en todos los puntos hay una relación entre los niveles medidos siendo la parte más diferenciable la de 1.6kHz (3 dB de diferencia aprox.). Además, se aprecia un pico bajo en la frecuencia de 2kHz.



*Figura 94.* Comparativa de los niveles de presión sonora en diferentes posiciones en el rango de 3,1 a 8 kHz.

A partir de los 3.15KHz se nota una especie de seccionamiento entre las posiciones 1, 2 y 3; con respecto a las 4, 5 y 6, pues ambos grupos se comportan de manera similar entre ellas. Teniendo un nivel más alto el conjunto de las 3 primeras posiciones, aunque no hay más de 3 dB de diferencia en promedio en ningún punto frecuencial.



*Figura 95.* Comparativa de los niveles de presión sonora en diferentes posiciones en el rango de 10 a 20 kHz.

En la zona a partir de los 10 KHz, tiende a comportarse como a los dos arreglos anteriores pues los niveles medidos tienden a tener más diferencia de presión sonora mientras mayor sea la frecuencia, llegando a tener 6 dB de diferencia en su punto más amplio.

#### 5.1.2.4. Comparativa entre los tres arreglos

Tabla 6.

*Descripción de los NPS obtenidos para cada arreglo en diferentes posiciones.*

Posición	NPS Arreglo 1	NPS Arreglo 2	NPS Arreglo 3
Posición 1	100,05 dB	101,69 dB	101,04 dB
Posición 2	101,17 dB	101,05 dB	99,99 dB
Posición 3	98,10 dB	101,24 dB	98,93 dB
Posición 4	98,12 dB	101,29 dB	97,48 dB
Posición 5	98,15 dB	101,55 dB	98,09 dB
Posición 6	101,92 dB	100,61 dB	98,64 dB

La tabla nos muestra que efectivamente el arreglo número dos es aquel que se encuentra en mejor equilibrio en cuanto al nivel sonoro captado en cada una de sus posiciones ya que la diferencia entre todas sus posiciones ni siquiera supera un dB.

#### 5.1.2.5. NPS del sistema implementado

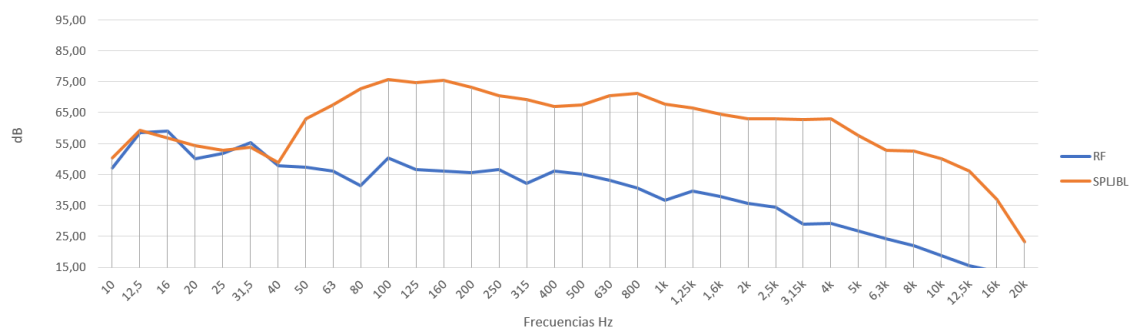


Figura 96. Diferencia entre el ruido de fondo y el nivel de presión sonora medido.

Como en este auditorio no se usaron subgraves, la gráfica muestra que el sistema empieza a trabajar desde los 40 Hz, frecuencia desde la cual el NPS empieza a caer constantemente en el espectro.

## 5.2. Resultados de la encuesta

### 5.2.1. Encuesta: auditorio Udlapark

Dentro de las 21 muestras tomadas más del 66,7% son personas que se encuentran entre los 18 a 23 años, mientras que el 23,8% redondean los 24 a 29 años; fuera de estos rangos se encuentra el 9,6 %.



Figura 97. Representación gráfica del rango de edades de los encuestados.

Por otra parte, el 45% de la muestra tienen estudios en sonido y acústica mientras que 10% se enfocan netamente a la música; del mismo modo el 45% restante es gente de otras ocupaciones que asiste a eventos en los recintos de estudio.

### Campo de estudio



Figura 98. Representación gráfica del campo de estudio de los encuestados.

A su vez el 61,9% de las personas encuestadas han presenciado un evento en el auditorio Udlapark en su gran mayoría con el 76,9% enfocado a música; calificando el sonido como regular.

### ¿Ha asistido a un evento en este auditorio?

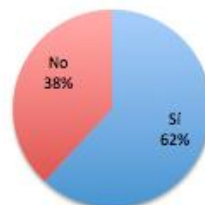


Figura 99. Representación gráfica que muestra el porcentaje de encuestados que ha asistido a un evento en el auditorio.

### Tipo de evento

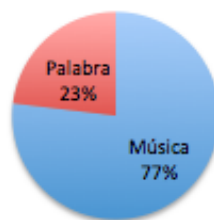


Figura 100. Representación gráfica que muestra el tipo de evento al que han asistido los encuestados.

### Calificación del sonido

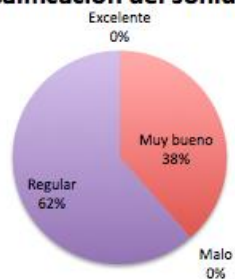


Figura 101. Representación gráfica de la calificación del sonido.

### 5.2.1.1. Mezcla 1

En cuanto a la inteligibilidad de esta mezcla redondea el 8 con un 33,3% de la población, continuando el 6 que corresponde a el 23,8% de las personas.

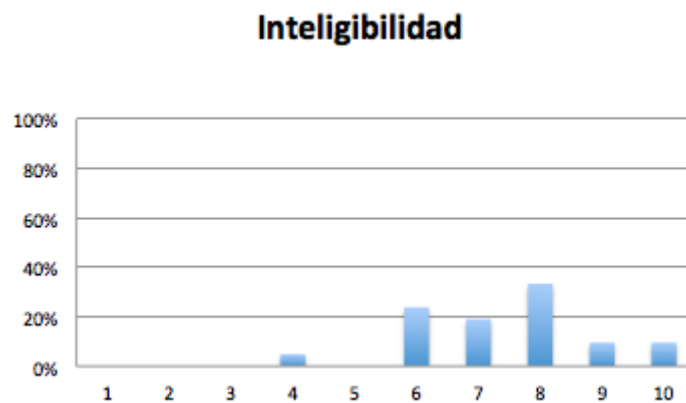


Figura 102. Porcentaje de inteligibilidad.

Por otra parte, el nivel de presión sonora es calificado con 8 por un 52,4 % de la muestra, manteniendo un rango de nivel calificado entre 6 y 8

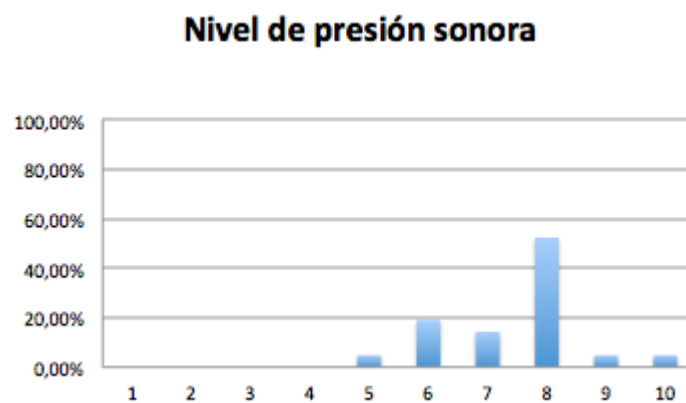


Figura 103. Calificación del nivel de presión sonora de la mezcla.

Más de la mitad de las personas encuestadas coinciden en que rango frecuencial es amplio.

### Rango de frecuencias



Figura 104. Calificación del rango de frecuencias.

Al ser una mezcla limpia sin ningún efecto no se realizó un paneo en ningún instrumento; lo cual un 62% de la muestra pudo corroborar.

### ¿Se encuentra presente la imagen estéreo?

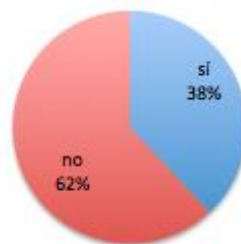


Figura 105. Representación gráfica de la opinión de la muestra con respecto a la imagen estéreo.

En este punto las opiniones se reparten considerando por una parte un refuerzo en altas frecuencias en posiciones laterales en el auditorio y por otra un equilibrio entre frecuencias en posiciones centrales.

### Rango frecuencial dominante



Figura 106. Frecuencia dominante.

#### 5.2.1.2. Mezcla 2

En esta mezcla las opiniones se repartieron con un 14,3% de personas que calificaron a la inteligibilidad con la calificación más alta, mientras que el 28,6% la calificó con un 4 es decir una inteligibilidad muy nula, tomando en cuenta que esta última parte de la muestra no posee ningún entrenamiento auditivo.

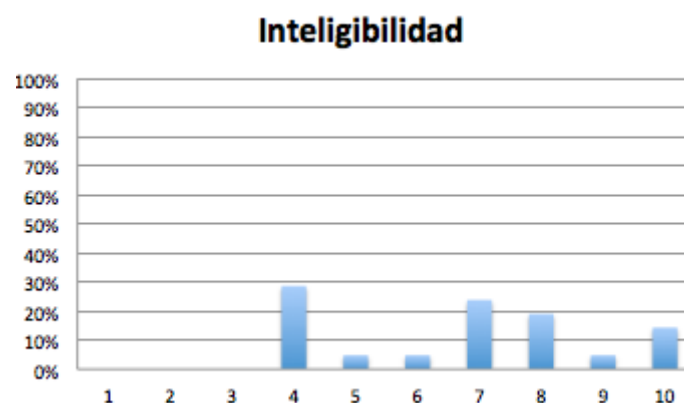
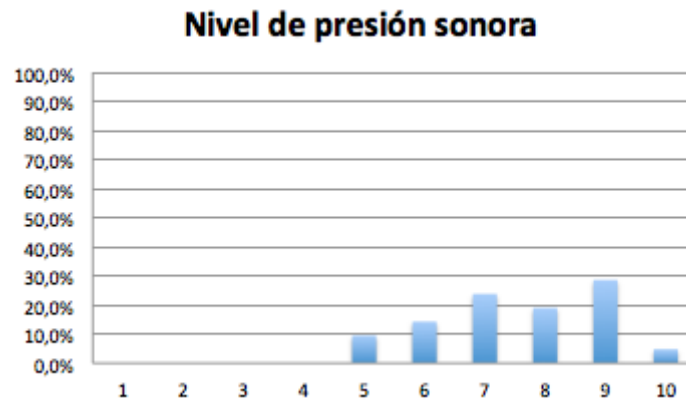


Figura 107. Inteligibilidad de la muestra.

El 28,6% de la muestra otorgó una calificación de 9, tomando en cuenta que las calificaciones varían entre 5 a 9; destacando el 7 con el 23,8% de los encuestados.

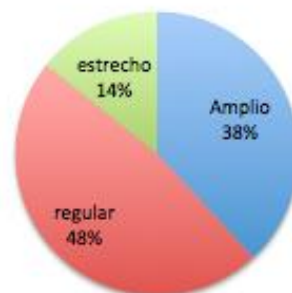




*Figura 108.* Representación gráfica del nivel de presión sonora.

El 47,6% de la muestra califica al rango frecuencial como regular, mientras que el 38,1% califica al rango frecuencial como amplio.

### Rango frecuencial



*Figura 109.* Representación gráfica de la calificación del público con respecto al rango frecuencial.

Más de la mitad de la muestra, es decir el 52,7% puede distinguir la imagen estéreo de la mezcla.

### ¿Se encuentra presente la imagen estéreo?



Figura 110. Representación gráfica de la opinión de la muestra con respecto a la imagen estéreo.

El 81% de la muestra percibe un refuerzo en bajas frecuencias en la mezcla.

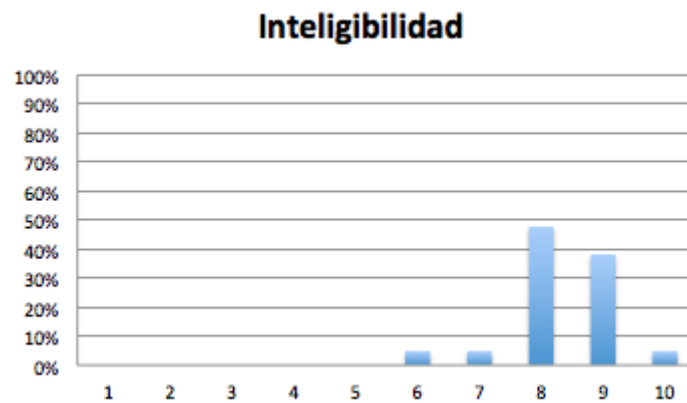
### Rango frecuencial dominante



Figura 111. Representación gráfica del rango frecuencial dominante.

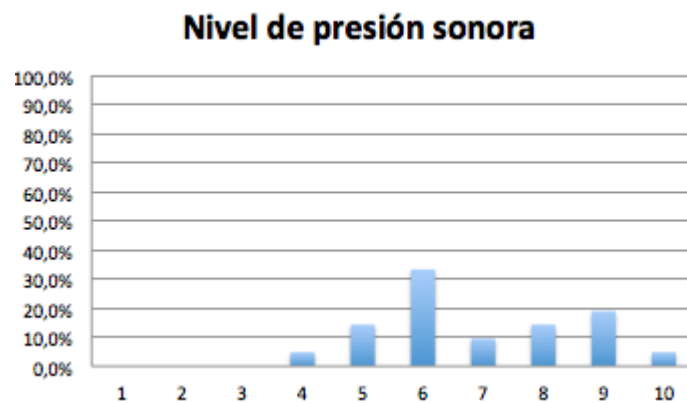
#### 5.2.1.3. Mezcla 3

En el caso de esta última mezcla más del 75% mantiene sus calificaciones entre 8 y 9 siendo la mezcla con mejores resultados en cuanto a inteligibilidad.



*Figura 112.* Representación gráfica de la inteligibilidad.

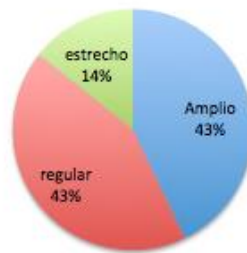
A pesar de que la inteligibilidad tuvo calificaciones altas, el 33,3% no estuvo conforme con el NPS calificándolo con 7.



*Figura 113.* Representación gráfica de la opinión de la muestra con respecto al nivel de presión sonora.

Más del 80% de la muestra califica al rango de frecuencias en entre regular y amplio.

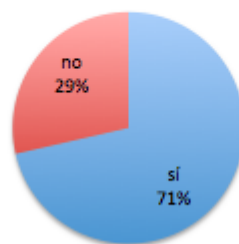
### Rango de frecuencias



*Figura 114.* Representación gráfica de la opinión de la muestra con respecto al rango de frecuencias.

El 71% de la muestra distingue la imagen estéreo de la mezcla, la mayor parte de dicho porcentaje corresponde a posiciones céntricas o lejanas al escenario.

### ¿Se encuentra presente la imagen estéreo?



*Figura 115.* Representación gráfica de la opinión de la muestra con respecto a la imagen estéreo.

Las opiniones se dividen entre la percepción de un refuerzo en frecuencias medias y un equilibrio entre frecuencias.

### Rango frecuencial dominante



Figura 116. Rango frecuencial dominante.

#### 5.2.1.4. Mezcla 4

El 52,4 % de la muestra calificó a la inteligibilidad con 9, por otra parte, la calificación más baja fue de 7, corroborando que el mensaje fue entendido en más del 50% por los escuchas.

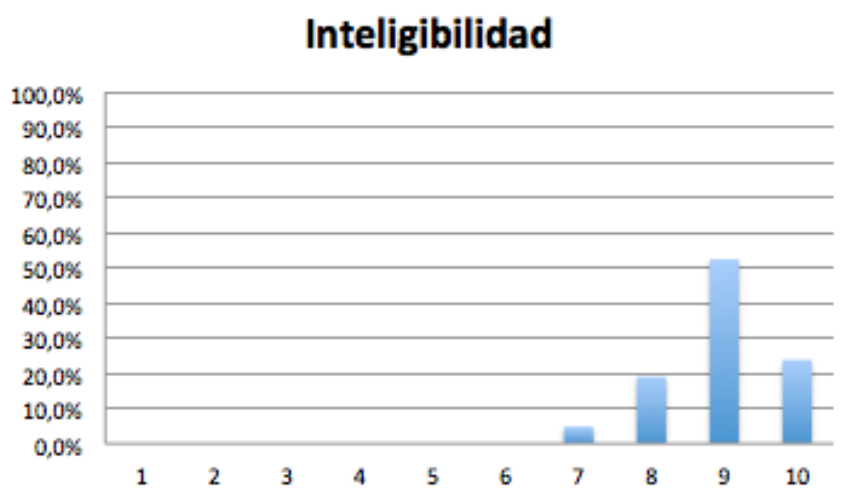
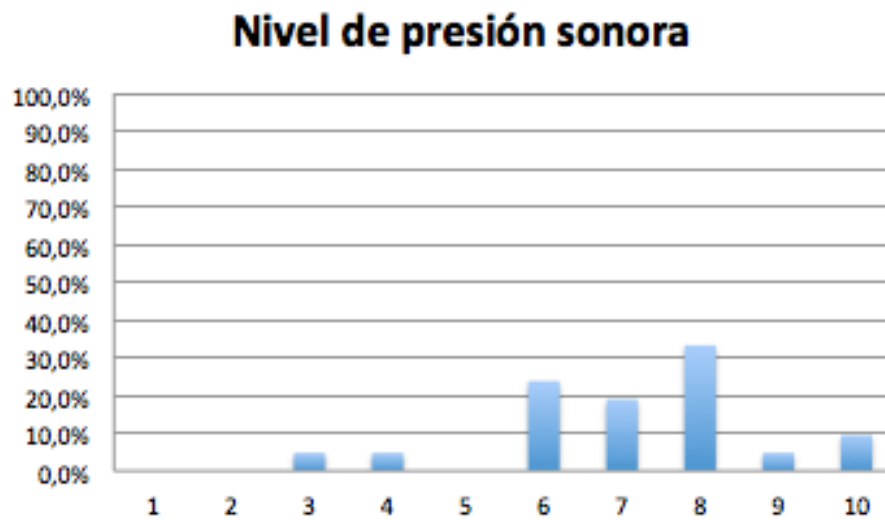


Figura 117. Interpretación de la inteligibilidad en la mezcla para palabra.

El nivel de presión sonora obtuvo una calificación de 7 por el 33,3 % de la muestra, tomando en cuenta que dicho porcentaje corresponde a las posiciones cercanas al escenario.



*Figura 118.* Interpretación gráfica de los niveles de presión percibidos.

El rango de frecuencias fue calificado como regular con un 38% inclinándose a amplio.

### Rango de frecuencias



*Figura 119.* Distribución del rango frecuencial percibido en la mezcla palabra.

Más de la mitad de la muestra concuerda en que la mezcla carece de ambiente.

### ¿La mezcla carece de ambiente?

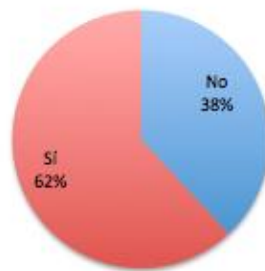


Figura 120. Distribución de la percepción de ambiente en el audio reproducido.

El porcentaje de entendimiento del mensaje redondea el 80% al 100%.

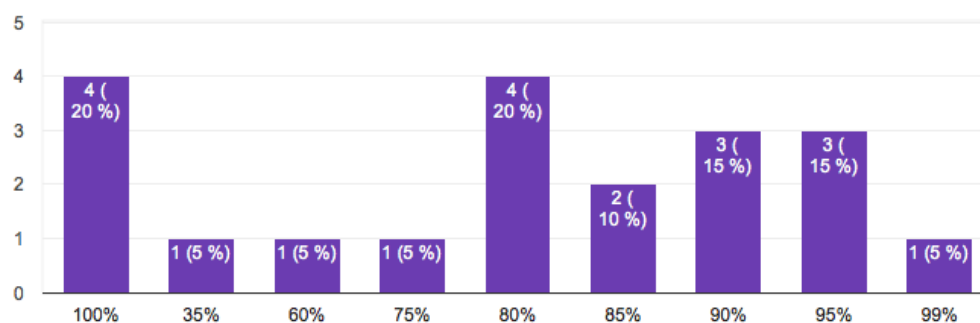


Figura 121. Porcentajes del mensaje entendido por los encuestados.

#### 5.2.2. Encuesta auditorio sede Granados

Más del 60% de las personas encuestadas redondean los 18 a 23 años, mientras que un 32% es mayor a 24 años con un límite de edad de 29 años; por otra parte, el 96% por ciento pertenece al área del sonido y más del 80% ha asistido a un evento en las instalaciones del auditorio Granados en su gran mayoría con fines de oratoria. A pesar de dichas cifras tan solo el 24% califica al sonido de dicho evento como muy bueno.



Figura 122. Rango de edades de los encuestados presente.

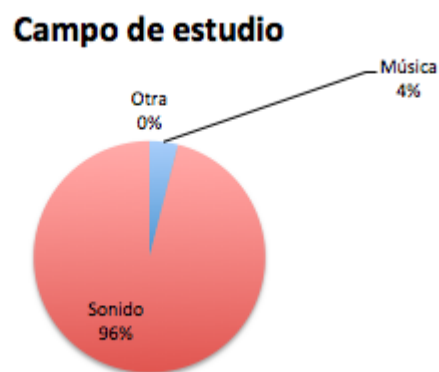


Figura 123. Áreas de estudio de los encuestados.

**¿Ha asistido a un evento en este auditorio?**

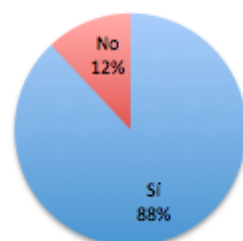


Figura 124. Representación gráfica que muestra el porcentaje de encuestados que ha asistido a un evento en el auditorio.



### Tipo de evento

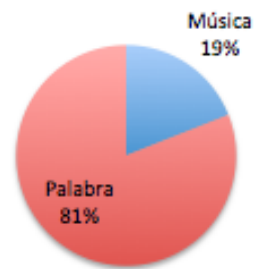


Figura 125. Representación gráfica que muestra el tipo de evento al que han asistido los encuestados.

### Calificación del sonido



Figura 126. Representación gráfica de la calificación del sonido.

#### 5.2.2.1. Mezcla 1

En esta primera mezcla el nivel de inteligibilidad alcanzó una calificación de entre 5 y 8 con valor de muestra de 20 y 40 por ciento respectivamente.

### Inteligibilidad

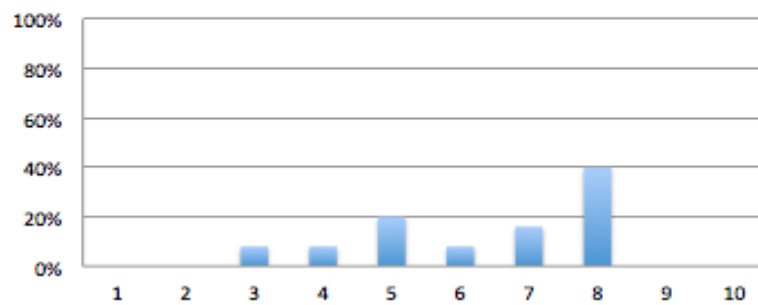


Figura 127. Representación gráfica de la inteligibilidad de la mezcla 1.

En cuanto al nivel de presión sonora este mantiene una calificación de 7 con un 41,7% de encuestados

### Nivel de presión sonora

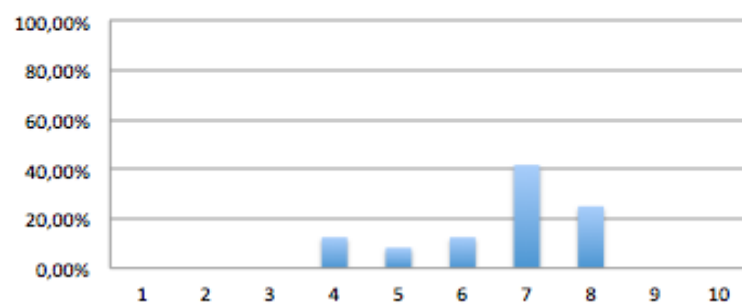
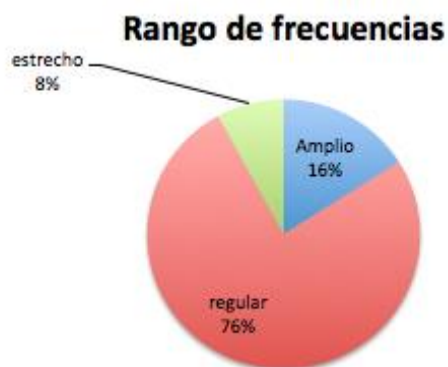


Figura 128. Representación gráfica del nivel de presión sonora percibido de la mezcla 1.

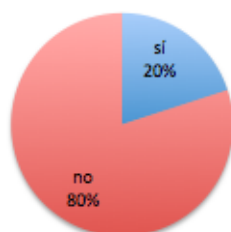
El rango de frecuencias de la mezcla se calificó como regular entre los encuestados



*Figura 129.* Rango frecuencial percibido en la mezcla 1.

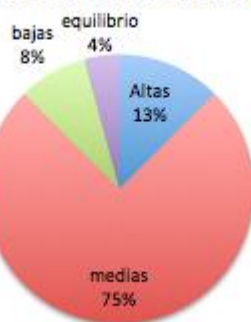
La imagen estéreo de la mezcla no fue presente para el 80% de encuestados; mientras que el 75% de la muestra considera que existe un refuerzo en medias frecuencias

**¿Se encuentra presente la imagen estéreo?**



*Figura 130.* Imagen estéreo percibida en la mezcla 1.

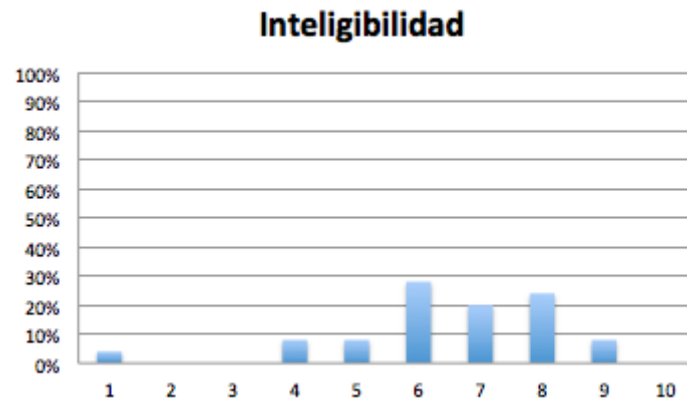
**Rango frecuencial dominante**



*Figura 131.* Rango frecuencial percibido de la mezcla 1.

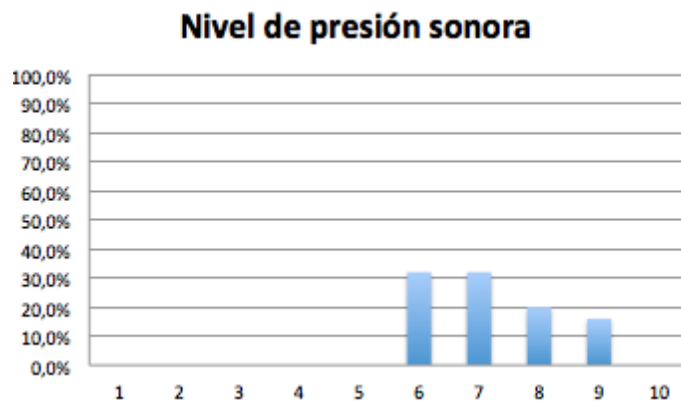
### 5.2.2.2. Mezcla 2

La inteligibilidad en esta mezcla recibió opiniones variadas con calificaciones entre 6 y 8.



*Figura 132.* Representación gráfica de la inteligibilidad de la mezcla 2.

Mientras que el nivel de presión sonora mantuvo calificaciones altas siendo la más baja 6 y la más alta 9.



*Figura 133.* Interpretación gráfica de los niveles de presión percibidos en la mezcla 2.

En cuanto al rango frecuencial este se calificó como amplio y regular por el 32 y 56 por ciento de la muestra respectivamente.

### Rango frecuencial

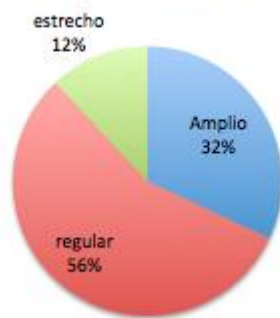


Figura 134. Rango frecuencial percibido en la mezcla 2.

Por otra parte, la imagen estéreo estuvo presente para el 72% de la muestra, considerando un realce en frecuencias medias y altas con el 52% y 24% a favor en cada una.

### ¿Se encuentra presente la imagen estéreo?

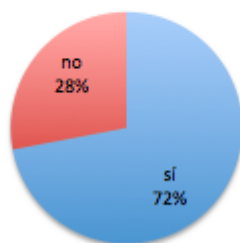


Figura 135. Imagen estéreo percibida en la mezcla 2.

### Rango frecuencial dominante

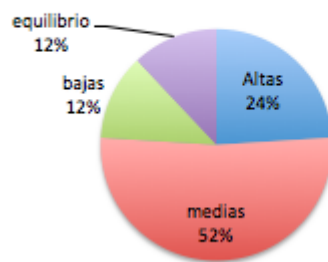


Figura 136. Rango frecuencial percibido de la mezcla 2.

#### 5.2.2.3. Mezcla 3

La inteligibilidad en esta mezcla obtuvo calificaciones entre 5 y 10; siendo 9 el valor más alto con un 36% de personas encuestadas.

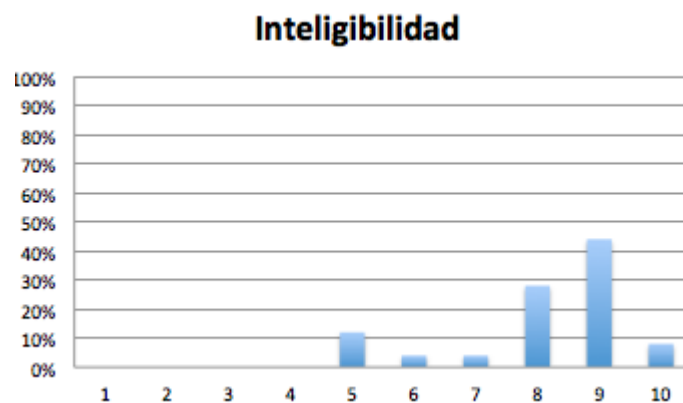
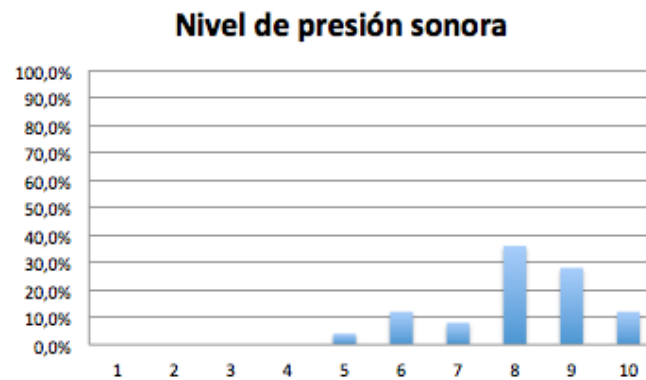


Figura 137. Interpretación gráfica de los niveles de presión percibidos en la mezcla 3.

En cuanto al nivel de presión sonora sus calificaciones fueron bastante altas redondeando el 8 y 9, con más del 50% de la muestra a su favor.



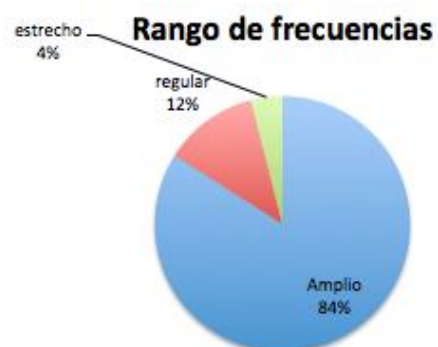
*Figura 138.* Interpretación gráfica de los niveles de presión percibidos en la mezcla 3.

Para el 92% de la muestra la imagen estéreo estuvo presente con un rango de frecuencias amplio y un equilibrio que alcanza más del 50% de la opinión.

**Rango frecuencial dominante**



*Figura 139.* Rango frecuencial percibido de la mezcla 3.



*Figura 140.* Rango frecuencial percibido de la mezcla 3.

### ¿Se encuentra presente la imagen estéreo?

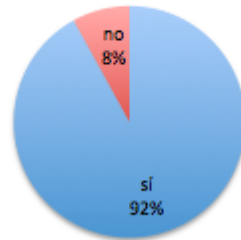


Figura 141. Imagen estéreo percibida en la mezcla 3.

#### 5.2.2.4. Mezcla 4

Con respecto a la toma de palabra los niveles de inteligibilidad mantienen una media de 7 con un nivel de presión sonora con la misma calificación, tomando en cuenta opiniones extremas que califican dichos parámetros con valores de 5 o 10.

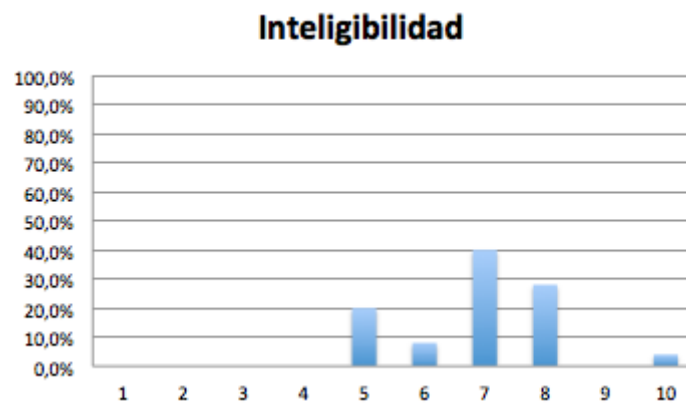
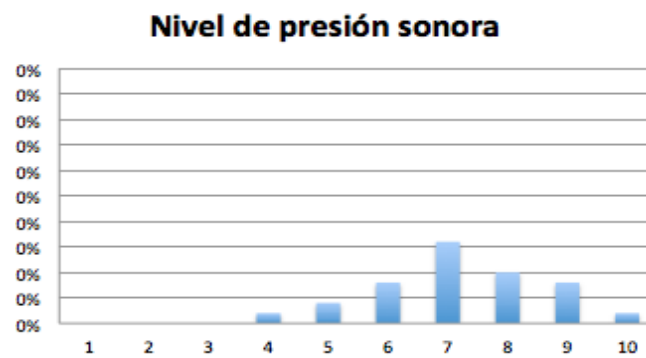


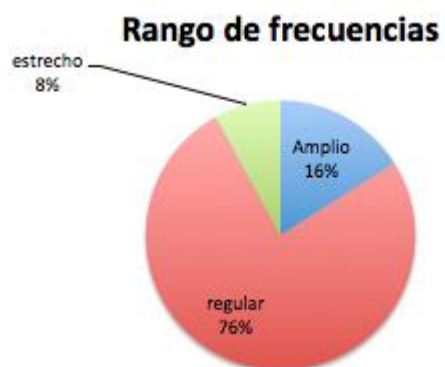
Figura 142. Interpretación gráfica de los niveles de presión percibidos en la mezcla para palabra.





*Figura 143.* Interpretación gráfica de los niveles de presión percibidos en la mezcla para palabra.

Por otra parte, el rango de frecuencias se calificó como regular por el 76% de la muestra; mencionando a su vez que el 52% de la muestra considera que la mezcla carece de ambiente.



*Figura 144.* Distribución del rango frecuencial percibido en la mezcla palabra.

### ¿La mezcla carece de ambiente?

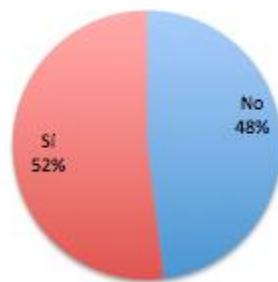


Figura 145. Distribución de la percepción de ambiente en el audio reproducido.

Por último, el 26,1% escuchó con claridad más del 80% de la muestra, siendo la calificación más baja 50% y la más alta entre 80% a 100%; lo cual se traduce a que más de la mitad de la muestra fue clara y entendible.

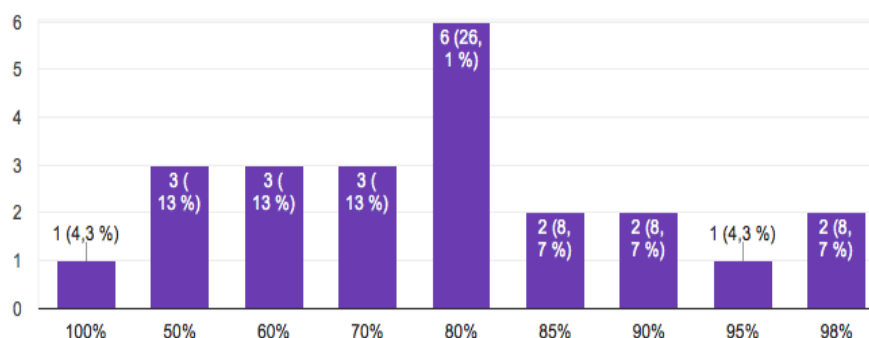


Figura 146. Porcentajes del mensaje entendido por los encuestados.

### 5.3. Guía metodológica

El siguiente fragmento es una recopilación de los pasos necesarios que se deberían seguir para un evento de refuerzo sonoro en los auditorios de la universidad, considerando el tipo de evento, requerimientos necesarios antes del mismo, gestión de equipos, transporte, gestión de personal, entre otros aspectos que se detallan a continuación.

### **5.3.1. Reserva**

Por lo general la reserva de equipos se lleva a cabo solo si el evento en el que se implementará el sistema de refuerzo sonoro no es hecho por la misma universidad. En el caso de que el evento sea ajeno a un evento oficial de la universidad, se deberá realizar la reserva de los equipos dependiendo completamente del tipo de evento a realizarse (palabra o música). En ambos casos, se recomienda que nunca se pida el material justo que se necesita porque siempre hay la posibilidad de daños en cables, o la realización de ruteos que antes no estaban planeados por lo que siempre es bueno tener material extra para contemplar este tipo de eventos.

### **5.3.2. Recopilación de datos de evento.**

Antes del evento, se debe tener información del equipamiento necesario para los músicos o el orador que vaya a estar en el escenario. Hay que recalcar que cada banda se maneja de manera diferente y dependerá completamente del género la cantidad de canales de la consola usados o vías de retorno en el escenario. Para esto se recomienda solicitar un *rider* técnico a cada participante del evento, y contar con la gente necesaria que ayudará en cada transición de equipos. Hay que recalcar que el ruteo, conexión y posicionamiento de los equipos puede cambiar en función de los problemas que se presenten durante el evento.

### **5.3.3. Pre configuración de la consola**

Una gran manera de ganar tiempo es haciendo una pre configuración de la mesa de mezcla uno o dos días antes del evento. Esto incluye la configuración de los canales que usará las bandas y el ruteo de las señales para las salidas de audio en el día del evento. Esto ayudará a que el sonidista encargado no tenga que hacer una configuración desde cero, sino que, cargando una escena desde la consola empezará directamente desde la prueba de niveles, y todas las configuraciones se guardarán en la misma escena.

### **5.4.4. Transporte y Montaje**

Los equipos de la universidad son de difícil transporte sobre todo por sus dimensiones y peso. Es necesario contar con la ayuda necesaria desde el momento en que el equipo es sacado de la bodega. Si el evento es en la sede

Udlapark, es muy recomendable contar con un vehículo adecuado para el transporte de carga pesada debido a que el camino y entrada al auditorio son de difícil acceso, además de que con un vehículo pequeño se tendrían que hacer más viajes. Vehículos recomendados: 2 camionetas.

Al momento del montaje, quienes estén encargados de esto deberán estar al tanto de la posición de todo el equipamiento en el escenario, por lo que es necesario también es solicitar un *stage plot* con el *rider* técnico de los ocupantes del escenario.

### **5.3.5. Conexión y ruteo**

Cuando los diferentes equipos estén en posición se procede a conectar todo en función al *rider* técnico proporcionado. En este punto hay que tener en cuenta que ciertos cables pueden estar dañados o que se necesite hacer un pequeño cambio en las posiciones, así como puentes necesarios en caso de que haya que reconfigurar el sistema. El ruteo ya estará hecho en la consola debido a que se hizo una sesión de pre configuración, pero si existe algún cambio antes mencionado, se deberá cambiar dicho ruteo de canales y actualizarlo a las necesidades del evento. Además, dependiendo de la implementación de altavoces y subgraves, se deberá configurar el amplificador de potencia para que las señales salgan por donde deben.

### **5.3.6. Prueba y Fases**

Ya en este punto, antes del evento el sistema ya se podría poner en funcionamiento. Por lo que, se genera con la consola ruido rosa y se lo reproduce en todos los altavoces para verificar su correcto funcionamiento. Una vez hecho esto, se procede a verificar las fases con ayuda del software SMAART y un micrófono de medición. Se deberá considerar un punto en la sala en el que la escucha sea equilibrada para usarlo como referencia, el cual, por lo general, es un punto central en la zona de audiencia ya que el tiempo de retardo depende de la posición en la que se encuentre el micrófono y no es el mismo en toda la sala y esto hace que el tiempo calculado sea un promedio general para la zona de audiencia.

### **5.3.7. Prueba de línea y EQ.**

En este punto la ecualización se refiere al respectivo crossover existente entre subgraves y el sistema GEO. Básicamente, aquí se configura el sistema para que cada componente reproduzca el sonido en su zona de funcionamiento frecuencial correspondiente. Aquí también se considera el comportamiento acústico de la sala para poder tener una respuesta más uniforme mediante la ecualización de las salidas. Ya con esto realizado, se procede a hacer la prueba de línea para verificar el correcto funcionamiento de cada canal en la consola, y realizar los cambios necesarios en caso de cables o equipo dañado.

### **5.3.8. Niveles y Mezcla**

El siguiente paso es realizar la respectiva prueba de sonido que estará a cargo del sonidista de cada banda o el encargado del sistema de refuerzo sonoro. Aquí, la configuración de los efectos, niveles, ecualizaciones, procesamiento dinámico, entre otros, dependerá de cada banda y cada género; así como también del entrenamiento del sonidista encargado.

## **5.4. Análisis económico**

A continuación, se presenta un presupuesto estimado de la cadena electroacústica utilizada en el desarrollo de este trabajo de investigación, tomando en cuenta el costo del equipo neto sin incluir el costo y aranceles de importación al Ecuador.

En cuanto a los equipos algunos no cuentan con costo unitario puesto que se venden a manera de un arreglo con varias cajas.

El presupuesto estimado para el refuerzo sonoro de ambos auditorios corresponde a 55.635,78 dólares; sin tomar en cuenta transporte y mano de obra al momento de la instalación.

Tabla 7.

*Detalle de costos de los equipos de la cadena electroacústica.*

Equipo	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Presonus Studiolive 16.4.2	1	\$ 1.999,95	\$ 1.999,95
Yamaha LS9	1	\$ 5.555,00	\$ 5.555,00
Caja JBL PRX815	3	\$ 849,00	\$ 2.547,00
Nexo Geo S805	6		\$ 11.264,00
Subs Nexo RS15	4	\$ 5.659,00	\$ 22.636,00
Amp NX4MP4X4	1	\$ 10.331,83	\$ 10.331,83
Cajas Directas	8	\$ 100,00	\$ 800,00
Cables	35	\$ 10,00	\$ 350,00
Extenciones de luz	3	\$ 20,00	\$ 60,00
Regletas de luz	4	\$ 20,00	\$ 80,00
Pedestales	1	\$ 12,00	\$ 12,00
		<b>Total</b>	<b>\$ 55.635,78</b>

## 6. Conclusiones y recomendaciones.

### 6.1. Conclusiones

Tras el desarrollo de las simulaciones y mediciones pertinentes se pudo concluir que la configuración de refuerzo para el auditorio Udlapark con mejores resultados consiste en un arreglo que consta de cuatro sistemas GEO S805 alineados de manera vertical, asegurando una buena respuesta sonora a largo alcance y sin mucha diferencia entre los niveles medidos globalmente en cada punto frecuencial. La tabla de cálculos mostró que, si bien no era el que mayor de nivel de presión sonora daba, era el arreglo más consistente en cuanto a sonoridad por lo que era la opción más viable para este auditorio.

En cuanto a la sede granados, el arreglo que mejores resultados ofreció fue el que implementa dos cajas en la parte frontal del escenario, ayudadas por una tercera caja colocada en la parte lateral central de la zona de audiencia para mantener los niveles de la parte posterior de las zonas de audiencia del auditorio. Las gráficas mostraron que este arreglo tiene la particularidad de tener niveles globales parecidos en todos los puntos de la sala lo cual beneficia al auditorio sonoramente hablando.

Los arreglos escogidos para la implementación, se mantienen dentro del régimen de sonoridad que una persona puede distinguir; pues teóricamente se habla de que para que se perciba una diferencia de niveles sonoros en un sonido, el mismo debe poseer más de 10 dB de diferencia entre su punto más alto con el mínimo. Por lo tanto, dichos sistemas implementados se encuentran dentro de dicho parámetro sonoro, ya que nunca se supera este valor de manera frecuencial. Este parámetro también se respeta en los valores globales medidos en cada posición de los auditorios ya que la diferencia máxima de niveles de presión sonora en el auditorio Udlapark es de 6.9dB mientras que en el auditorio 2 de la sede Granados es de 1.08dB.

Posterior a la evaluación realizada mediante encuestas se pudo notar una tendencia en el público hacia una mezcla con un procesamiento bastante marcado; sobre las mezclas con sonido natural. Esta tendencia se debe

posiblemente a la influencia de la música actual y su sobre procesamiento, generando en el oyente una preferencia hacia este sonido.

Mediante las encuestas, se ha confirmado el postulado de Izhaki (2011) que nos dice que el escucha promedio no distingue los distintos procesamientos acústicos que se realizan en mezcla, debido a que estos pasos “no les importan en tanto suenen bien”. De ahí que no exista un único procedimiento de mezcla, así como tampoco existe un proceso correcto, por lo que no se debería tomar el proceso de mezcla como un manual. Esto se muestra en los resultados de la encuesta, en la cual la gente mostró afinidad por ambas mezclas, siendo estas diferentes la una de la otra. Por otra parte, se debe tener en cuenta que en un evento normal no se va a tener el mismo muestreo poblacional que en este trabajo, y que el público promedio que asiste a un evento es gente que tiene poco o nada de conocimiento acerca de sonido.

## **6.2. Recomendaciones**

Para futuras aplicaciones se recomienda en cuanto al montaje del sistema contar con elementos extras a lo planificado, como son cables, regletas, extensiones, adaptadores y demás.

De la misma manera se aconseja realizar una comprobación del estado de los equipos previa al evento, para de esta manera asegurar el funcionamiento de los mismos y evitar inconvenientes.

Se sugiere planificar la mezcla a realizarse tomando en cuenta factores como el tipo de evento, estilos musicales, tipo de recinto, entre otros y de ser posible implementar una pre mezcla y guardarla como una plantilla a partir de la cual se trabajará en vivo.

Por otro lado, se sugiere tomar en cuenta puntos tales como el transporte y reserva de equipos, así como el personal que ayudará con el montaje y desmontaje de los mismos; puesto que son de vital importancia y de ellos dependerá gran parte de eficiencia del evento.



## REFERENCIAS

- Digón, A. y Ferrer, P. (2014). Configuración y ajustes de Sistemas de sonido, curso práctico. (2.a ed.). España: Altaria.
- Download.yamaha (2016). Digital mixing console LS9. Recuperado el 18 de octubre de 2017 de [http://download.yamaha.com/api/asset/file?language=es&site=countrysite-master.prod.exp.yamaha.com&asset\\_id=9594](http://download.yamaha.com/api/asset/file?language=es&site=countrysite-master.prod.exp.yamaha.com&asset_id=9594)
- Izhaki, R. (2012). Mixing Audio: Concepts, practices and tools. (2.a ed.).United Kingdom: Focal Press.
- JBLpro (2016). PRX 815. Recuperado el 19 de diciembre de 2017 de [http://www.jblpro.com/ProductAttachments/JBL\\_PRX815\\_SpecSheet.pdf](http://www.jblpro.com/ProductAttachments/JBL_PRX815_SpecSheet.pdf)
- López, J. & Rodríguez, A. (2017). Caracterización acústica de los auditorios de la UDLA, mediante modelos predictivos y mediciones in-situ. Quito, Ecuador: Universidad de las Américas.
- Naveed, K., Watanabe, C. y Neittaanmaki, P. (2017). Co-evolution between streaming and live music leads a way to the sustainable growth of music industry – Lessons from the US experiences. *Technology in Society*, 50, 1-19. doi:10.1016/j.techsoc.2017.03.005.
- Nexo-sa (s.f.). GEO S Series. Recuperado de [https://nexo-sa.com/wp-content/uploads/nexo\\_geo\\_s8\\_cd12\\_user\\_manual\\_v105.pdf](https://nexo-sa.com/wp-content/uploads/nexo_geo_s8_cd12_user_manual_v105.pdf)
- Nexo-sa (s.f.). NXAMP 4x1 & NXAMP 4x4. Recuperado de [https://nexo-sa.com/wp-content/uploads/NXAMP4x1\\_NXAMP4x4\\_USER\\_MANUAL\\_EN\\_v3.1.pdf](https://nexo-sa.com/wp-content/uploads/NXAMP4x1_NXAMP4x4_USER_MANUAL_EN_v3.1.pdf)

- Nexo-sa (s.f.). Ray Sub Series. Recuperado de <https://nexo-sa.com/wp-content/uploads/RS15-User-Manual-v103.pdf>
- Ooi, C. S., Seng, K. P., Ang, L-M., & Chew, L. W. (2014). A new approach of audio emotion recognition. *Expert Systems with Applications*, 41(13), 5858-5869. DOI: 10.1016/j.eswa.2014.03.026
- Perez-Gonzalez, E. & Reiss, J. (2008). An automatic maximum gain normalization technique with applications to audio mixing. Recuperado el 17 de noviembre de 2017 de <http://www.aes.org/e-lib/browse.cfm?elib=14541>
- Perez-Gonzalez, E. & Reiss, J. (2009). Automatic gain and fader control for live mixing. *IEEE Workshop on Applications of Signal Processing to Audio and Acoustics*. 1-4. DOI: 10.1109/ASPAA.2009.5346498
- Perez-Gonzalez, E. & Reiss, J. (2010) A Real-Time Semiautonomous Audio Panning System for Music Mixing. *EURASIP Journal on Advances in Signal Processing*. 1-10. DOI: 10.1155/2010/436895
- Romoli, L, Cecchi, S., Peretti, P., Piazza, F. (2015). Real-time implementation and performance evaluation of digital control for loudspeakers line arrays. *Applied Acoustics*, 97: 121-132. DOI: 10.1016/j.apacoust.2015.04.002
- Stoner, J. A., Freeman, R. E., Sacristan, P. M., & Gilbert, D. R. (1996). *Administración*. 10: 35-42. México, D.F., México. Prentice Hall.
- Wang, L., Yin, F. y Chen, Z. (2010). A Stereo Crosstalk Cancellation System Based on the Common-Acoustical Pole/Zero Model. *EURASIP Journal on Advances in Signal Processing*. 1-11. DOI:10.1155/2010/719197

Yoshinori, T. y Akio, A. (2010). Down-mixing of Multi-channel Audio for Sound Field Reproduction Based on Spatial Covariance. *Applied Acoustics* 71.12: 1177-184. DOI: 10.1121/1.2934949

## **ANEXOS**

## Modelo de encuesta

- Información

1. Seleccione su rango de edad

- a. 18 años o menos
- b. 18-23 años
- c. 24 a 29 años
- d. 30 años en adelante

2. Seleccione su área de estudio

- a. Música
- b. Sonido y acústica
- c. Otras

3. ¿Ha asistido previamente a un evento en este auditorio?

- a. Sí
- b. No

4. Si su respuesta fue sí, ¿Cuál fue el propósito del evento?

- a. Música
- b. Palabra

5. ¿Cómo calificaría la calidad del sonido en dicho evento?

- a. Excelente

b. Muy bueno

c. Regular

d. Malo

• Música

· Muestra 1

6. Si definimos a la inteligibilidad como la presencia adecuada y distinguible de cada instrumento. ¿Cómo calificaría la claridad de la mezcla ?, siendo 10 excelente y 1 mala.

1    2    3    4    5    6    7    8    9    10

7. Siendo el nivel de presión sonora la cantidad o grado de energía que tiene un sonido o conjunto de sonidos ¿Cómo calificaría el nivel de presión sonora de la mezcla?

1 muy bajo y 10 muy Alto

1    2    3    4    5    6    7    8    9    10

8. Con respecto al rango frecuencia la de la mezcla ¿Cómo valoraría a este?

a) Amplio

b) Regular

c) Estrecho

9. ¿Percibe usted la imagen estéreo en la mezcla?

a) Sí

b) No

10.Cuál de los siguientes rangos de frecuencias está más presente en la mezcla

a) Frecuencias altas (2000 Hz – 20000 Hz)

b) Medias frecuencias (250Hz – 2000Hz)

c) Frecuencias bajas (32Hz – 250Hz)

d) Está en equilibrio

· Muestra 2

11. Si definimos a la inteligibilidad como la presencia adecuada y distinguible de cada instrumento. ¿Cómo calificaría la claridad de la mezcla ?, siendo 10 excelente y 1 mala.

1    2    3    4    5    6    7    8    9    10

12. Siendo el nivel de presión sonora la cantidad o grado de energía que tiene un sonido o conjunto de sonidos ¿Cómo calificaría el nivel de presión sonora de la mezcla?

1 muy bajo y 10 muy Alto

1      2      3      4      5      6      7      8      9      10

13. Con respecto al rango frecuencia la de la mezcla ¿Cómo valoraría a este?

- a) Amplio
- b) Regular
- c) Estrecho

14. ¿Percibe usted la imagen estéreo en la mezcla?

- a) Sí
- b) No

15.Cuál de los siguientes rangos de frecuencias está más presente en la mezcla

- a) Frecuencias altas (2000 Hz – 20000 Hz)
- b) Medias frecuencias (250Hz – 2000Hz)
- c) Frecuencias bajas (32Hz – 250Hz)
- d) Está en equilibrio



· Muestra 3

16. Si definimos a la inteligibilidad como la presencia adecuada y distinguible de cada instrumento. ¿Cómo calificaría la claridad de la mezcla ?, siendo 10 excelente y 1 mala.

1    2    3    4    5    6    7    8    9    10

17. Siendo el nivel de presión sonora la cantidad o grado de energía que tiene un sonido o conjunto de sonidos ¿Cómo calificaría el nivel de presión sonora de la mezcla?

1 muy bajo y 10 muy Alto

1    2    3    4    5    6    7    8    9    10

18. Con respecto al rango frecuencia la de la mezcla ¿Cómo valoraría a este?

- a) Amplio
- b) Regular
- c) Estrecho

19. ¿Percibe usted la imagen estéreo en la mezcla?

- a) Sí
- b) No

20. Cuál de los siguientes rangos de frecuencias está más presente en la mezcla

- a) Frecuencias altas (2000 Hz – 20000 Hz)
- b) Medias frecuencias (250Hz – 2000Hz)
- c) Frecuencias bajas (32Hz – 250Hz)
- d) Está en equilibrio

- Palabra

21. ¿Cómo calificaría el nivel de presión sonora de la mezcla?

1    2    3    4    5    6    7    8    9    10

22. Siendo la inteligibilidad el grado de entendimiento que tiene una palabra, ¿Cómo calificaría la presente mezcla?

1    2    3    4    5    6    7    8    9    10

23. ¿Cómo evaluaría el rango frecuencial de la mezcla?

- a) Amplio
- b) Regular
- c) Estrecho

24. ¿Considera usted que la mezcla tiene carencia de ambiente?

a) si

b) no

25. ¿Qué porcentaje de la muestra usted escuchó claramente?

---

- Recomendaciones

---

