



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROYECTO DE EQUIPAMIENTO DE  
AUDIO EN EL TEATRO DEL ESTADO  
XALAPA, VERACRUZ**

**INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES**

Que para obtener el título de

**INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA  
AREA MECÁNICA**

**P R E S E N T A**

**RICARDO VINICIO MARQUINA RAMÍREZ**

**ASESOR DE INFORME**

**DR. JOSÉ JAVIER CERVANTES CABELLO**



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2016

NOMBRE DE LA EMPRESA: AUDIO INTEGRAL

TÍTULO: PROYECTO DE EQUIPAMIENTO DE AUDIO EN EL TEATRO DEL ESTADO EN XALAPA, VERACRUZ

## ÍNDICE

1.- DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	4
1.1 Formación de la empresa	4
1.2 Historia de la empresa	4
1.3 Mercado de la empresa	7
1.3.1 Teatros	7
1.3.2 Corporativo	7
1.3.3 Arenas y estadios	
1.4 Recursos	8
1.4.1 Materiales	8
1.4.2 Humanos	8
2.- DESCRIPCIÓN DEL PUESTO DE TRABAJO	9
2.1 Liderazgo	9
2.2 Relaciones Públicas	9
2.3 Ventas	10
2.4 Trabajo técnico	10
2.4.1 Las ondas sonoras y el sonido	10
2.4.2 ¿Como percibe el ser humano el sonido?	14
2.4.3 Respuesta de frecuencia y SPL	17
2.4.5 Metodología	18
2.4.6 Alineamiento de sistemas	20
2.4.7 Puesta en marcha	20
3 PARTICIPACIÓN EN LA EMPRESA (PROYECTO)	22
3.1 Objetivo	22
3.2 Antecedentes	22
3.3 Alcances del proyecto	22
3.4 Descripción general	22
3.5 Normatividad	23
3.6 Desarrollo y metodología	23
3.6.1 Inspección inicial	23
3.6.2 Levantamiento	23
3.6.3 Sistemas convencionales	23

3.6.4 Arreglos lineales	24
3.6.5 Arreglos lineales colgados (rigging)	27
3.6.6 Detalles del sistema de audiencia (sala)	28
3.7 Elementos adicionales	43
3.7.1 Micrófonos	43
3.7.2 Mezcladoras	46
3.7.3 Monitores	46
3.7.4 Cableado	46
3.7.5 Accesorios de rigging	46
3.8 Fichas técnicas	46
3.8.1 MICA	46
3.8.2 UPA-1P	48
3.8.3 700 HP	50
3.8.4 Galileo 616	53
3.8.5 Sistema de monitoreo remoto (RMS)	54
3.8.6 CL-5	55
3.8.7 Micrófonos	56
3.8.8 Sistema de monitoreo personal (in ear)	57
3.8.9 Accesorios	58
3.8.9.1 Cajas directas o de inyección	58
3.8.9.2 Cables balanceados	58
3.8.9.3 Bases para micrófono	58
3.9 Planos	59
3.10 Memorias de cálculo	60
3.10.1 Cuadros de cargas eléctricas	60
3.10.2 Rigging	62
RESULTADOS	66
CONCLUSIONES	67
APÉNDICES	67
APÉNDICE A Fichas técnicas complementarias	68
APÉNDICE B Predicción MAPP	69
APÉNDICE C Accesorios de rigging (cabezal)	71
APÉNDICE D Norma Oficial Mexicana	72
GLOSARIO DE TÉRMINOS	73
BIBLIOGRAFÍA	75

## CAPITULO: 1

1DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA: Audio Integral es el nombre comercial de la empresa dirigida por el titular del presente trabajo, quien se desempeña como trabajador independiente desde hace quince años. El objetivo de Audio Integral es desarrollar proyectos de instalaciones de audio, comercializar e instalar productos del sector en diferentes niveles: comercial, profesional (incluyendo la rama de espectáculos) entre otros.

La misión de nuestra empresa es ofrecer soluciones integrales en el desarrollo de proyectos e instalaciones de audio. Maximizamos y entregamos a nuestros clientes soluciones para optimizar sus recursos. Aportamos valores agregados que sobrepasan las expectativas de nuestros clientes como: análisis de soluciones integrales futuras y permanente contacto para nuevos proyectos.

1.1 Formación de la empresa. La empresa fue establecida en el año 2001 después de haber operado como compañía de renta y vender sus activos. Nos propusimos formar grupos de trabajo que se reclutan por proyecto, con un esquema básico como el descrito en el punto 1.4, y siendo flexible y dependiendo de la magnitud y complejidad del proyecto.

1.2 Historia de empresa. Desde su formación hemos tomado como principios básicos la ética profesional y el desarrollo de habilidades para la solución de problemas, cualidades adquiridas desde la formación académica en la Facultad de Ingeniería y ampliadas durante la experiencia profesional. Estos valores se deben promover y difundir entre quienes nos apoyan en las diferentes áreas de la empresa.

La siguiente lista forma parte de los trabajos más destacados en los que intervenimos desde el 2001 a la fecha:

2001 Proyecto ejecutivo de audio distribuido en el Hotel "W", en la CDMX.

2002 Diseño y coordinación de audio y video para Mantarraya Producciones en el evento Nike Park en el Toreo de 4 caminos.

2003 Diseño e instalación sala de consejo de CAAAREM (Confederación de asociaciones de agentes aduanales de la república mexicana), en la CDMx.

2004 Instalación y puesta en marcha de consola digital Yamaha DM 2000 en parque X Caret, en Quintana Roo.

2005 Diseño e instalaciones en centros de espectáculos en la CDMX para la cadena Díaz.

2006 Diseño del sistema de sonorización para el Teatro del Estado en Xalapa, Ver.

2007 Instalación de salas de formación y auditorio para SGAE (Sociedad General de Autores y Editores) en la CDMX, Fig. 1.3.

2008 Proyecto de audio distribuido en el estadio de los Rayados del Monterrey.

2009 Diseño e instalación de equipo de audio en la arena del ITSON Instituto Tecnológico de Sonora, Fig. 1.7.

2010 Diseño e instalación de audio en Club de Playa Pichilingue en Acapulco, Fig. 1.2.

2011 Supervisión de la instalación audiovisual en el Teatro Cervantes, ahora Teatro Tel Cel en la CDMX, Figuras 1.5 y 1.8.

2012 Supervisión del montaje para Sabritas en la activación del producto Cheetos, Centro Banamex, en la CDMX, Fig. 1.1.

2013 Instalaciones audiovisuales y migración de sistemas de video conferencia en Novo Nordisk, en la CDMX Fig. 1.6.

2014 Diseño e instalación de plataforma digital de audio en CAAAREM (Confederación de Asociaciones de Agentes Adunales de la República Mexicana) en la CDMX, para gestión de audio en salones de conferencias usando protocolo AVB para proceso digital, Fig. 1.4.

2015 Instalación de salas de juntas automatizadas con video conferencia en Centro Operativo Polanco y Torre Reforma para Institución bancaria en la CDMX.

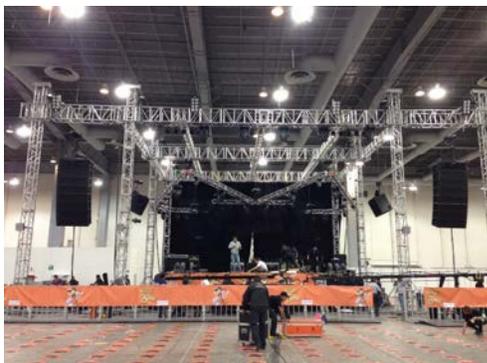


Figura 1.1 Evento Sabritas en la CDMX.



Figura 1.2 Instalación Audio en muelle, Acapulco.



Figura 1.3 Salas de Formación SGAE, CDMX.



Figura 1.4 Rack proceso digital AVB, CDMX.



Figura 1.5 Canalizaciones Teatro Tel Cel, CDMX.



Figura 1.6 Panel de conectores en Novo Nordisk CDMX.



Figura 1.7 Arena ITSON, Sonora.



Figura 1.8 Canalizaciones en Teatro Tel Cel, CDMX.

### 1.3 Mercado de la empresa.

1.3.1 Teatros y Auditorios. Objeto de estudio del presente trabajo, los teatros y auditorios son un nicho natural para el desarrollo de proyectos audiovisuales. Su naturaleza es la de comunicar, ya sea a través de un espectáculo musical, teatral, mixto, danza, sinfónico, etc. Las artes escénicas requieren de atención en el aspecto técnico ya que las producciones delegan esa responsabilidad a los encargados técnicos del inmueble para concentrarse en la parte artística; esta fusión debe ser interpretada correctamente cuando se diseña audio ya que debe prevalecer el aspecto funcional y práctico sin descuidar la estética.

1.3.2 Corporativo. El mercado en el que se desarrollan empresas dedicadas a proyecto y ejecución de obras en el área de audiovisuales se amplía en el mundo corporativo, en la medida que se considera ya una necesidad contar con infraestructura dedicada a la comunicación por medios audiovisuales. Ejemplos de ello son las salas de reuniones, salas de videoconferencia, salas de formación y capacitación, entre otras. Los sistemas van desde proyectores y pantallas convencionales hasta complejos sistemas de automatización que intervienen todas las funciones de las salas haciendo la operación sencilla y práctica para el usuario final.

1.3.3 Arenas y estadios. El más grande los formatos lo encontramos en este rubro, su grado de complejidad está definido por la magnitud y las distancias a las que hay que hacer llegar las ondas sonoras, se deben considerar sistemas de alta directividad como los lineales, así como el uso de torres de "delay", que permiten restaurar agudos a la distancia y mejorar la inteligibi-

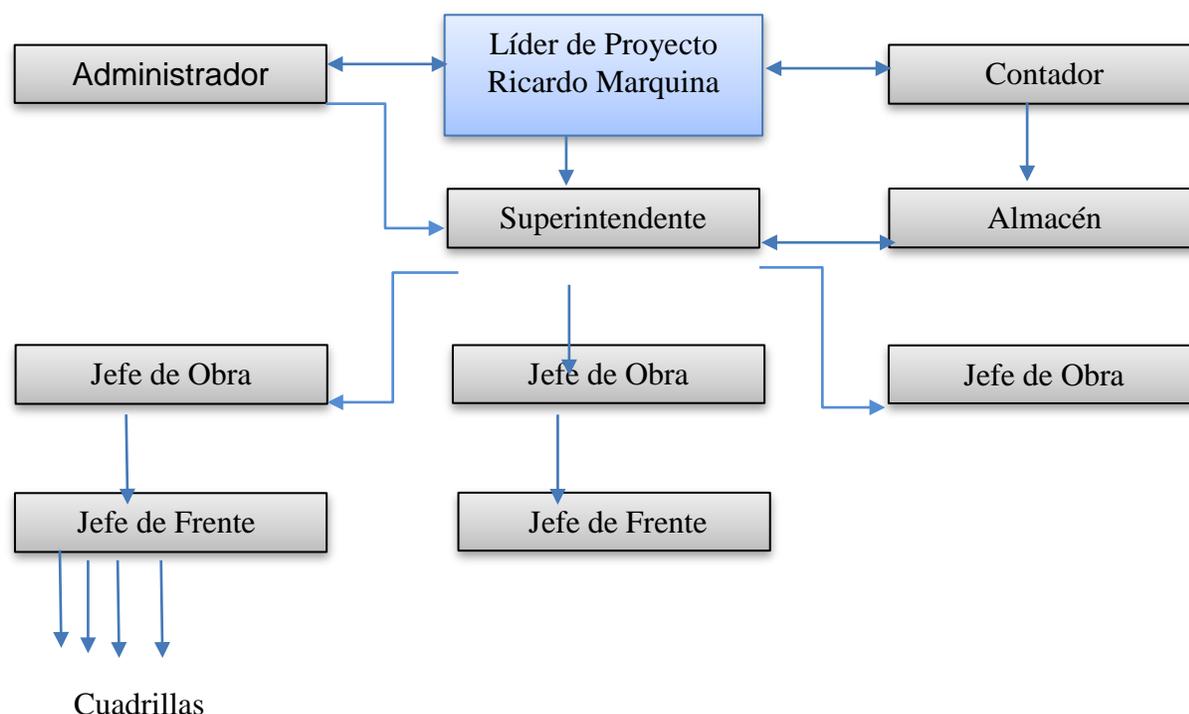
lidad. El reto es lograr a la distancia lo que se tiene cerca de la fuente sonora. En la mayoría de los casos estas instalaciones son efímeras y forman parte de giras o "tours".

#### 1.4 Recursos.

1.4.1 Materiales. Se debe contar con proveedores que brinden además de productos de calidad, servicio y mantenimiento en nuestro País, de preferencia en la Ciudad de México que es donde residimos. Al cliente final se le trasladan los materiales con el soporte de la marca elegida. Es por ello que se trabajan con marcas internacionales acreditadas en nuestro país desde hace mucho tiempo y que pueden responder a cualquier contingencia de partes y servicio de los equipos.

1.4.2 Humanos. El activo más importante de una empresa está en sus trabajadores y gerentes, en nuestro caso, reclutamos personal calificado por proyecto dependiendo de su magnitud y complejidad. Cada uno de los elementos que forman el organigrama (Cuadro 1.1), tiene una tarea específica y la desarrolla en base a la ética y profesionalismo inculcada y compartida por todo el personal. Nos apoyamos también en personal administrativo que mantiene el orden financiero para el pago de nóminas y de materiales necesarios para el desarrollo de la ejecución de la obra. En la etapa de proyecto contamos con dibujantes que plasman en formato ".dwg" (extensión de autocad) los diferentes dibujos relacionados con el proyecto.

## ORGANIGRAMA:



Cuadro 1.1 Organigrama

2 DESCRIPCIÓN DEL PUESTO DE TRABAJO. A continuación se describen los elementos que componen el perfil que debe cubrir el líder de Proyecto:

2.1 Liderazgo. El liderazgo en un grupo de trabajo será exitoso en la medida que se deleguen correctamente las diferentes responsabilidades. Es fundamental asignar tareas a los colaboradores técnicamente capaces, que formen grupos de trabajo compactos que realicen sus tareas en equipo de manera armónica. El líder de un proyecto coordina los diferentes grupos de trabajo, revisa sus funciones, evalúa desempeños y ordena cambios para mejorar la productividad. También tiene una estrecha relación con la supervisión de obra, facilitando la comunicación entre ejecutante y supervisión y/o cliente final.

2.2 Relaciones públicas. Se deben tener buenas relaciones con clientes y proveedores, el trato cordial y la formalidad hacen largas estas relaciones, con el tiempo se crean vínculos que favorecen el desarrollo de los proyectos; establecer contactos que lleven a consolidar nuevas relaciones es una labor permanente que alimenta nuestro directorio y genera oportunidades de negocio potenciales.

2.3 Ventas. Una vez establecida la relación pública hay que vender el producto. En nuestro caso hay un canal directo y es la comunicación fluida que se tiene con los clientes; si ya les hemos provisto anteriormente de algún servicio, la labor de venta se facilita y en el caso contrario hay que generar en el cliente la necesidad de que nuestro servicio profesional es necesario.

2.4 Trabajo Técnico. Se debe realizar una Inspección inicial para evaluar correctamente la dimensión del trabajo a realizar, se debe hacer una visita al espacio de trabajo y recabar la mayor cantidad de información posible (levantamiento) y plantear un desarrollo acorde con el proyecto, determinar las condiciones en las que se encuentran el resto de las instalaciones, tomar medidas del recinto, fotografías y videos para proponer el alcance del proyecto.

Si el espacio está en construcción será necesario acudir a las reuniones técnicas para participar de las decisiones relacionadas con otras instalaciones: hidráulicas, sanitarias, electricidad, aire acondicionado, protección contra incendio, cableado estructurado, y especiales como seguridad y otras, desarrollándose así un trabajo interdisciplinario enriquecedor y productivo.

Para desarrollar el proyecto y hacer la selección se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos técnicos:

2.4.1 Las ondas sonoras y el sonido. El sonido es una onda longitudinal que se propaga a través de un medio elástico y continuo. Cuando se produce una perturbación periódica en el aire se originan ondas sonoras longitudinales cuyo análisis se puede realizar mediante cálculo diferencial debido a que la variación de sus propiedades es muy suave. Las ondas mecánicas propagadas en el medio continuo generan una variación local de presión que se transmite en forma de onda esférica.

En su forma más simple, podemos describir a los elementos característicos de una onda mediante la figura 2.1.

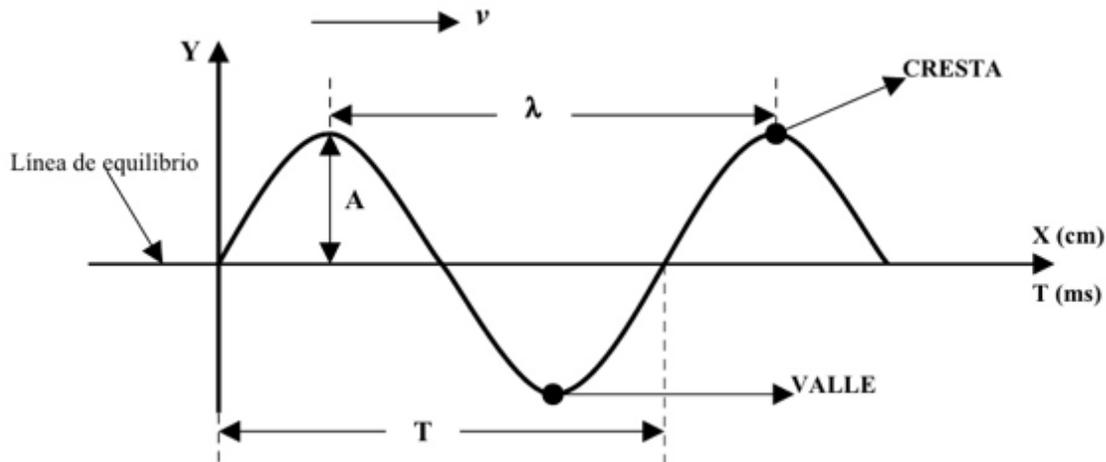


Fig. 2.1 Elementos característicos de una onda.

En el plano X-Y medimos la longitud de onda  $\lambda$  que es la distancia (m) entre dos puntos que se encuentran en el mismo estado de vibración, por ejemplo de cresta a cresta, es la distancia que se recorre en el período de tiempo T (s).

La frecuencia  $f$  ( $s^{-1}$ ) es el número de ciclos en un determinado tiempo (segundo), es el inverso de T.

La amplitud A (dB) se define como la máxima elongación desde la línea de equilibrio hasta la cresta (o valle).

Por lo tanto las relaciones entre ellas son:

$$V = \lambda / T \quad (\text{m/s})$$

$$V = \lambda * f \quad (\text{m/s})$$

Donde  $f$  = frecuencia en Hz (1/s)

Donde  $V$  = velocidad del sonido

La temperatura y la humedad relativa son factores que afectan la velocidad del sonido. Una relación práctica usada en campo es:

$$V = (331.5 + 0.6 \, t) \quad (\text{m/s})$$

Donde  $t = T - 273.5 \text{ K}$

Si se toma un promedio de velocidad del sonido = 340m/s, se obtienen los valores de la longitud de onda y tiempo para completar la el cuadro 2.1.

El rango audible del ser humano está entre 20 Hz y 20 KHz. Una banda de octava es una banda de frecuencia que está entre dos frecuencias con una relación de 2, ejemplo: la banda de octava de 1000 Hz comprende las frecuencias de 707 Hz a 1414 Hz. Los centros de las bandas de octava están normalizados por ISO (International Standards Organization) a números redondeados como sigue: 20, 30, 63, 125, 250, 500, 1k, 2k, 4k, 8k, 16k (Hz). La banda de octava de 1000 Hz contiene las bandas de tercio de octava de 800, 1000 y 1250 (Hz). Es así como obtenemos las 31 bandas de 1/3 de octava que se aprecian en los "ecualizadores" denominados gráficos, porque visualmente se observa el incremento positivo o negativo en ganancia para cada frecuencia.

Frecuencias normalizadas, longitud y periodo			
	Frecuencia (Hz)	Longitud (m)	Tiempo (ms)
1	20	17	50
2	25	13.60	40.00
3	31.5	10.79	31.75
4	40	8.50	25.00
5	50	6.80	20.00
6	60	5.67	16.67
7	80	4.25	12.50
8	100	3.40	10.00
9	120	2.83	8.33
10	160	2.13	6.25
11	200	1.70	5.00
12	250	1.36	4.00
13	315	1.08	3.17
14	400	0.85	2.50
15	500	0.68	2.00
16	630	0.54	1.59
17	800	0.43	1.25
18	1000	0.34	1.00
19	1200	0.28	0.83
20	1600	0.21	0.63
21	2000	0.17	0.50
22	2500	0.14	0.40
23	3150	0.11	0.32
24	4000	0.09	0.25
25	5000	0.07	0.20
26	6000	0.06	0.17
27	8000	0.04	0.13
28	10000	0.03	0.10
29	12000	0.03	0.08
30	16000	0.02	0.06
31	20000	0.02	0.05

Cuadro 2.1 Frecuencias Estandarizadas, longitud de onda y tiempo.

2.4.2 ¿Cómo percibe el ser humano el sonido? Es a través del aparato auditivo formado por el oído exterior que se distingue por su forma helicoidal, este pabellón recibe las ondas sonoras y las transmite hacia la segunda etapa: el oído medio. El pabellón auditivo es imprescindible debido a la diferencia de presión que existe en el interior y exterior del oído. La resistencia del aire es mayor en el interior que en el exterior del oído porque el aire del interior se encuentra comprimido, y por ello, a mayor presión.

Para que las ondas sonoras penetren en el oído de la mejor forma posible, la resistencia del aire no debe ser demasiado alta. El pabellón auditivo es esencial para ayudar a vencer la diferencia de presión en el interior y exterior. El pabellón auditivo funciona como un vínculo intermedio que hace que esta transición sea más suave y menos brutal, permitiendo que penetren mayor cantidad de sonidos en el conducto auditivo (meatus). Ver figura 2.2.

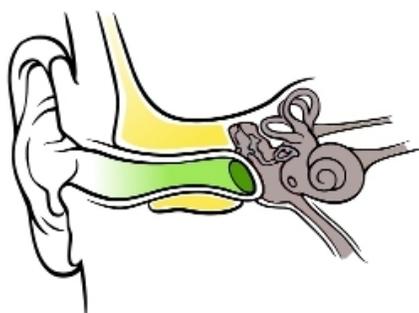


Fig. 2.2 Oído externo.

El tímpano (membrana timpánica), el cual señala el inicio del oído medio, es extremadamente sensible. Para proteger al tímpano, el conducto auditivo se curva ligeramente haciendo más difícil que, por ejemplo, los insectos puedan alcanzarlo. Al mismo tiempo, la cera del oído (cerumen) del conducto auditivo ayuda a mantener fuera del oído las materias no deseadas, como el polvo, la suciedad y los insectos.

El conducto auditivo, además de proteger el tímpano, actúa como un audífono natural que amplifica automáticamente los sonidos bajos y menos penetrantes de la voz humana. De este modo, el oído compensa parte de la debilidad de la voz humana, y hace más fácil oír y comprender una conversación normal.

El tímpano es muy fino, mide aproximadamente de 8 a 10 mm de diámetro y se estira por medio de pequeños músculos. La presión de las ondas sonoras hace que el tímpano vibre. Las vibraciones se transmiten al interior por

medio de tres huesos: martillo, yunque y estribo. Estos tres huesos forman una especie de puente, y el estribo, el último hueso donde llega el sonido, está conectado con la ventana oval; que es una membrana que recubre la entrada a la cóclea en el oído interno. Cuando el tímpano vibra, las ondas sonoras pasan por el martillo y el yunque hacia el estribo y posteriormente hacia la ventana oval. Cuando las ondas sonoras se transmiten desde el tímpano a la ventana oval, el oído medio funciona como un transformador acústico, amplificando las ondas sonoras antes de que lleguen al oído interno. La presión de las ondas sonoras es unas 20 veces mayor en la ventana oval que en el tímpano. La presión se aumenta debido a la diferencia de tamaño entre la superficie relativamente grande del tímpano y la superficie menor de la ventana oval.

La trompa de Eustaquio se encuentra también en el oído medio, ver Fig. 2.3. Conecta el oído con la última parte del paladar. La trompa de Eustaquio iguala la presión del aire a ambos lados del tímpano. El tubo se abre cuando tragamos, igualando la presión del aire en el interior y exterior del oído.

En la mayoría de los casos la presión se iguala automáticamente, pero a veces no ocurre así, y puede ser necesario realizar la operación de tragado de forma enérgica. La acción de tragado forzará a abrirse al tubo que conecta el paladar con el oído, igualando así la presión.

La acumulación de presión en el oído puede darse en situaciones en las que la presión en el interior del tímpano es diferente de la presión en su exterior. Si la presión no se iguala, se acumulará en el tímpano impidiendo que éste vibre adecuadamente. La vibración limitada hará que se reduzca ligeramente la capacidad de audición. Una gran diferencia de presión provocará malestar e incluso un ligero dolor. La acumulación de presión en el oído a menudo se da en situaciones en las que la presión es cambiante, por ejemplo, cuando volamos o conducimos en zonas montañosas.

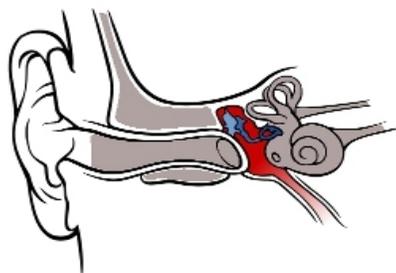


Fig. 2.3 Oído medio.

Una vez que las vibraciones del tímpano se han transmitido a la ventana oval, las ondas sonoras continúan su camino hacia el oído interno, ver Fig. 2.4. Es una intrincada zona de tubos y conductos, conocido como laberinto. En el laberinto puede encontrarse el vestíbulo y la cóclea o caracol, las ondas sonoras se transforman en impulsos eléctricos que se envían al cerebro. El cerebro traduce esos impulsos en sonidos que podemos reconocer y entender.

La cóclea parece la concha de un caracol o una manguera enrollada. La cóclea se encuentra llena de un fluido llamado perilinfa y contiene dos membranas colocadas muy cerca una de la otra. Estas membranas forman una especie de pared de separación en la cóclea. Sin embargo, para que el fluido se mueva libremente en la cóclea de un lado al otro de la pared de separación, la pared dispone de un pequeño orificio (helicotrema). Este orificio es necesario, ya que garantiza que las vibraciones de la ventana oval se transmitan a todo el fluido que se halla en la cóclea. Cuando el fluido se mueve en el interior de la cóclea, miles de microscópicas fibras pilosas que están en el interior de la pared de separación se ponen a su vez en movimiento. Existen aproximadamente 24.000 de estas fibras pilosas, dispuestas en 4 largas filas.

Todas las fibras pilosas están conectadas al nervio auditivo y, dependiendo de la naturaleza de los movimientos en el fluido coclear, se ponen en movimiento diferentes tipos de fibras pilosas.

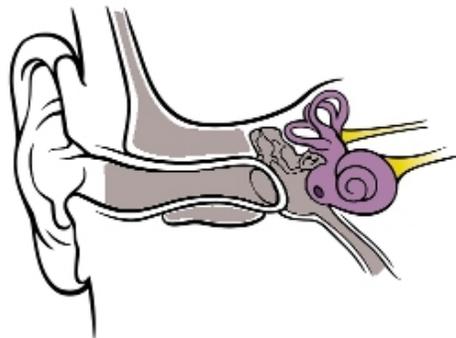


Fig. 2.4 Oído interno

2.4.3 Respuesta de frecuencia y SPL (sound pressure level) constante. Para lograr calidad sonora se requiere que el sistema de audio tenga la misma respuesta de frecuencia y presión sonora en dB en todo el recinto. Aún con productos de calidad se requiere de trabajo posterior a la instalación para que el rendimiento de todos los elementos en conjunto contribuya al cumplimiento del objetivo. La figura 2.5 muestra con colores un recinto con SPL constante.

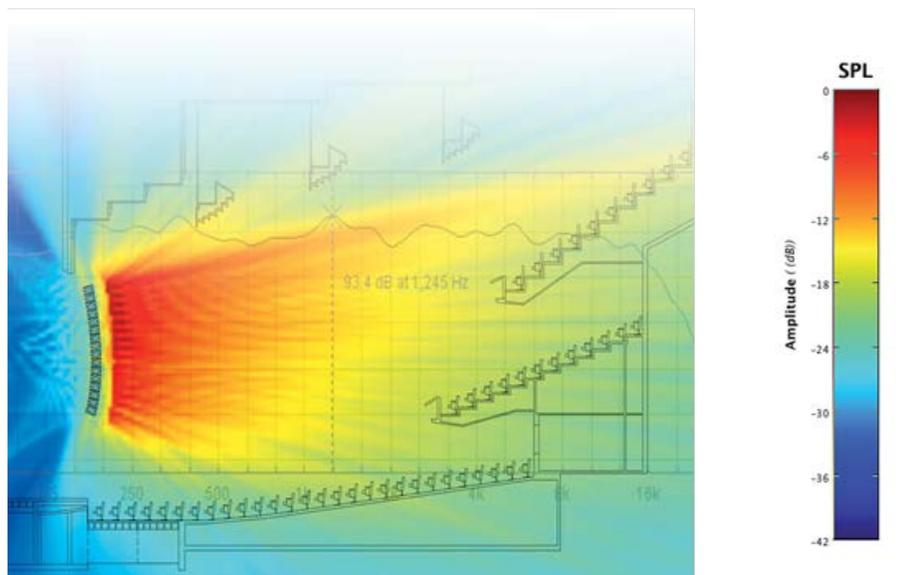


Figura 2.5 Espacio con SPL constante.

La posición de los gabinetes (bocinas) es fundamental, como criterio general se debe evitar en lo posible las reflexiones con los muros, las señales idénticas a diferente tiempo generan filtros de peine que a su vez generan cancelaciones severas y el resultado sonoro estaría lejos del objetivo. Otro criterio general de diseño es el de cobertura, en ocasiones el número de gabinetes está en función de la cobertura y no de la presión sonora, para lograr una respuesta de frecuencia plana y pareja se deben colocar sistemas de relleno en el frente, bajo balcones, parte superior de gradas, etc. Estos sistemas complementarios trabajan con el principal sin que haya interacción destructiva (dos señales idénticas a diferente tiempo).

2.4.4 Alcances. Si dentro del alcance del proyecto se requiere (como en el caso del Teatro de Estado) seleccionar, además de los gabinetes acústicos, el resto de los elementos que componen el audio de un recinto, la selección se lleva a cabo considerando los dos elementos principales en una instala-

ción de audio: señal y potencia. En el primer caso tenemos los transductores de entrada (micrófonos), transmisión y separación de señal análoga, proceso digital (DSP), que incluye conversión análoga-digital y viceversa, para finalmente llegar a la etapa de potencia y los transductores de salida (bocinas). El diagrama de la figura 2.6 ilustra este proceso.

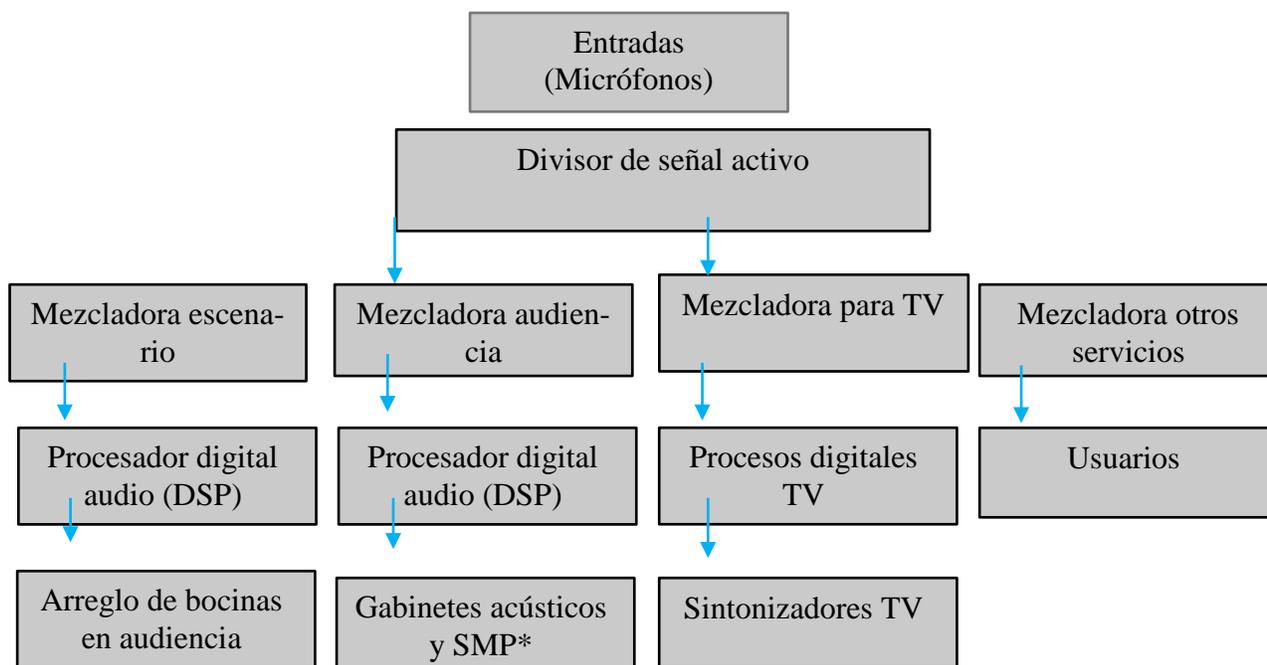


Figura 2.6 Diagrama de bloques sistema de audio.

2.4.5 Metodología. La selección de los micrófonos (transductores electroacústicos) es de acuerdo a su aplicación, se toma en cuanto su patrón polar y su funcionamiento: dinámico o de condensador. El tipo de instrumento musical determina el micrófono que mejor rendimiento proporciona. Se deben buscar alternativas que proporcionen una alta relación beneficio costo.

La mezcladora digital es el elemento neurálgico del sistema de sonorización, recibe señales análogas y las convierte en señales digitales para ser procesadas y darles ruta hacia los diferentes destinos, todo en el mismo aparato. Además pueden guardar información de hasta 500 producciones diferentes o más, la memoria de sus controles deslizables (faders) permiten recuperar su posición haciendo cómodo y práctico el trabajo de mezcla. En la actualidad no hay otra opción, los productos de los diferentes fabricantes son muy completos y hay diferentes costos en el mercado dependiendo del alcance.

La salida de señal de audio de las mezcladoras contiene una gran cantidad de información procesada según las instrucciones del operador. En formato digital o análogo puede alimentar al procesador elegido con capacidad de indicar la ruta de la señal, cambiar la polaridad ( $-180^\circ$ ), retrasarla, ecualizarla, incrementar su amplitud o impedir la salida de señal (mute). Por último la señal digital debe convertirse a análoga para alimentar a los gabinetes que forman la última parte de los eslabones, como el micrófono, se trata de un transductor electro acústico, esta vez en sentido contrario debido a que transforma la corriente eléctrica en vibraciones sonoras.

se proponen siempre bocinas de alto desempeño con servicio y soporte en la ciudad de México. La siguiente etapa del proceso en la metodología de la selección de los elementos se concentra en el número de elementos sonoros necesarios para cumplir con el objetivo de una alta calidad sonora.

Para el sistema principal (audiencia), se usa el método de predicción MAPP diseñado por la empresa proveedora de gabinetes acústicos. Dicho método consiste en el uso de un software de su propiedad (MAPP, revisar apéndice) que predice el comportamiento de un arreglo de bocinas en un recinto específico tomando en cuenta las características individuales de cada elemento. La aplicación solicita las dimensiones del recinto, lo ideal es contar con dibujos con la extensión .dwg en plantas y secciones, dichos datos son exportados a la aplicación y en este punto empieza una rutina que consiste en colocar un determinado número de gabinetes para ir visualizando el resultado de forma gráfica y con un paleta de colores (como la mostrada en la figura 2.5) que muestra el nivel de intensidad sonora y la cobertura vertical en la sección. El proceso termina cuando se observa una misma distribución de la presión sonora en todo el recinto, con todas las áreas del mismo color cubiertas. Al final un trabajo de apreciación, como muchos aspectos relativos al sonido y contenidos musicales.

La aplicación entrega, como resultado, los gráficos y tablas que permiten: ubicar físicamente la posición de los arreglos, conocer las dispersiones horizontal y vertical, pesos totales de los arreglos suspendidos y mediciones virtuales (VIRTUAL SIM, revisar fichas técnicas complementarias) que informan del comportamiento de los sistemas principal y de relleno.

Posteriormente, ya en campo, se miden los sistemas con herramientas propiedad del fabricante (SIM 3, revisar fichas técnicas complementarias) y confirmar que la predicción es correcta, en el mismo proceso se realiza el alineamiento y puesta en marcha.

2.4.6 Alineamiento de sistemas. El concepto de alineamiento se refiere al método mediante el cual se dejan los sistemas alineados en tiempo y con una respuesta de frecuencia plana. Esto significa llevar a cabo una serie de procedimientos para obtener calidad sonora, SIM 3 es el nombre del hardware, se coloca un micrófono de medición y el sistema, lleva a cabo una serie de algoritmos basados en la transformada de Fourier, la aplicación es capaz de comparar la señal de referencia (fuente) con lo que mide el micrófono de medición y establece las diferencias (correcciones). Se alinea un lado del sistema principal, después el otro lado. Es productivo comparar los resultados, si estos son muy diferentes seguramente uno o varios gabinetes no están operando correctamente o algún componente tiene la polaridad invertida, con otra aplicación (RMS Server, revisar apéndices) se puede "monitorear" el estado de los componentes del sistema de bocinas.

Después se alinean los sub graves para integrar los resultados a los del sistema principal: L (left), R (right). Este conjunto ya puede trabajar como un sistema completo, pero habrá zonas (aquellos espacios que han quedado fuera de cobertura) en la que los sistemas de relleno deban cumplir su función y habrá que alinearlos por separado. Al final, todos los sistemas deben funcionar en tiempo y con la misma respuesta de frecuencia.

Normalmente, un sistema bien alineado representa una poderosa herramienta para el técnico de mezcla, independientemente de la apreciación e interpretación de éste, el sistema será capaz de entregar un SPL constante y sin picos.

2.4.7 Puesta en marcha. La instalación es la materialización del diseño. Una vez instalados los sistemas se prueban por separado, el trabajo se puede dividir en sala (audiencia) y escenario (artistas), aunque al final ambos operan al mismo tiempo y con las mismas entradas, sus salidas son diferentes. En principio se puede usar una señal de prueba que contenga la misma cantidad de energía entre las frecuencias de 20 HZ a 20K Hz, conocido también como ruido rosa, de esta forma se logra probar cada uno de los componentes de los gabinetes o bocinas de los sistemas principal y de relleno.

Es útil nuevamente usar la herramienta denominada RMS o sistema de monitoreo remoto que reporta el status general de cada componente de los gabinetes, mismo que se visualiza en una interface gráfica.

Los "inputs" o fuentes sonoras que alimentarán al sistema general son revisados a detalle, se trata de los micrófonos y otras entradas con contenidos musicales previamente grabados: CD's, DVD's, BLU RAY's, dispositivos portátiles, etc. En esta etapa se hace una programación de usos generales en las consolas digitales para que el usuario final pueda empezar a opera

## CAPITULO: 3

### 3 PARTICIPACIÓN EN LA EMPRESA (PROYECTO)

3.1 Objetivo. El objetivo del presente trabajo es seleccionar, de acuerdo a valores y criterios adquiridos durante la formación académica y experiencia profesional, aquellos equipos de audio que permitan al Teatro del Estado de Xalapa, operar con alta calidad sonora de acuerdo a estándares internacionales, cubriendo las necesidades técnicas que en la actualidad se exigen; se deben proponer equipos de alto rendimiento y actuales, ya que al dotar al teatro de éstos se garantizaría su operación a un nivel óptimo durante los próximo 8 años, sin requerir de apoyos adicionales externos.

Una vez hecha la selección es importante ofrecer valores agregados que rebasen las expectativas del cliente, apoyándonos en los fabricantes, se trasladada la garantía de los productos, se ofrece servicio expedito en la República Mexicana, en LA CDMX y centros de servicio en el interior.

3.2 Antecedentes. El Teatro de la Llave en Xalapa, Veracruz, también es conocido como Teatro del Estado. Está ubicado en la calle: Ávila Camacho, Esq. Ignacio De La Llave Col. Centro, Xalapa, VER 08400. Desde su construcción es el recinto que ofrece el mayor número de presentaciones en el año, destacando conciertos de la sinfónica de la Universidad Veracruzana, espectáculos de danza regional y contemporánea, orquesta sinfónica de casa e invitadas, así como diversos espectáculos de producciones de otros estados de la república. Su infraestructura data de finales de los años 70 y un grupo de inversionistas se ha planteado reestructurarlo comenzando con el equipo de Audio.

3.3 Alcances del proyecto. Entregar a la dirección del teatro un proyecto de remodelación del equipo de audio general. El equipo actual cuenta con más de cuarenta años y los adelantos y recursos actuales darán al teatro los elementos técnicos para cumplir con la mayoría de las exigencias de audio solicitadas por las diferentes producciones.

3.4 Descripción General. Tal y como se ha comentado, el presente no es un trabajo de diseño, sino de selección de elementos para su remodelación. El diseño ha sido encargado a la compañía proveedora de bocinas: Meyer Sound Labs, quienes usando su sistema de predicción MAPP descrito en el apéndice B, determinan el número de cajas acústicas que deben emplearse para tener una cobertura homogénea en toda la sala: misma presión sonora en todos los puntos de la misma conservando las repuesta de frecuencia en todos ellos.

3.5 Normatividad. El equipo, materiales y accesorios de instalación cumplen con los requisitos de los siguientes códigos y reglamentos aplicables, incluyendo las últimas revisiones de los siguientes organismos:

Norma Oficial Mexicana (NOM-001-SEDE-2005)  
National Electrical Manufacturers Association (NEMA)  
American National Standard Institute (ANSI)  
Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)

Los criterios de diseño, planos, disposiciones y especificaciones de carácter técnico deben satisfacer las instalaciones destinadas a la utilización de los sistemas eléctricos y de audio para ofrecer condiciones adecuadas de seguridad para las personas y sus propiedades, el cumplimiento de las disposiciones indicadas en las normas garantizará el uso de las instalaciones en forma segura.

### 3.6 Desarrollo y Metodología

3.6.1 Inspección inicial. Se hizo una inspección inicial en el sitio donde se encuentran las instalaciones actuales para determinar los elementos que deberán ser remplazados. Se determinó el remplazo de la totalidad de los mismos por encontrarlos obsoletos y operando con deficiencias, además de usar tecnologías muy antiguas.

3.6.2 Levantamiento. Se realizó un levantamiento del espacio en general, además de los equipos de audio, para determinar las condiciones en las que se encuentran el resto de las instalaciones, así como para tomar medidas del teatro, y se resolvió que el recinto puede alojar los nuevos equipos con sus accesorios.

3.6.3 Sistemas Convencionales. Cuando se agrupa más de una bocina para incrementar la presión sonora o su cobertura, se tiene un arreglo. Si el arreglo hace coincidir sus cajas de forma tal que todas ellas tengan un punto común en su parte posterior, se denomina arreglo con punto de origen. Arreglos de este tipo funcionan bien en espacios donde se requiere gran cobertura horizontal. Es por ello que podemos colocar otro renglón arriba e incluso abajo para lograr coberturas verticales adecuadas. Sus componentes suelen ser conos y unidades de compresión conocidos como "drivers" amplificados de forma externa o interna. Su geometría es la de una caja trapezoidal en cuyo interior hay material aislante como fibra de vidrio, en su exterior se aprecia normalmente un acabado rugoso resistente al trato propio de equipos móviles, por lo que además se les encuentra con manijas e incluso ruedas para los elementos más pesados como los sub graves.

En la actualidad son muy demandados los arreglos lineales (ver siguiente sección); pero no en todos los casos aplican. Un sistema convencional resuelve de manera satisfactoria muchas aplicaciones incluyendo rellenos o refuerzos para lineales. Todas las marcas de calidad incluyen herrajes y aparejos para ser colgados y ser orientados en los ángulos verticales y/o horizontales requeridos para cumplir con el requisito de cobertura total del recinto.

3.6.4 Arreglos lineales. Un arreglo lineal es un grupo de bocinas con la misma respuesta de frecuencia y fase colocadas estrechamente separadas formando una línea, reproduciendo el mismo segmento del espectro sonoro.

Estos arreglos son usados para proyectar el sonido a grandes distancias, ya que logran una cobertura vertical muy direccional.

El arreglo lineal usa el principio de interacción constructiva y destructiva, esto es: cuando se colocan un par de bocinas idénticas una arriba de la otra, y se les suministra la misma señal a ambas, se aprecia en el eje una ganancia de 6 dB con respecto al nivel de una sola unidad. Por el contrario, en las zonas fuera del eje encontraremos cancelaciones importantes que hacen que el nivel sonoro sea mucho menor; a esta interferencia destructiva se le conoce con el nombre de "combing", usualmente es indeseable, pero en el caso de los sistemas lineales es necesario ya que concentra la energía en el frente y cancela parte importante de la misma a los lados logrando direccionalidad, es por ello que se afirma que sin combing no habrá direccionalidad. De manera que un arreglo lineal es una línea de "woofers" cuidadosamente espaciados de manera que ocurra entre ellos interferencia constructiva sobre el eje del arreglo y la interferencia destructiva (combing) es dirigida hacia los lados. De esta forma se logra el control direccional necesario para proyectar el sonido a largas distancias al frente y evitar su propagación en otras direcciones, como la parte posterior del arreglo.

A continuación una explicación del comportamiento al reducir espacio entre fuentes dentro un arreglo lineal.

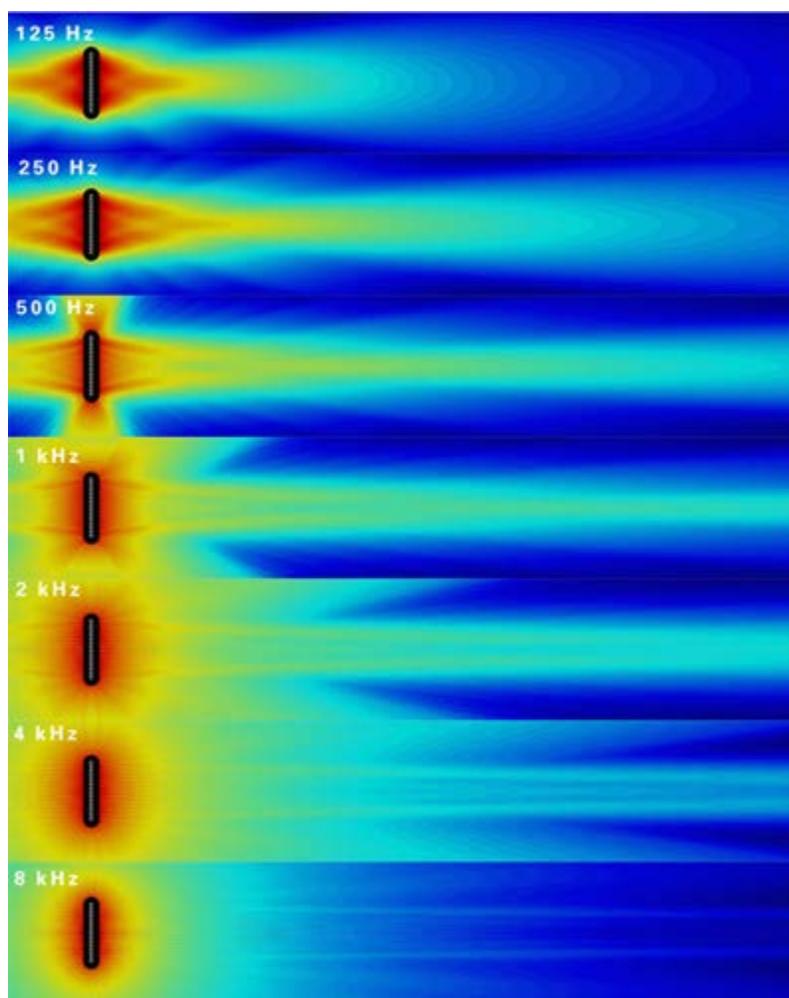


Figura 3.1. Arreglo de 8 m con 16 fuentes omnidireccional a cada 0.5m.

La figura 3.1 muestra un arreglo de 8m(altura) formado por 16 fuentes omnidireccionales espaciadas 0.5m, el comportamiento es altamente direccional hasta 500 Hz. En frecuencias superiores a esta se altera la direccionalidad y aparecen fuertes lóbulos verticales en 500 HZ.

La figura 3.2 muestra un arreglo de 8 metros de longitud (altura) formado por 32 fuentes omnidireccionales espaciadas 0.25m. Nótese que este arreglo mantiene sus características direcciones hasta 1000Hz, donde fuertes lóbulos verticales aparecen.

De ambas gráficas se aprecia que para bajas frecuencias el arreglo lineal puede ser muy eficiente, sin embargo para altas frecuencias se requiere de

elementos espaciados progresivamente más cerca lo cual físicamente llegará un punto donde sea imposible lograrlo, es por ello que se requieren guías de onda o difusores que permiten proyectar el sonido a largas distancias.

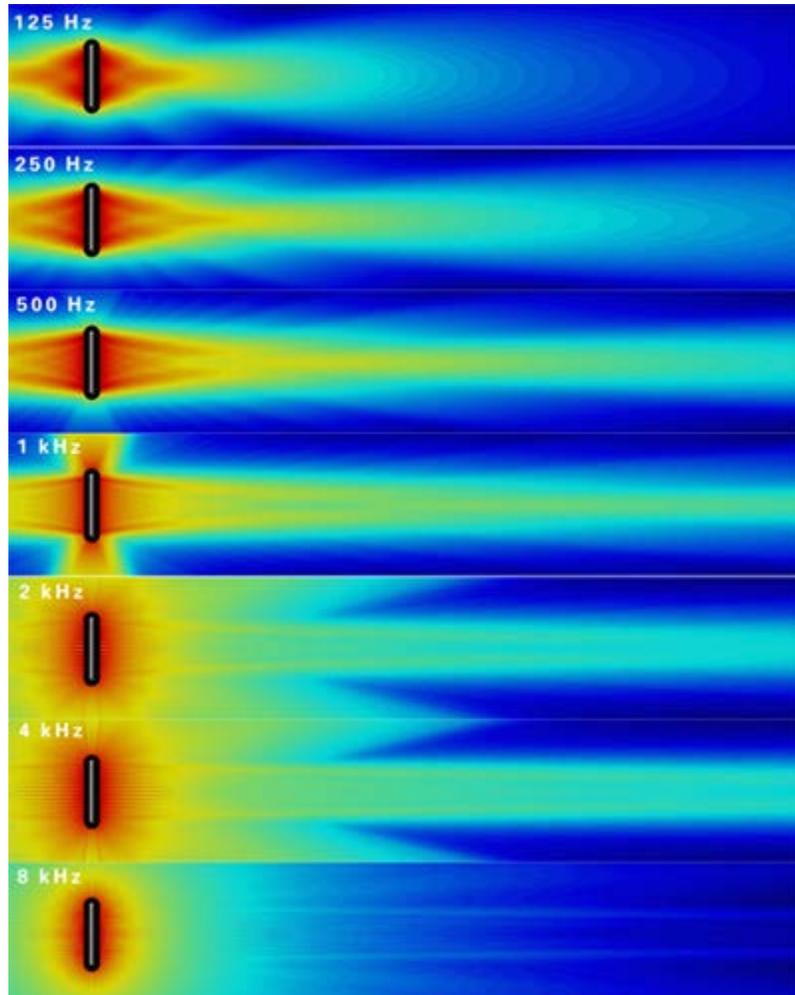


Figura 3. 2. Arreglo de 8 m con 32 fuentes omnidireccionales espaciadas 0.25m.

Los fabricantes deben diseñar los arreglos lineales en base a la restricción anterior, un ejercicio puede ilustrar hasta que punto se logra control direccional:

Una regla empírica pero útil dice que para que haya control direccional la mitad de la longitud de onda a estudiarse no debe ser mayor a la altura del arreglo.

Elegimos una frecuencia de estudio: 400 HZ, y consideramos como altura la de una bocina de 15" dentro de una caja y el correspondiente ancho de madera, la altura total de la caja + bocina es aproximadamente 0.45m

Calculando la longitud de onda de 400Hz.

$$\lambda = v/f = 340/400 = 0.85\text{m}$$

Donde:

v= Velocidad del Sonido promedio en m/s

f=frecuencia en Hz

$$\lambda/2 = 0.425\text{m} < 0.45\text{m}$$

Del ejercicio anterior se deduce que la caja en estudio será capaz de tener control direcciones hasta 400 HZ, en adelante la directividad se verá comprometida, La geometría es primordial en el diseño de arreglos lineales.

A frecuencias mayores la longitud de onda se reduce, con lo que esta misma caja debe contener conos de menor dimensión para reproducir de manera controlada las frecuencias altas, es por ello que para el caso de los agudos se usan guías de onda o difusores en lugar del principio de interferencia constructiva ya que para lograrlo la teoría dice que se tendrían que colocar cientos de pequeñas bocinas muy cerca una de la otra y físicamente será imposible.

Los difusores deben dirigir el sonido en un patrón de cobertura específico de manera que en un arreglo lineal bien diseñado, este patrón debe igualar con precisión las características de direccionalidad de las bajas frecuencias del arreglo: una cobertura vertical muy estrecha y una horizontal amplia: alrededor de 10° de cobertura vertical por 90° de cobertura horizontal.

Los arreglos lineales son usados en estadios e iglesias hace más de 70 años, con lo que se obtenía cierto tiro largo, pero su inteligibilidad no era buena ya que arriba de 1KHZ ya no había control direccional.

3.6.5 Arreglos lineales colgados (rigging). Término empleado para describir la acción de colgar, suspender, aparejar. La mejor manera de colocar un arreglo lineal es colgado o suspendido ya que el número de elementos es fácilmente acomodado uno bajo el otro, ¿Cuántos?, lo que el diseño determine. Existen otras dos razones por las que se prefiere colgar los arreglos lineales. La primera razón es que formando una estiba o "stack" existe la limitante del peso, ya que al curvar el arreglo el centro de masa se desplaza y se compromete la estabilidad del mismo. La segunda razón es la estética: un equipo "estaqueado" a pie de escenario tiende a obstruir visibilidad de la audiencia.

A continuación se presentan los detalles del sistema y los resultados obtenidos de la aplicación MAAP, en este caso obtenidos por el fabricante en acuerdo con el cliente, el resumen de elementos obtenidos junto con los propuestos en el apartado 3.7 forman parte del paquete general de información para entregarse al cliente.

3.6.6 Detalles del Sistema de audiencia. A continuación veremos una serie de gráficas que muestran la ubicación de los elementos en el espacio físico del teatro, para cada zona de cobertura y tipo de gabinete (bocina) y posteriormente una serie de gráficas arrojadas por MAPP que muestran la predicción a diferentes frecuencias.

Cabe señalar que ya se ha estimado el número de gabinetes y estas gráficas forman parte de un resumen del trabajo con la aplicación, que nombra de manera genérica al espacio físico donde se alojarán las bocinas "Sound Field" y es un plano X-Y.

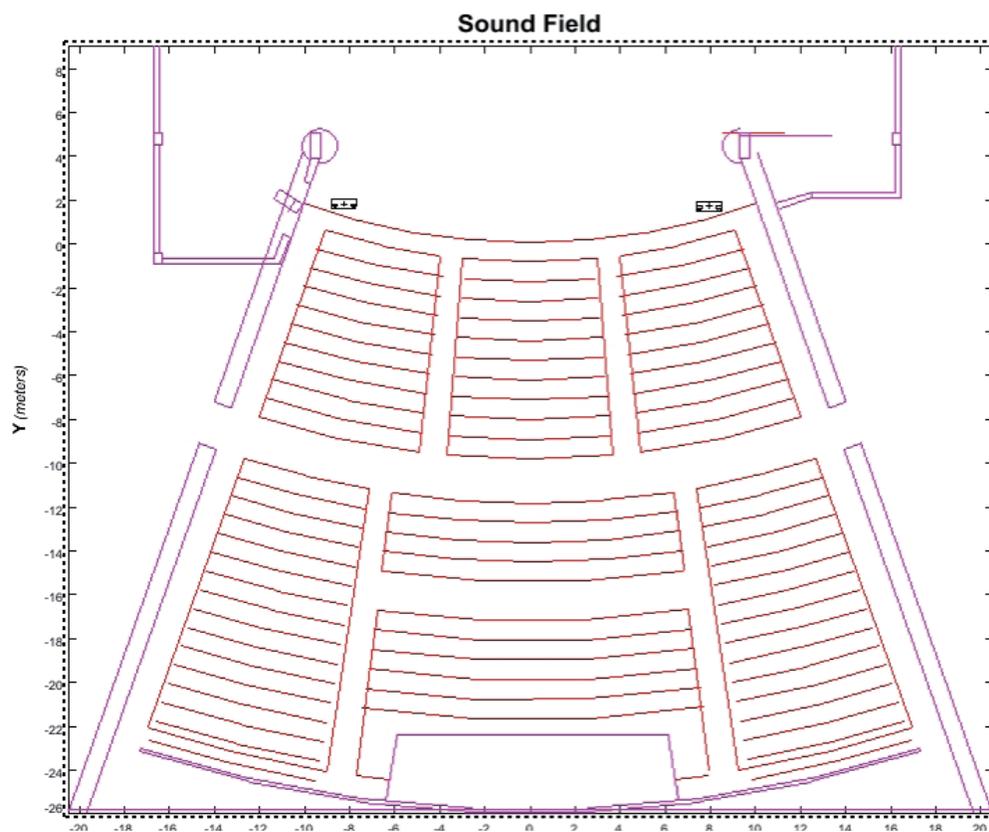


Fig. 3.3 Posición en planta. Sistema Principal, MICA´s

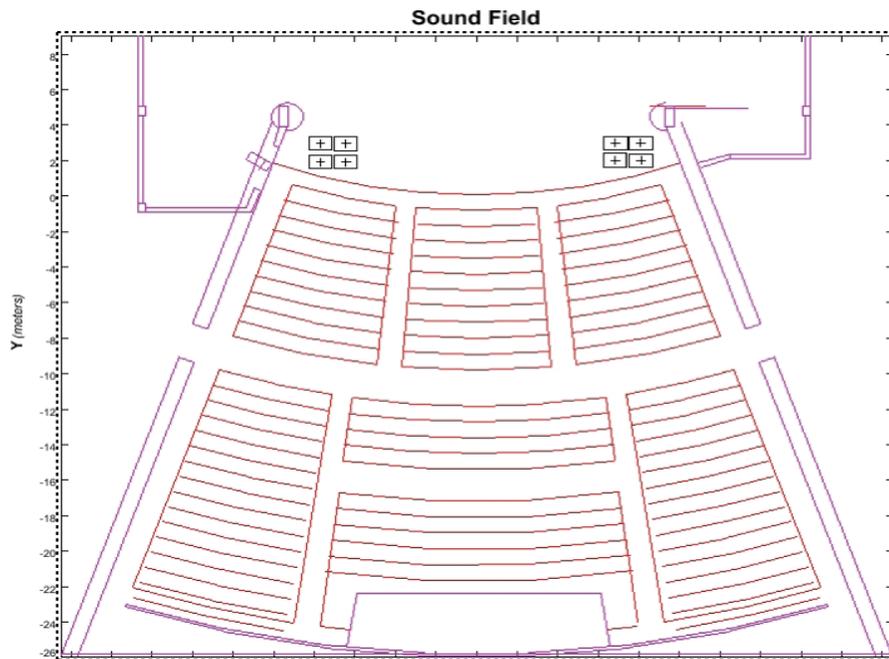


Fig. 3.4 Posición en planta. Sistema de baja frecuencia, 700 HP.

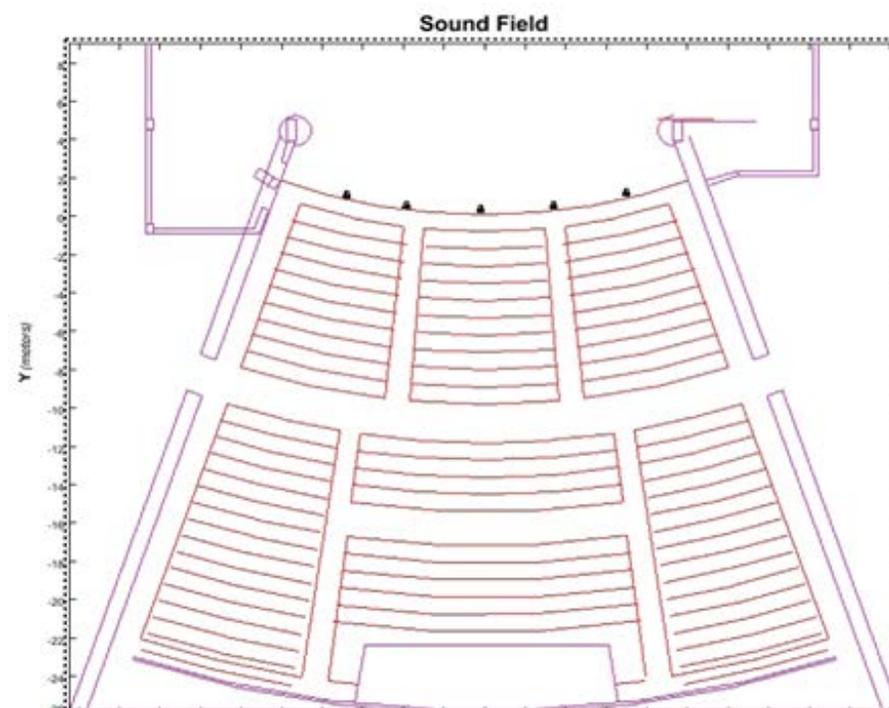


Fig. 3.5 Posición en planta. Sistema Frontal, UPA-1P.

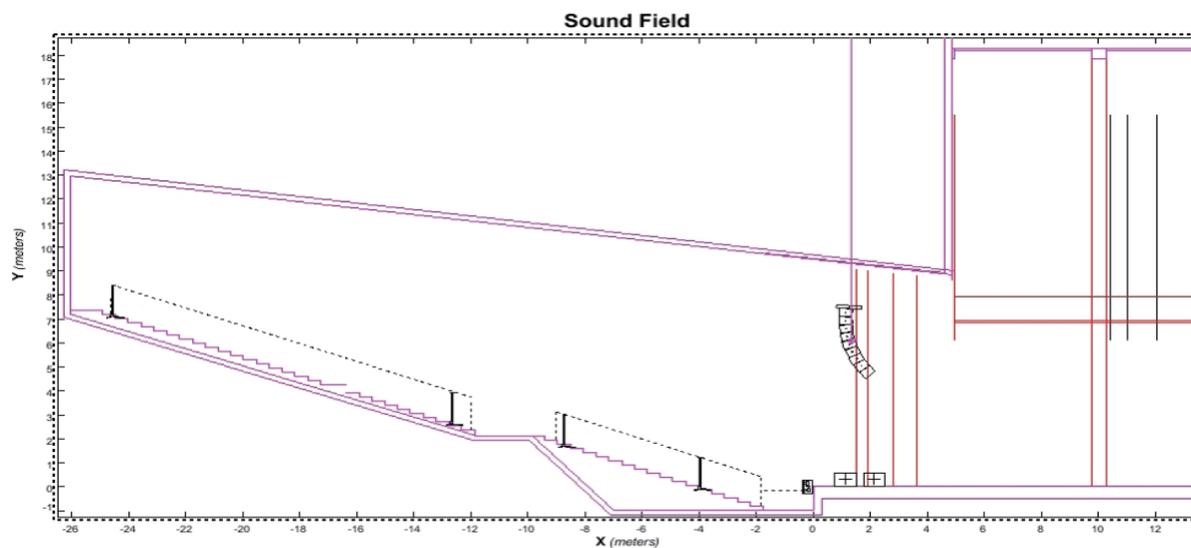


Fig. 3.6 Posición en sección. Sistema principal, Frontal y Baja frecuencia.

Cobertura Horizontal: Sistema Principal Mica:

La siguiente gráfica muestra la interacción entre altavoces en un plano horizontal en la frecuencia 8KHz.

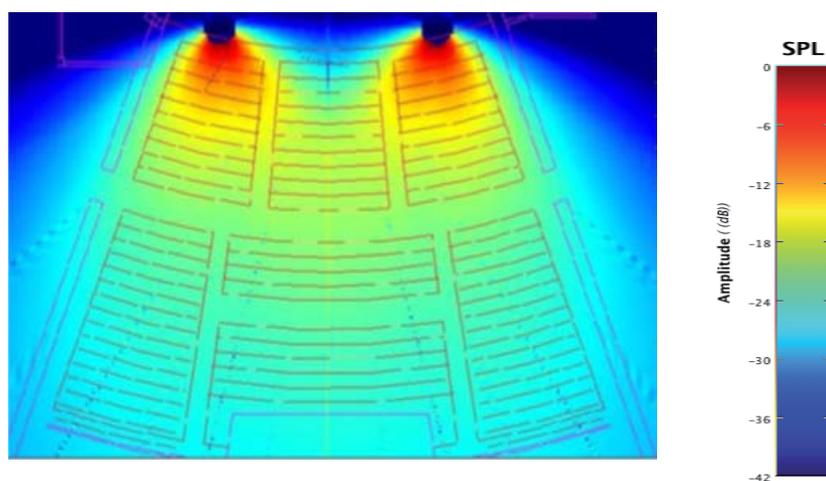


Fig. 3.7 Cobertura horizontal sistema principal a 8 KHz

### Cobertura Horizontal: Sistema Principal Mica:

La siguiente gráfica muestra la interacción entre altavoces en un plano horizontal en la frecuencia de 4KHZ.

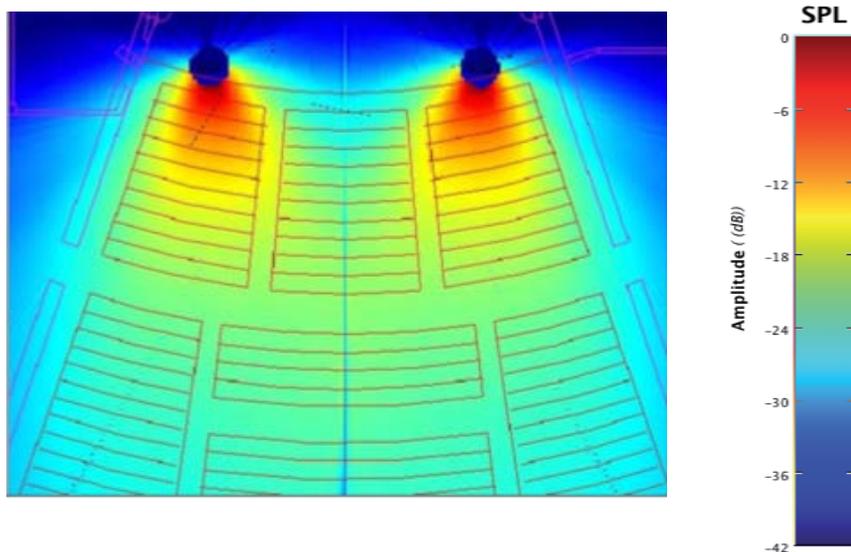


Fig. 3.8 Cobertura horizontal sistema principal a 4 KHz.

### Cobertura Horizontal: Sistema Frontal. UPA-1P

Esta gráfica muestra la interacción entre los altavoces en un plano horizontal a una frecuencia central de 8 KHz.

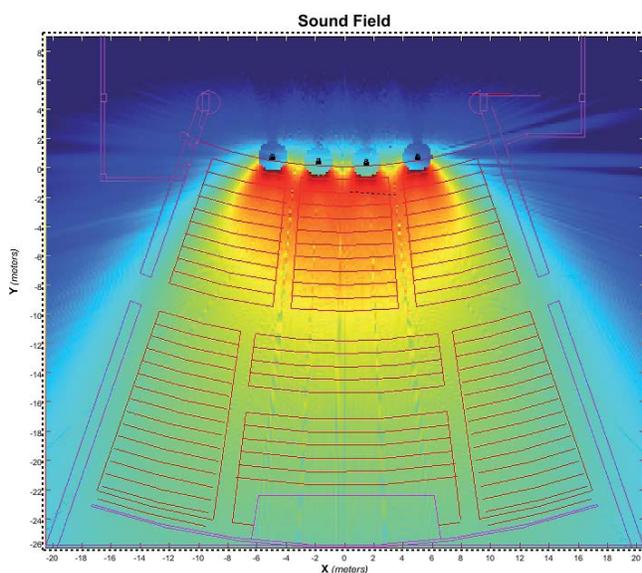


Fig. 3.9 Cobertura horizontal sistema frontal a 8 KHz.

Cobertura Horizontal: Sistema Frontal. UPA-1P

Esta gráfica muestra la interacción entre los altavoces en un plano horizontal a una frecuencia central de 4 KHz.

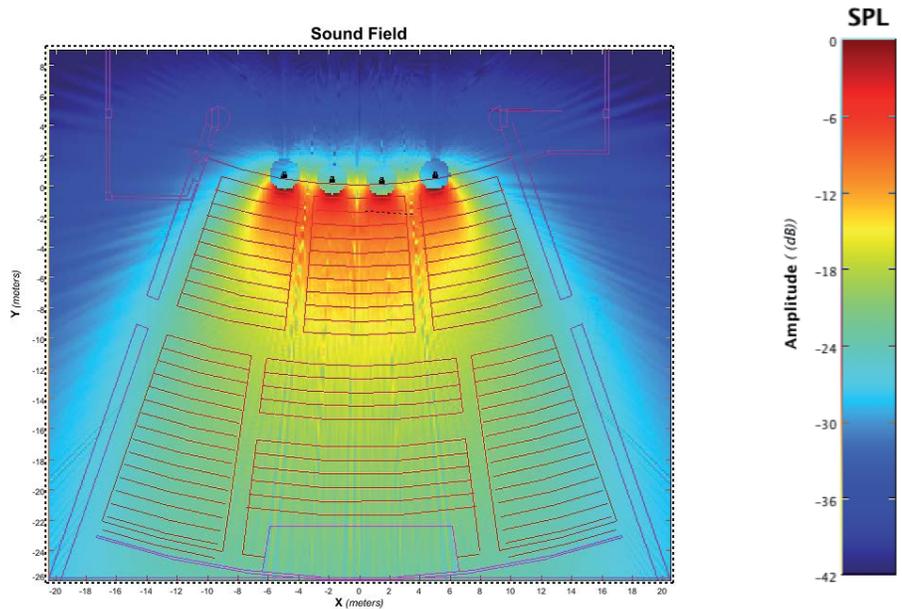


Fig. 3.10 Cobertura horizontal sistema frontal a 4KHz.

Cobertura Horizontal: Sistema de Baja Frecuencia. 700-HP

Esta gráfica muestra la interacción entre los altavoces en un plano horizontal a una frecuencia central de 80 Hz

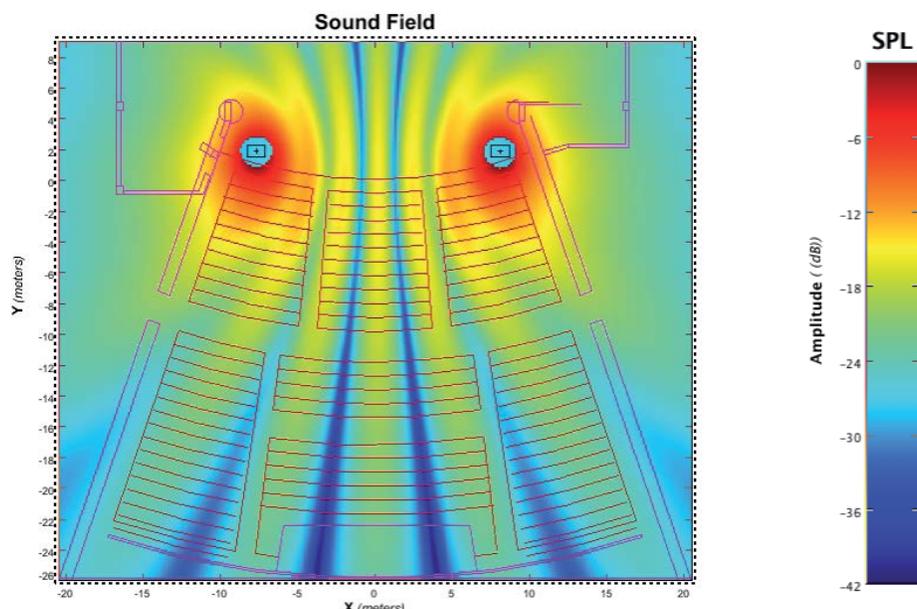


Fig. 3.11 Cobertura horizontal Sistema de Baja Frecuencia a 80 Hz.

Esta gráfica muestra la interacción entre los altavoces en un plano horizontal a una frecuencia central de 63 Hz

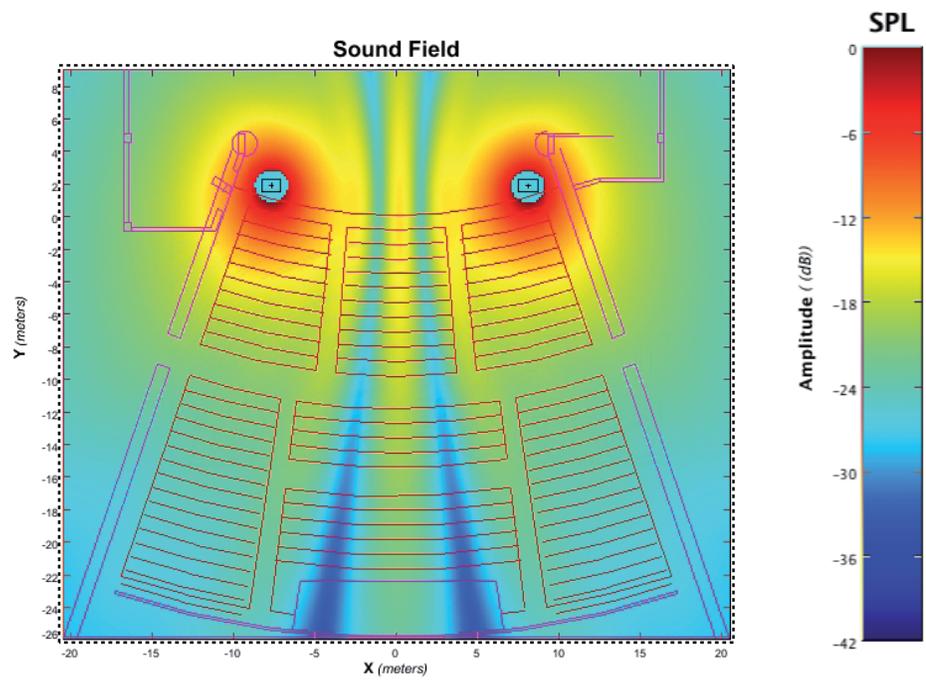


Fig. 3.12 Cobertura horizontal Sistema de Baja Frecuencia a 80 Hz. Cobertura Vertical. Sistema Principal. Micas

Esta gráfica muestra la interacción entre los altavoces en un plano vertical a una frecuencia de 4 KHz. Diversos micrófonos han sido colocados en el campo sonoro con el fin de obtener la respuesta en frecuencia en cada uno de los puntos por medio del SIM Virtual.

## Sistema Principal a 4 kHz.

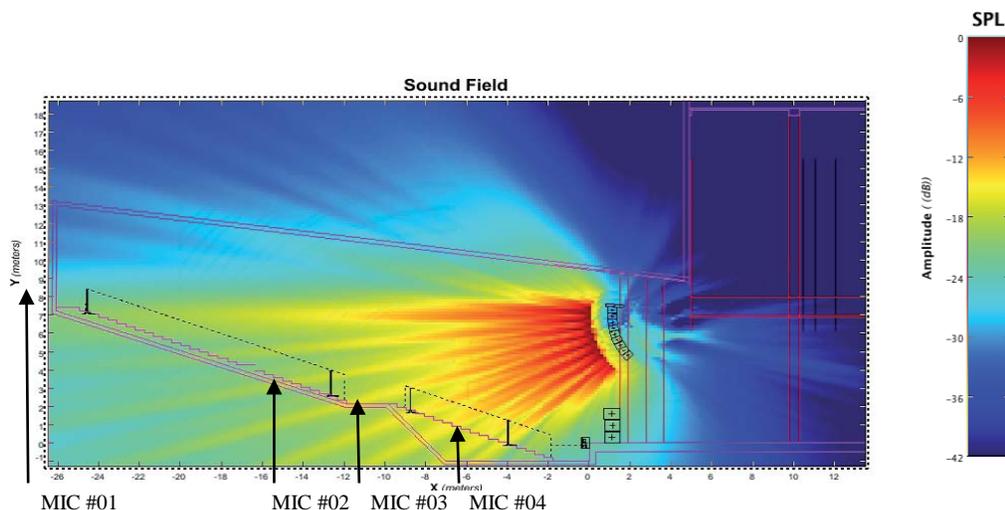


Fig. 3.13 Cobertura vertical sistema principal.

A Continuación se muestran las gráficas con los resultados de los cuatro micrófonos de medición colocados virtualmente (VIRTUAL SIM), cabe destacar que a partir del micrófono 2 hasta el 4 se aprecia una caída de intensidad entre 1000 KHz y 4000 KHz debido a la pérdida por distancia.

Como parte del proceso de análisis de datos se puede tomar la decisión de atenuar las tres primeras cajas (contadas de abajo hacia arriba), buscando mejorar la distribución de SPL en el recinto.

También se observa claramente que no hay intensidad sonora en frecuencias debajo de 80 Hz, debido a que estamos analizando bocinas que trabajan de esa zona en adelante, dejando que las bocinas de frecuencias bajas (sub woofers) hagan el trabajo en la zona de 20 a 80 Hz.

Las condiciones de humedad, presión atmosférica y humedad relativa están descritas en el cuadro bajo la figura correspondiente.

Respuesta en Frecuencia Cobertura Vertical. Sistema Principal

Las gráficas de respuesta en frecuencia fueron generadas por medio del SIM Virtual obtenidas de los diversos puntos de micrófonos que se colocaron en el plano sin procesamiento de señal aplicado y con una resolución de 1/3 de octava.

MIC #01

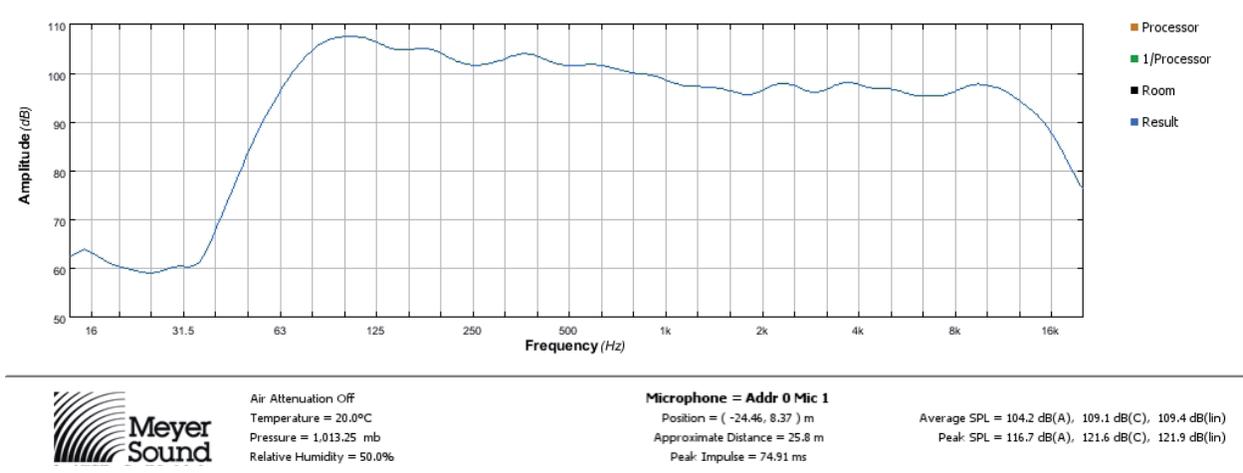


Fig. 3.14 Respuesta de frecuencia Micrófono 1.

MIC #02

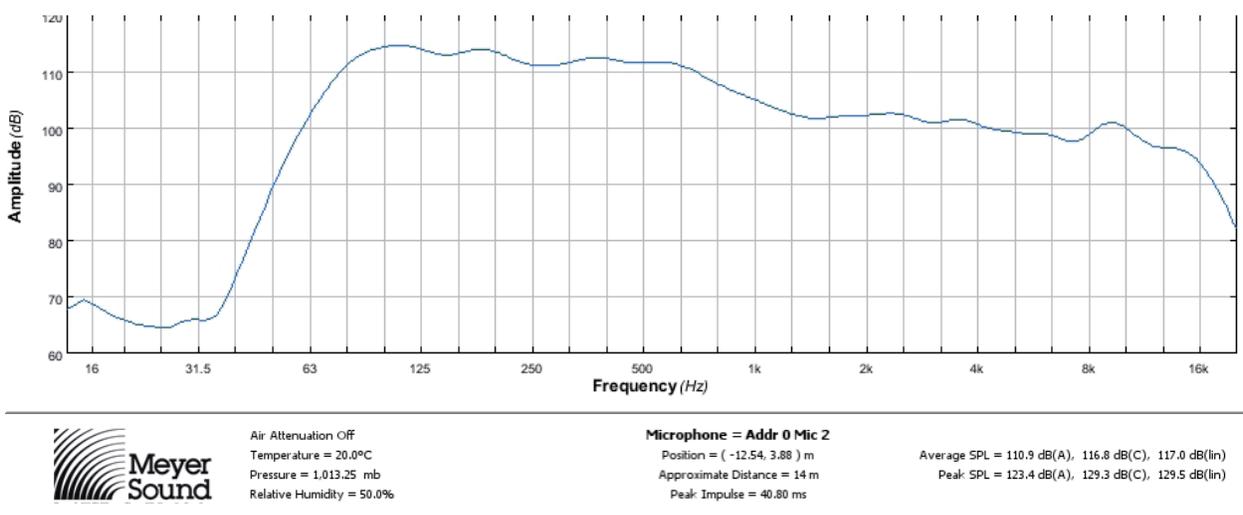
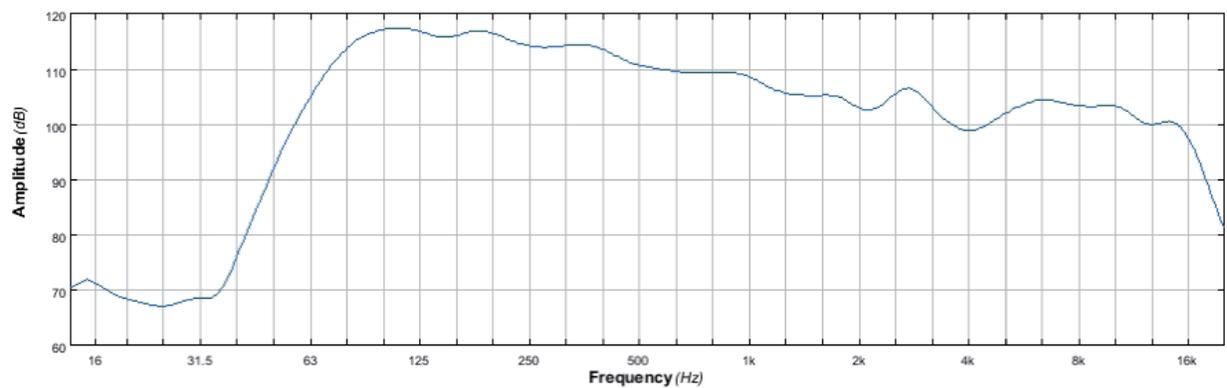


Fig. 3.15 Respuesta de frecuencia Micrófono 2.

### MIC #03



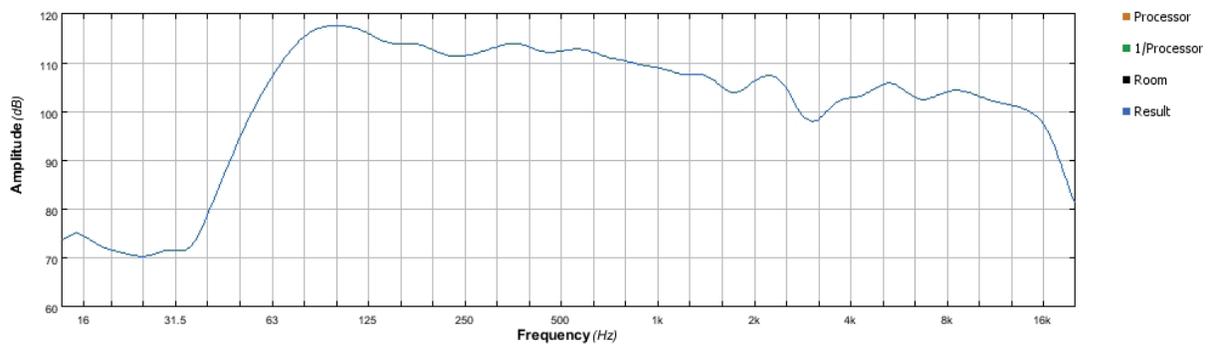
 Air Attenuation Off  
Temperature = 20.0°C  
Pressure = 1,013.25 mb  
Relative Humidity = 50.0%

**Microphone = Addr 0 Mic 3**  
Position = ( -8.63, 2.96 ) m  
Approximate Distance = 10.4 m  
Peak Impulse = 30.26 ms

Average SPL = 112.9 dB(A), 119.2 dB(C), 119.4 dB(lin)  
Peak SPL = 125.4 dB(A), 131.7 dB(C), 131.9 dB(lin)

Fig. 3.16 Respuesta de frecuencia Micrófono 3.

### MIC #04



 Air Attenuation Off  
Temperature = 20.0°C  
Pressure = 1,013.25 mb  
Relative Humidity = 50.0%

**Microphone = Addr 0 Mic 4**  
Position = ( -3.85, 1.17 ) m  
Approximate Distance = 6.7 m  
Peak Impulse = 19.59 ms

Average SPL = 113.5 dB(A), 118.8 dB(C), 119.1 dB(lin)  
Peak SPL = 126.0 dB(A), 131.3 dB(C), 131.6 dB(lin)

Fig. 3.17 Respuesta de frecuencia Micrófono 4.

Cobertura Vertical. Sistema Frontal. UPA-1P.

Esta gráfica muestra la interacción entre los altavoces en un plano vertical a una frecuencia de 4 KHz. Solo se ha colocado el micrófono 4 que es el único que puede dar información en ese punto.

### Sistema Frontal a 4 kHz

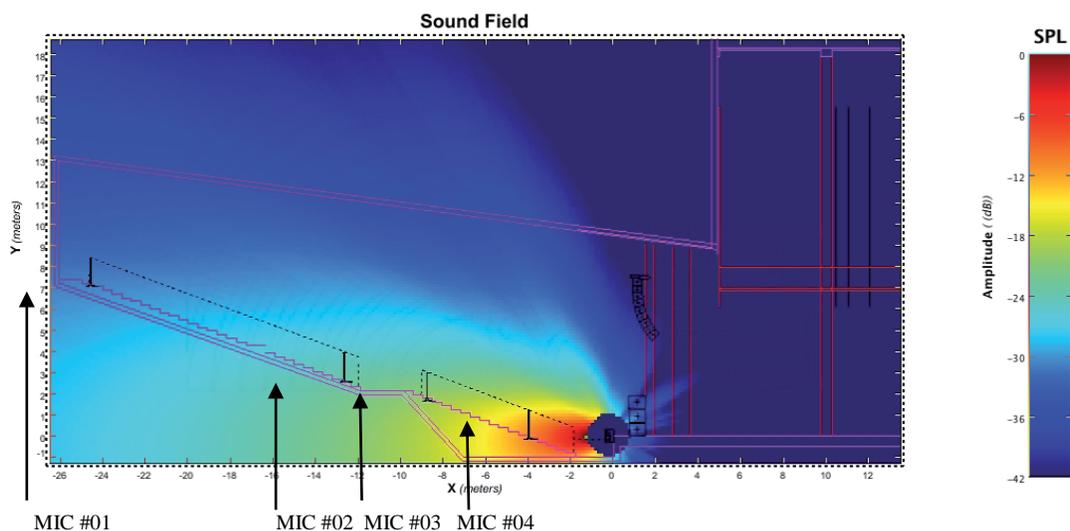


Fig. 3.18 Cobertura vertical altavoces frontales.

Respuesta en Frecuencia Cobertura Vertical. Sistema Frontal

La gráfica de respuesta en frecuencia fueron generadas por medio del SIM Virtual se obtuvo del de micrófono 4. La resolución aplicada para esta medición es de de 1/3 de octava.

Mic # 4

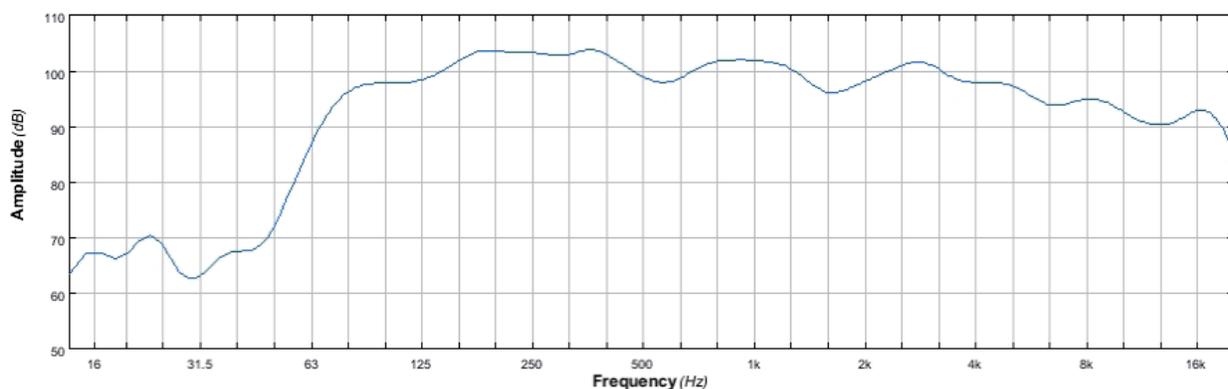


Fig. 3.19 Respuesta de frecuencia relleno frontal (solo se mide con Mic # 4).

Estas gráficas muestran el campo Sonoro centrado en una frecuencia de 63 kHz con el fin de mostrar la cobertura vertical. Un micrófono ha sido colocado en el campo sonoro con el fin de obtener la respuesta en frecuencia en el punto por medio del SIM Virtual.

### Sistema de Baja Frecuencia a 63 Hz

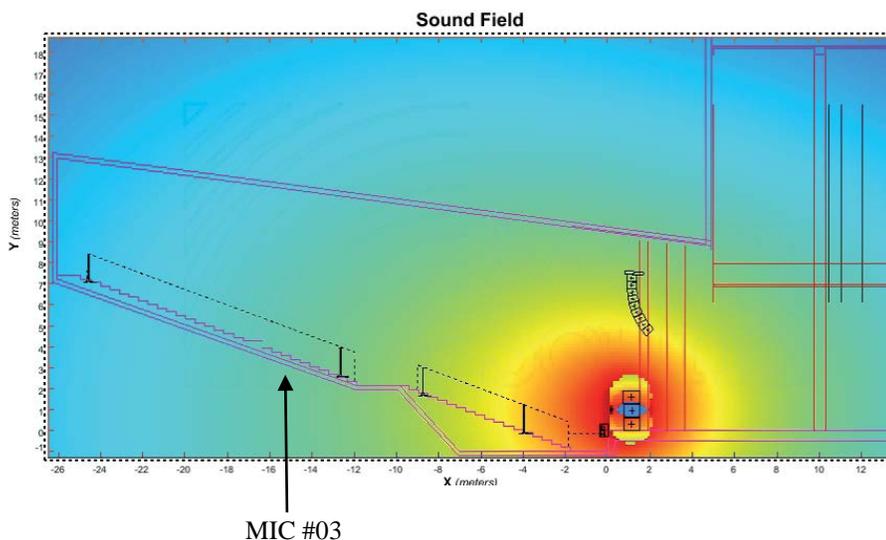


Fig. 3.20 Cobertura vertical bajas frecuencias (solo se mide con Mic # 3).

Respuesta en Frecuencia cobertura vertical. Sistema Baja Frecuencia  
La gráfica de respuesta en frecuencia fue generada por medio del SIM Virtual obtenida del punto medio del teatro aproximadamente y que corresponde con micrófono 3.

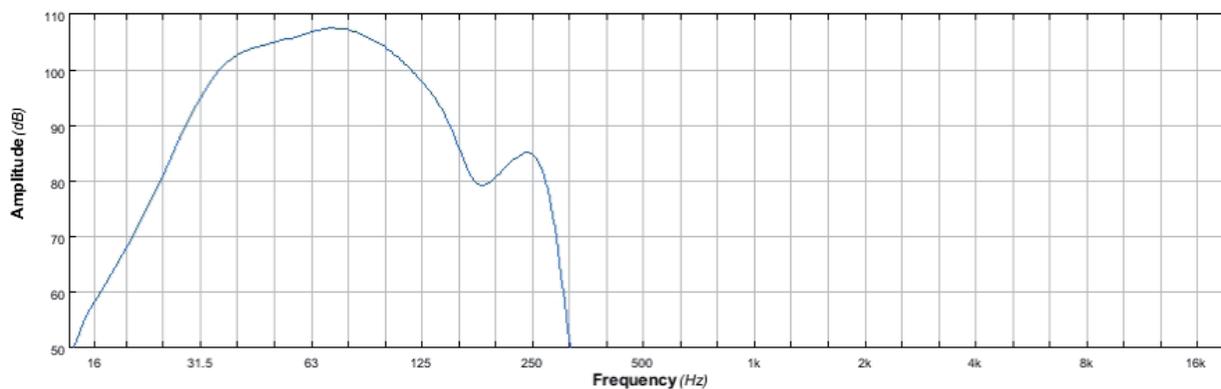


Fig. 3.21 Cobertura vertical bajas frecuencias (solo se mide con Mic # 3).

A continuación se presenta un resumen de los gabinetes acústicos seleccionados para el recinto en la zona de la audiencia (sala)

Resumen

<b>Zona de cobertura</b>	<b>Modelo</b>
Sistema Principal Parte Alta	Mica
Sistema Frontal	UPA-1P
Sistema de Baja Frecuencia	700-HP

**Listado de Equipo Meyer Sound** Cantidad

Mica Altavoz de Arreglo Curvilíneo Compacto de Alta Potencia 18	
MG-Mica Herraje de colgado	2
UPA-1P Altavoz Compacto de cobertura amplia	5
700-HP Subwoofer de Ultra Alta Potencia	8
Galileo 616 Sistema de Control Digital de Sistemas de Altavoces	1
RMS Sistema de Monitoreo.	1

Datos del arreglo principal.

Datos del "frame" o cabezal

Angulo del frame: 2.11 grados

Rig Point: Front

Altura del frame: 7.5 m desde nivel de piso de escenario.

Ángulos del arreglo lineal

-	MG-MICA (MICA forward)	-
1	MICA	0°
2	MICA	-3°
3	MICA	-4°
4	MICA	-6°
5	MICA	-6°
6	MICA	-6°
7	MICA	-6°
8	MICA	-6°
9	MICA	-6°

Peso y dimensiones del arreglo

<b>ARRAY SPAN</b>	<b>ARRAY DEPTH</b>	<b>CENTER OF GRAVITY</b>	<b>REAR RIGGING LOAD</b>	<b>FRONT RIGGING LOAD</b>	<b>TOTAL WEIGHT</b>
3.07 m	1.36 m	under rigging (zone 2)	415.97 kg	247.86 kg	663.83 kg

A continuación se presenta un diagrama de bloques de conexiones del sistema de audiencia:

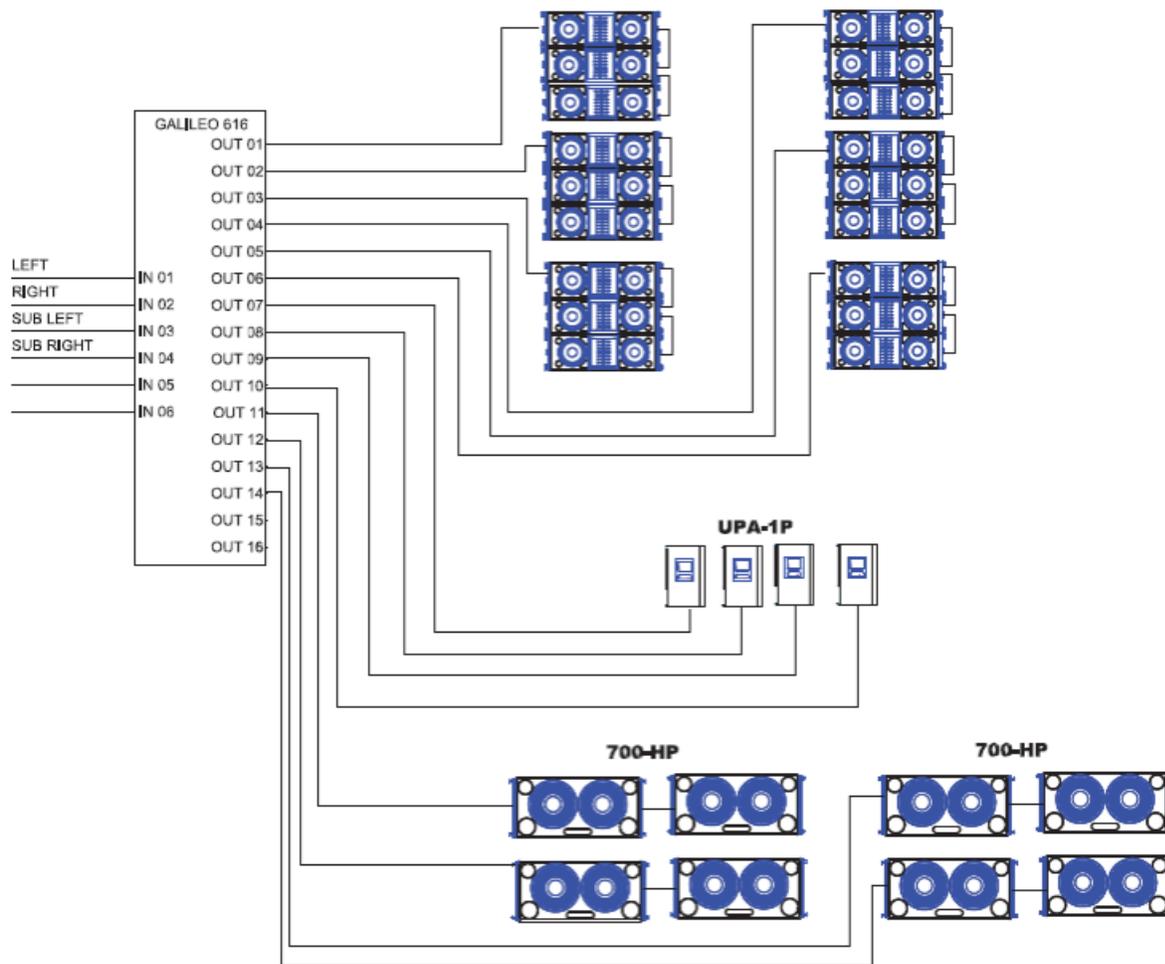


Fig. 3.22 Diagrama de bloques de conexiones de los gabinetes acústicos.

### 3.7 Elementos adicionales seleccionados.

3.7.1 Micrófonos. La selección de estos elementos se hace como se estableció en el apartado 2.4.4, tomando en cuenta su patrón polar y aplicación. Con respecto al primer parámetro veremos como la figura 3.23 muestra los datos relativos al micrófono SHURE SM 58.

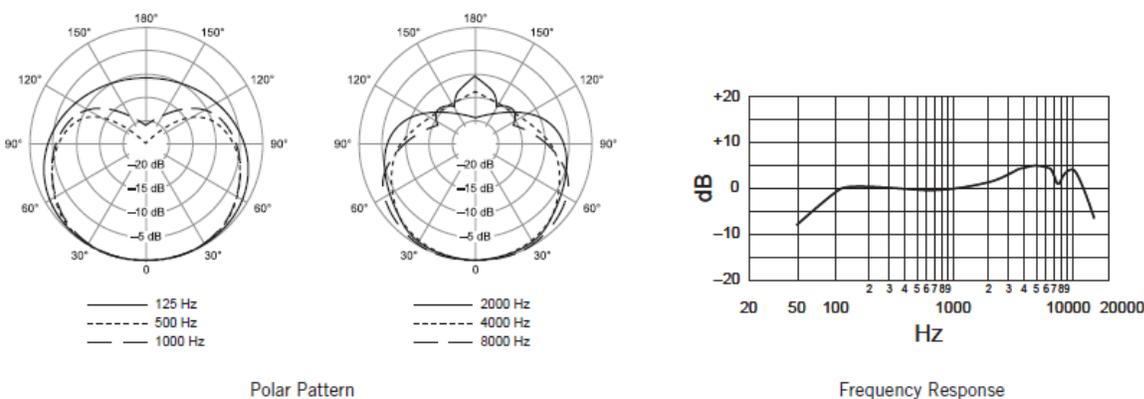


Fig. 3.23 Patrón polar y de respuesta de frecuencia SM 58.

Con respecto a la aplicación, usaremos como criterio principal la experiencia adquirida en espectáculos en vivo, proponiendo elementos de calidad y con relación beneficio costo alto. La gráfica muestra un listado conocido en la industria como "input list" general, que contiene los instrumentos y entradas más usados en espectáculos musicales. Si el espectáculo es de otro género se reducen los canales de entrada y se asignan los correspondientes inputs. Este listado general puede alojar a casi cualquier agrupación y micrófonos como el SM 58 pueden ser colocados en muchos instrumentos diferentes.

CANAL	INSTRUMENTO	MICRÓFONO
1	BOMBO 1	SHURE BETA 91 A
2	BOMBO 2	SHURE BETA 52 A
3	TAROLA Ariba	SHURE BETA 57 A
4	TAROLA ABAJO	SHURE BETA 57 A
5	CONTRATIEMPO	SHURE SM 81
6	TOM 1	SHURE BETA 56A
7	TOM 2	SHURE BETA 56A
8	TOM 3	SHURE BETA 56A
9	TOM 4	SHURE BETA 56A
10	TOM 5/SNARE	SHURE BETA 56A
11	OH L	SHURE SM 81
12	OHR	SHURE SM 81
13	PERCUSIONES	SHURE BETA 56A
14	PERCUSIONES	SHURE BETA 56A
15	PERCUSIONES	SHURE BETA 56A
16	PERCUSIONES	SHURE BETA 56A
17	PERCUSIONES	SHURE BETA 56A
18	PERCUSIONES	SHURE BETA 56A
19	PERCUSIONES	SHURE SM 81
20	PERCUSIONES	SHURE SM 81
21	SECUENCIA	CAJA DIRECTA
22	SECUENCIA	CAJA DIRECTA
23	SECUENCIA	CAJA DIRECTA
24	SECUENCIA	CAJA DIRECTA
25	SECUENCIA	CAJA DIRECTA
26	SECUENCIA	CAJA DIRECTA
27	SECUENCIA	CAJA DIRECTA

28	SECUENCIA	CAJA DIRECTA
29	BAJO	CAJA DIRECTA
30	BAJO	CAJA DIRECTA
31	GTR 1	SHURE KSM 132
32	GTR 2	SHURE KSM 132
33	GTR 3	CAJA DIRECTA
34	GTR 4	CAJA DIRECTA
35	ACC	CAJA DIRECTA
36	ACC	CAJA DIRECTA
37	TECLADOS	CAJA DIRECTA
38	TECLADOS	CAJA DIRECTA
39	TECLADOS	CAJA DIRECTA
40	TECLADOS	CAJA DIRECTA
41	VOCES	SHURE WL-R/58
42	VOCES	SHURE WL-R/58
43	VOCES	SHURE WL-R/58
44	VOCES	SHURE WL-R/58
45	VOCES	SHURE SM 58
46	VOCES	SHURE SM 58
47	VOCES	SHURE SM 58
48	VOCES	SHURE SM 58

Fig. 3.24 Lista de canales de entrada típicamente usados en espectáculos.

### 3.7.2 Mezcladoras.

2 x Mezcladora Yamaha CL-9

### 3.7.3 Monitores

10 x Sistemas de monitoreo personal Shure PSM 1000.

10 x Monitores de piso Meyer Sound MJF 212\*.

02 x Sistema de relleno lateral (Side Fill) formado por 4 Méloides por lado con 500 HP\* suspendido.

### 3.7.4 Cableado.

1 x Lote de cables XLR para micrófono.

1 x Lote de cables general de señal y potencia.

1 x Snakes de 52 canales por 16 retornos Whirlwind.

### 3.7.5 Accesorios de rigging.

1 x Lote de aparejos para rigging incluido con los gabinetes.

1 x Lote de accesorios: grilletes, estrobos, eslingas\*

### 3.7.5 Centro de carga TMB serie RPD\*.

\*Consultar apéndice A de fichas complementarias.

## 3.8 Fichas Técnicas.

### 3.8.1 MICA Altavoz compacto de arreglo curvilíneo de alta potencia.



Fig. 3.25 Altavoz Meyer Sound Mica.

El altavoz compacto de arreglo curvilíneo de alta potencia MICA es un altavoz pequeño y potente, forma parte de la familia MILO (modelo de bocinas más grande). MICA soporta alta potencia y suave respuesta de alta frecuencia características de la serie de altavoces MILO, en un paquete más pequeño con una cobertura horizontal de 100 grados. MICA es ideal para aplicaciones que no requieren de tanta potencia o distancia de tiro que un sistema MILO o donde el peso y el tamaño son factores de consideración. MICA es adecuado para una amplia variedad de aplicaciones como giras, rentas e instalaciones fijas como teatros y arenas de capacidades medias.

Este modelo de bocina ofrece todos los beneficios de los 25 años de experiencia en la fabricación de altavoces controlados electrónicamente y 10 años de fabricación de sistemas auto-amplificados de Meyer Sound, incluyendo la integración de amplificación, cross-overs complejos, protección de parlantes y circuitos de corrección de las respuestas de frecuencia y fase. Los componentes de MICA cumplen con las más estrictas especificaciones y rigurosos controles de calidad. Como todos los sistemas de la marca, MICA proporciona respuestas de fase y frecuencia planas en su ancho de banda operativo de 60 Hz a 18 kHz.

Este gabinete está diseñado para giras, con sus nuevos herrajes para colgado "QuickFly" con eslabones integrados "GuideALink" y dimensiones que permiten una transportación eficiente ahorrando espacio en los camiones.

Con una potencia pico de 138 dB SPL, MICA establece un nuevo estándar en tamaño-potencia y eleva el desempeño de los sistemas de arreglos curvilíneos, ya sea en giras o en instalaciones fijas.

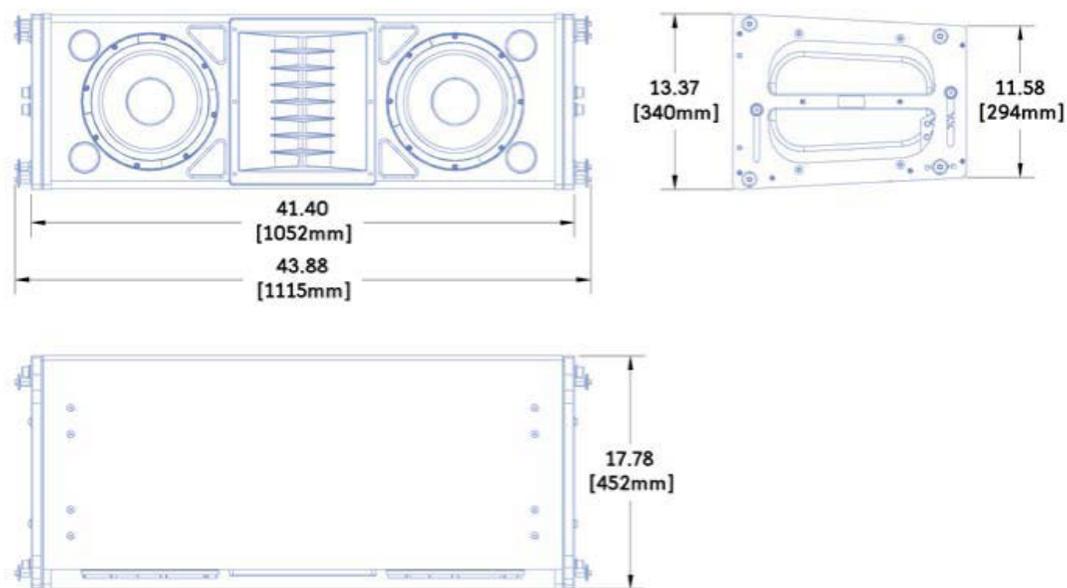


Fig. 3.26 Dimensiones altavoz Mica.

### 3.8.2 UPA-1P Altavoz compacto trapezoidal de alta potencia.



Fig. 3.27 Altavoz Meyer Sound UPA-1P.

La Serie UPA-P de altavoces auto-amplificados de Meyer (UPA-1P, UPA-2P), es más que una versión auto-amplificada de la series anteriores de Meyer. La Serie UPA-P se distingue por la electrónica de corrección de fase, que produce una respuesta acústica de amplitud y fase planas, dando como resultado una excepcional respuesta de impulso y una imagen precisa. A pesar de la inclusión de la amplificación y la electrónica de control, el UPA-P pesa 35 kg. Además, el avanzado diseño del difusor logra una respuesta polar

constante y un comportamiento suave al formar arreglos.

El "beamwidth" de un difusor, es el ángulo al que la presión sonora disminuye a la mitad de la amplitud (-6dB) sobre su eje. Las tecnologías actuales producen difusores cuyo beamwidth varía sobre su rango operativo de frecuencia. Estos difusores también muestran una respuesta de frecuencia poco uniforme dentro de su beamwidth y un importante lóbulo lateral fuera del mismo. Ambas características indeseables, particularmente presentes en difusores con un beamwidth amplio, hacen extremadamente problemático el diseño de arreglos.

Los difusores del UPA-P exhiben una directividad constante: su cobertura permanece constante a través de su rango operativo de frecuencia, tanto en el plano vertical como en el horizontal. El UPA-2P utiliza el mismo difusor que el UPA-2C (modelo anterior): el diseño original logra una directividad constante para su estrecho beamwidth  $45^\circ$  en vertical x  $45^\circ$  en horizontal.

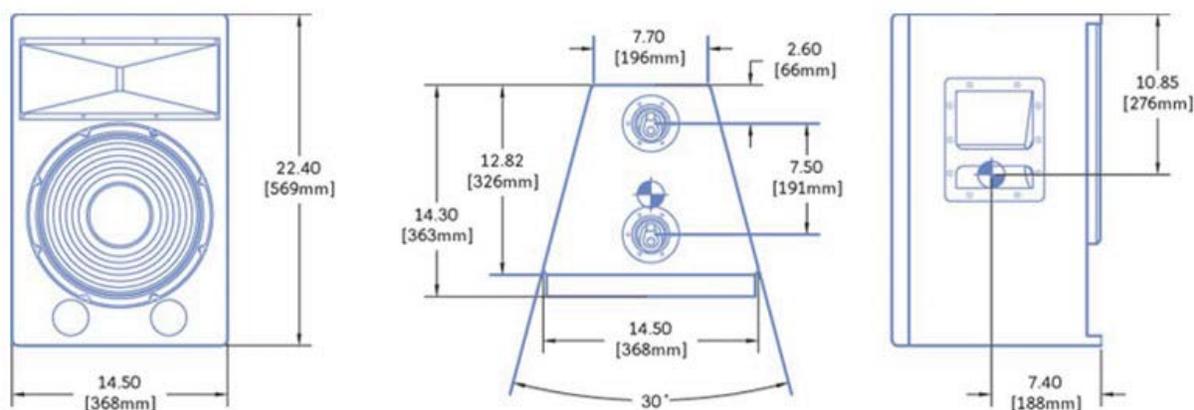


Fig. 3.28 Dimensiones UPA-1P.

### 3.8.3 700 HP Bocina para Graves de alta potencia



Fig. 3.29 Bocina para frecuencias graves Meyer Sound 700 HP.

El Subwoofer (bocina para frecuencias bajas) de Ultra-Alta Potencia 700-HP de Meyer Sound establece un nuevo estándar para la ecuación potencia-tamaño. La potencia y el ancho de banda del 700-HP manejan altos niveles de operación continuos e información pico extrema con mínima distorsión en su rango de frecuencia operativo.

El riguroso enfoque de diseño de la marca ha sido aplicado para extraer la mayor eficiencia a cada parte del sistema, dando como resultado la reproducción sin esfuerzo de picos de baja frecuencia del 700-HP. Como sistema auto amplificado, los transductores, la amplificación y la electrónica de control del 700-HP son creados como un sistema simbiótico que optimiza el desempeño y maximiza su tremenda potencia.

El rango operativo de frecuencia de 28 Hz a 150 Hz complementa otros altavoces y arreglos lineales y curvilíneos de Meyer Sound en aplicaciones de sonorización que requieren del máximo "headroom" (diferencia en dB entre el rango dinámico y la relación señal ruido) sistema en el extremo más bajo del espectro de frecuencia.

El eficientemente entonado gabinete del 700-HP alberga dos parlantes de cono de 18 pulgadas de excursión larga, con ventilación trasera, diseñados y fabricados por Meyer Sound. Cada parlante cuenta con una bobina de 4 pulgadas y está clasificado para manejar 1200 watts AES. Los parlantes han sido diseñados para lograr una eficiencia extrema, usando imanes de neodimio de alto flujo con el más potente campo magnético. La alta intensidad del campo magnético aumenta la sensibilidad de los parlantes, lo cual logra una mayor salida, mientras se mantienen los requerimientos de disipación de potencia dentro de las tolerancias operativas.

Un amplificador integrado de dos canales clase AB/H con etapas de potencia complementarias MOSFET proporciona una potencia pico total de 1822 watts (911 watts por canal). El 700-HP produce un promedio de 3 dB más de presión sonora total que los "subs" de su clase, con un enorme headroom para responder a las más extremas demandas con facilidad. El amplificador, la electrónica de control y la fuente de poder están integradas en un solo módulo reemplazable en campo, montado en la parte posterior del gabinete. El gabinete está construido de madera terciada multicapa y está recubierto con un acabado en texturizado negro. Las rejillas integradas de metal están recubiertas con una malla acústica negra que protege los parlantes. Diseñado principalmente para colocarse sobre escenarios o sobre el piso, el 700-HP es "apilable" e incluye zapatas de plástico en el fondo de la unidad, evitando daños al gabinete o la unidad debajo de este. Las zapatas se alinean con las ranuras de las superficies superiores, proporcionando un apilado alineado y seguro. Para mayor conveniencia en giras, el 700-HP puede viajar en bloques sobre el bastidor rodante MCF-700 opcional.

El 700-HP está pensado para transportarse, las dimensiones de su gabinete son adecuadas para camiones europeos y americanos. Hay disponible un juego de colgado QuickFly opcional, instalado de fábrica o disponible como una actualización. Hasta 10 gabinetes pueden ser colgados del bastidor superior MTG-700 opcional en una columna recta con un factor de seguridad de 7:1.

Las opciones disponibles para el 700-HP incluyen protección contra el clima y acabados en colores bajo pedido para instalaciones fijas y otras situaciones que requieren decoración específica.

El módulo opcional del sistema de monitoreo remoto RMS permite un completo monitoreo de todos los parámetros clave del sistema en cualquier PC huésped equipada con RMS. Además, el programa de predicción acústica MAPP En Línea de Meyer Sound permite una rápida predicción de la cobertura, la respuesta de frecuencia, la respuesta de impulso y la salida máxima del 700-HP y otros altavoces Meyer Sound.

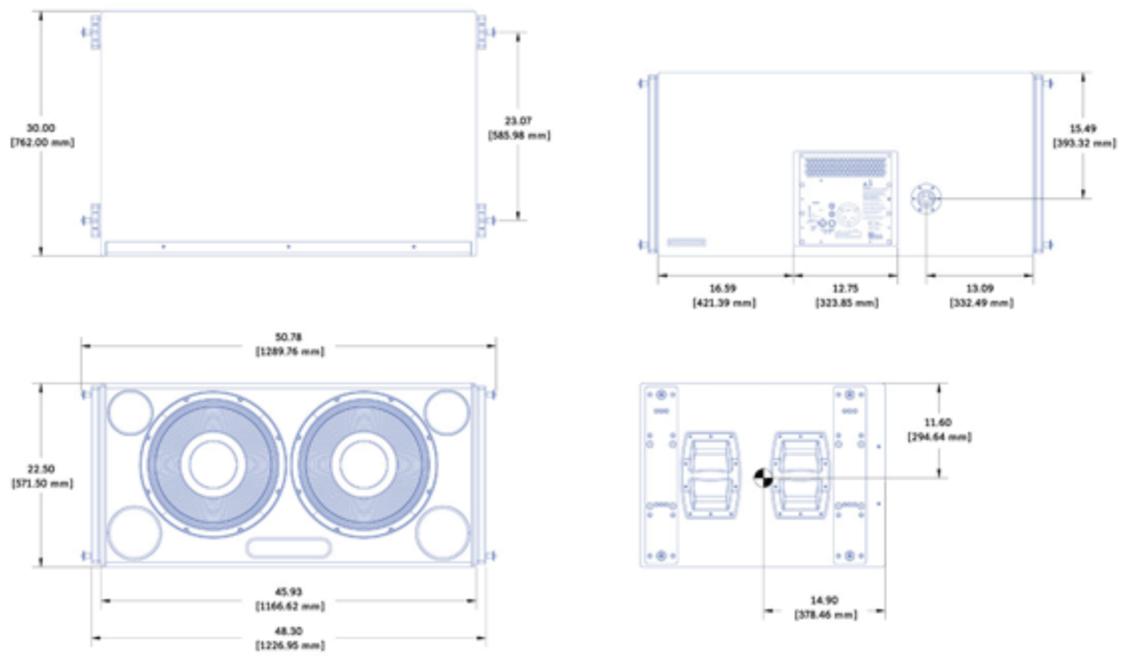


Fig. 3.30 Dimensiones 700 HP.

### 6.1.4 Galileo 616, Sistema de control de altavoces.

#### 3.8.4 Galileo.



Fig. 3.31 Galileo 616

El sistema de control de altavoces Galileo es un sistema de hardware y software que proporciona todas las funciones necesarias para operar, controlar y alinear sistemas de sonorización con múltiples zonas o sub sistemas. El sistema consiste del Galileo 616, un procesador totalmente digital de seis entradas por dieciséis salidas, de 2 unidades de rack, y del software "Compass" para un control completo del Galileo 616 a través de un ambiente gráfico que corre en una computadora remota. El procesador Galileo 616 también puede ser controlado directamente desde su panel frontal para máxima flexibilidad.

Diseñado como el complemento perfecto de los altavoces auto amplificadas Meyer Sound, el sistema Galileo incluye compensación para arreglos de los productos de la Serie M, programas preestablecidos para sistemas Meyer Sound de varios tamaños y tipos, e implementaciones digitales de funciones populares desarrolladas a lo largo de los años por Meyer Sound en sus aclamados procesadores analógicos, incluyendo los filtros de compensación atmosférica y de ecualización de los CP-10, VX-1 y LD-3.

Características y Beneficios: Procesamiento basado en DSP.

Seis entradas —analógicas, AES/EBU o una combinación de ambas— y 16 salidas analógicas con funciones de mezcladora matricial y ruteo para sistemas pequeños a muy grandes.

Latencia fija en todos los canales de salida independientemente del procesamiento aplicado.

Conexión directa con el analizador de audio SIM 3 de Meyer Sound.

Implementación digital de populares funciones de procesamiento de Meyer Sound, incluyendo filtros de compensación atmosférica y de ecualización de los procesadores CP-10, VX-1 y LD-3.

Programas de ajustes para sistemas de arreglo lineal y origen puntual Meyer Sound pequeños a muy grandes.

Conexión Ethernet para control remoto desde computadoras laptop (Windows o Macintosh) y tabletas inalámbricas. Operación desde el panel frontal para control individual.

### 3.8.5 Sistema de Monitoreo Remoto.

RM Server Interface del Sistema de Monitoreo Remoto.



Fig. 3.32 RM Server.

Compass RMS es la nueva solución de Meyer Sound en hardware y software que permite a los usuarios monitorear el desempeño del sistema de altavoces auto amplificadas en tiempo real. El monitoreo remoto es como un tacómetro que abre una ventana hacia el bienestar del desempeño de un sistema. Compass RMS ofrece estos mismos beneficios, pero implementa una nueva estructura de sistema que hace la instalación y el monitoreo, mucho más sencillos. En el corazón de Compass, está el RMServer, éste es un hardware que vincula la información del desempeño del sistema, a través de la red. La interface de control ahora está completamente integrada dentro del software de Com-

pass, la cual también funciona como interface de usuario para el sistema de control de altavoces Galileo.

El RMServer es compatible con todos los altavoces Meyer Sound equipados con el módulo RMS. Para implementar el Compass RMS, además del RMServer, necesitas altavoces con capacidad para RMS, o fuentes de poder MPS-488HP, con capacidad para el RMS, tiene la habilidad de encontrar automáticamente altavoces en la red. Esto elimina en su mayoría la entrada de datos.

El RMServer también trabaja de forma independiente de Compass, y puede enviar notificaciones de emergencia por medio de correo electrónico, incluso si Compass no está conectado.

### 3.8.6 Mezcladoras

Yamaha CL-5. Mesa de mezcla digital con entradas y salidas variables dependiendo del Rack Rio elegido: soporta hasta 72+8 ST entradas y 32 salidas análogas para ingresar al controlador del sistema de audio en cuestión. Las mesas de mezclas de la serie CL utilizan el protocolo de red Dante desarrollado por "Avid", que hace posible una conexión flexible a múltiples unidades de entrada/salida en rack configuradas y localizadas según las necesidades de la aplicación, ofreciendo al mismo tiempo una redundancia que garantiza la máxima fiabilidad. La señal de entradas es procesada digitalmente, el usuario dispone de elementos filtrantes: ecualización, elementos dinámicos: puertas y compresores y controles de entrada de ganancia por canal, por salida, por matriz, etc.

El resto del funcionamiento es semejante al de una mesa análoga ya que se requiere balancear las señales entrantes de forma manual y aunque cuenta con procesos de automatización, es indispensable programar los macros para grabar las escenas de cada presentación.



Fig. 3.33 Mezcladora Yamaha CL5.

### 3.8.7 Micrófonos.

Como se mencionó en el apartado 3.7.1, existe una gran variedad de micrófonos que se clasifican por su operación en dinámicos y de condensador. Los primeros funcionan con las variaciones de presión en el aire, generada por algún instrumento o voz, moviendo el diafragma interno para luego transformar las ondas en movimiento y finalmente a electricidad (transductor). En el caso de los micrófonos de condensador, se requiere de una fuente que proporcione 48 v DC haciendo más sensible al micrófono al movimiento de las ondas sonoras.

Según su patrón polar se clasifican en cardioides, supercardioides hipercardioides, medio cardioides, omnidireccionales, bidireccionales. A partir de estas clasificaciones se eligen los que mejor desempeño tengan según la aplicación. Por ejemplo: para el instrumento llamado bombo un micrófono dinámico hipercardiode es adecuado, en tanto que para un violín lo será un micrófono de condensador cardioide.



Fig. 3.34 Micrófono de condensador cardioide Shure Sm 81

Debido a que se seleccionaron diferentes micrófonos en el presente trabajo se sugiere revisar el apéndice A: fichas técnicas complementarias.

3.8.8 Sistemas de monitoreo personal. Estos sistemas son muy usados en espectáculos en vivo, su operación es relativamente simple: una de las salidas de la mezcladora contiene una mezcla de canales de entrada previamente ajustada y procesada por el operador, si la mezcla es monoaural se conecta al dispositivo transmisor (TX) con un solo cable balanceado. El transmisor mediante un escaneo de RF (radio frecuencia), selecciona el canal RF disponible y se auto asigna, mediante un proceso de sincronización sencillo el receptor (RX) de cuerpo obtiene la misma frecuencia que el transmisor, ahora la señal de la salida de la mezcladora está en el receptor de cuerpo gracias a las antenas de ambos dispositivos la señal fluye de TX a RX permanentemente con el contenido musical embebido.

A estos dispositivos también se les conoce con el nombre de in ear monitors ya que se requiere de audífonos insertados en el oído para que se escuche el contenido.

Ventajas: aíslan el sonido proveniente del exterior del usuario con lo que logran mayor concentración en el trabajo de mezcla mejorando el desempeño del usuario: cantante músico, presentador etc.

El hecho de ser inalámbricos proporciona independencia de movimientos y mejora el desempeño general, y:

Rápida conexión.

Sistemas ligeros.

Desventajas:

Su mal uso puede causar daños en el oído interno.



Fig. 3.35 Sistema de monitoreo personal

### 3.8.9 Accesorios.

3.8.9.1 Cajas directas. Dispositivos que reciben una señal desbalanceada y la transforman en una señal balanceada\* para entrar al sistema a través del Rack de entradas.



Fig. 3.36 Caja directa

3.8.9.2 Cables balanceados. Cables capaces de llevar señal analógica de audio hasta 80m.

3.8.9.3 Base para micrófono. Pedestales para sostener los diferentes tipos de micrófono empleados en los espectáculos.

### 3.9 PLANOS



<https://www.dropbox.com/s/cyggcrn8q88krc3/SISTEMA%20DE%20SONIDO.dwg?dl=0>

### 3.10 MEMORIAS DE CÁLCULO.

3.10.1 Cuadros de cargas eléctricos. Los gabinetes o bocinas seleccionados para la instalación como se sabe son auto-amplificados, razón por la cual se debe suministrar a cada uno de ellos señal + corriente. En el caso de la señal, se estableció con claridad en el apartado 2.4.4 la naturaleza y ruta de la misma. En este capítulo se sugerirá\* el diseño de tableros eléctricos exclusivos para audio, tomando como referencia las recomendaciones del fabricante en cuanto a la potencia de las bocinas auto-amplificadas y su uso. Nos referiremos entonces a la sección de amplificación y corriente de cada una de las hojas técnicas de los tres modelos empleados: MICA, 700HP y UPA-1P y UM-1P, la recomendación de la marca es usar el valor burst current para el cálculo de termo magnéticos, por lo que para encontrar la potencia de operación aplicamos la siguiente expresión.

$P = \text{Burst current} \times \text{voltaje de operación} \times \text{factor de potencia.}$

Con lo que para cada modelo tendremos las siguientes potencias de operación.

MICA=852 W

700HP= 1881 W

SERIE ULTRA=316 W

\*El diseño eléctrico y el D.R.O. (director responsable de obra) son quienes determinan los valores finales

Mica @ 852 w										FASE	FASE	FASE	FASE	FASE	FASE	
										A	B	C	CORRESPONDENCIA			
										WATTS	WATTS	WATTS	A	B	C	
CIRC	Bocina	WATTS	FASE	HILOS	VOLTS	AMPS	AWG	TERMO	mm <sup>2</sup>							
1	3	2554.2	2	2	220	17	10	20	5.26	1277.1	1277.1		1	1		
2	3	2554.2	2	2	220	17	10	20	5.26		1277.1	1277.1		2	2	
3	3	2554.2	2	2	220	17	10	20	5.26	1277.1		1277.1	3		3	
Bocinas	9	7662.6														
										2554.2	2554.2	2554.2	7662.6			
										Porcentaje de desbalanceo			0 %			

Mica @ 852 w										FASE	FASE	FASE	FASE	FASE	FASE	
TABLERO 2 R										A	B	C	CORRESPONDENCIA			
Bocina										WATTS	WATTS	WATTS	A	B	C	
CIRC		WATTS	FASE	HILOS	VOLTS	AMPS	AWG	TERMO	mm2							
1	3	2554.2	2	2	220	17	10	20	5.26	1277.1	1277.1		1	1		
2	3	2554.2	2	2	220	17	10	20	5.26		1277.1	1277.1		2	2	
3	3	2554.2	2	2	220	17	10	20	5.26	1277.1		1277.1	3		3	
Bocinas	9	7662.6														
										2554.2	2554.2	2554.2	7662.6			
										Porcentaje de desbalanceo			0 %			

700HP @ 1882 w										FASE	FASE	FASE	FASE	FASE	FASE	
TABLERO 3										A	B	C	CORRESPONDENCIA			
Bocina										WATTS	WATTS	WATTS	A	B	C	
CIRC		WATTS	FASE	HILOS	VOLTS	AMPS	AWG	TERMO	mm2							
1	2	3643.2	2	2	220	24	10	30	5.26	1821.6	1821.6		1	1		
2	2	3643.2	2	2	220	24	10	30	5.26		1821.6	1821.6		2	2	
3	2	3643.2	2	2	220	24	10	30	5.26	1821.6		1821.6	3		3	
Bocinas	6	10929.6														
										3643.2	3643.2	3643.2	10930			
										Porcentaje de desbalanceo			0 %			

UPA-1P/UM-1P @ 316 W										FASE	FASE	FASE	FASE	FASE	FASE	
TABLERO 4										A	B	C	CORRESPONDENCIA			
Bocina										WATTS	WATTS	WATTS	A	B	C	
CIRC		WATTS	FASE	HILOS	VOLTS	AMPS	AWG	TERMO	mm2							
1	4	1267.2	2	2	220	8	10	15	5.26	633.6	633.6		1	1		
2	4	1267.2	2	2	220	8	10	15	5.26		633.6	633.6		2	2	
3	4	1267.2	2	2	220	8	10	15	5.26	633.6		633.6	3		3	
Bocinas	12	3801.6														
										1267.2	1267.2	1267.2	3801.6			
										Porcentaje de desbalanceo			0 %			

Cuadro 3. Cuadros de cargas eléctricas.

3.10.2 Rigging. En esta sección solo se hará un cálculo estimado de los aparejos con los quedarán suspendidos los arreglos lineales una vez que se hayan retirado los motores de montaje. El cálculo estructural para confirmar la resistencia de los elementos existentes corre por cuenta del cliente y es validado por el D.R.O. en funciones por lo que el siguiente análisis solo considerará el peso de cada arreglo lineal y sus accesorios como una partícula en el espacio.

Consideraciones para una partícula en el espacio.

Si suponemos que una bocina o grupo de bocinas son una partícula en el espacio, el estudio de las fuerzas a las que está sometida y que la mantienen en equilibrio, se explica en la primera Ley de movimiento de Newton:

“Si la fuerza resultante que actúa sobre una partícula es cero, la partícula permanecerá en reposo si originalmente así se encontraba”.

El grupo de 9 bocinas MICA + Soporte + motor + aparejos que se encuentra colgado, está en reposo, lo que significa que la suma de fuerzas que actúan sobre dicho grupo de bocinas es cero.

Tenemos:

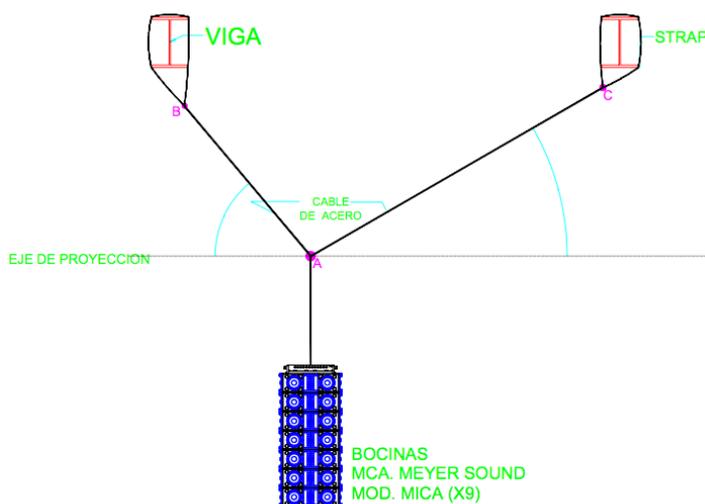


Figura 3.37 Arreglo de bocinas, partícula en el espacio.

En donde al punto de la izquierda lo llamaremos B, al punto de la derecha C, y al de la unión con el arreglo, A. El peso del arreglo está indicado con la letra W.

Para el estudio de este caso haremos lo que se conoce cómo un “diagrama de cuerpo libre” (*d.c.l.*), un diagrama simple en donde sólo se involucran los principales elementos y fuerzas. En nuestro caso los principales elementos son la tensión en la cuerda de la izquierda ( $T_{AB}$ ); el peso ( $W$ ); y la tensión en la cuerda derecha ( $T_{AC}$ ).

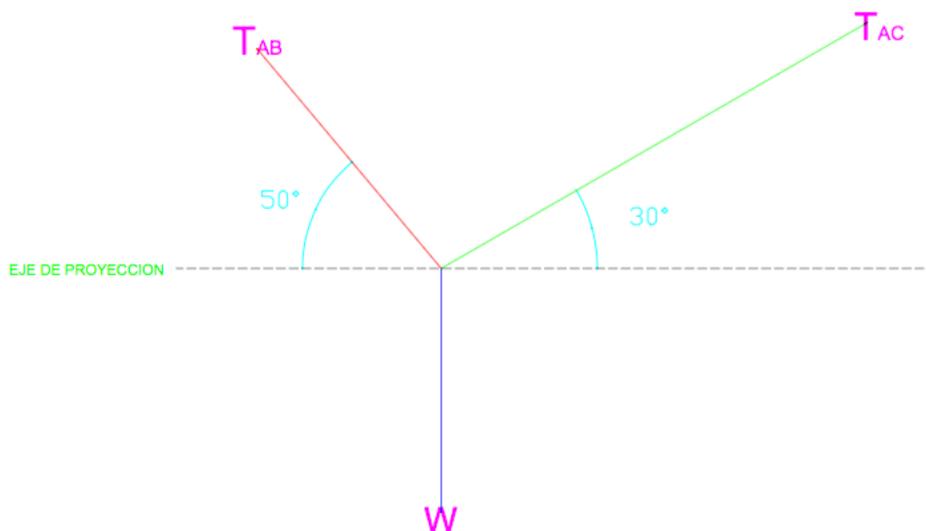


Figura 3.38. Diagrama de Cuerpo Libre (*d.c.l.*)

Y en donde podemos establecer:

$T_{AB}$	= Tensión o Fuerza en la cuerda	(kg)
$T_{BC}$	= Tensión o Fuerza en la cuerda BC	(kg)
$W$	= Peso de las Bocinas + Aparejos	(kg)

Del *d.c.l.* anterior observamos que la partícula (el grupo de bocinas colgado) está en equilibrio bajo la acción de tres fuerzas que pueden convertirse en un "triángulo de fuerzas"

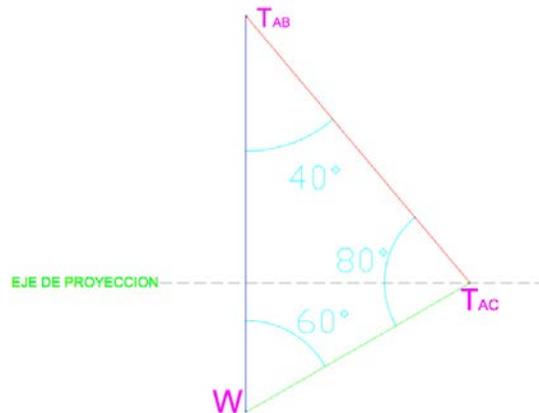


Figura 3.39. Triángulo de Fuerzas

De la trigonometría:  $T_{AB}/\text{sen } 60 = W/\text{sen } 80 = T_{AC}/\text{sen } 40$

Despejando:

$$T_{AB} = 716 \text{ Kg}$$

$$T_{AC} = 531 \text{ kg}$$

$$@ W = 815 \text{ kG}$$

En base a los datos anteriores y dados los ángulos mostrados se seleccionan los siguientes elementos de aparejo:

Cables de acero:

Estrobos en vigas: catálogo cargo-lift cóndor S-O-O 6x26 de 1/2" con capacidad de carga máxima de hasta 2 Ton \*.

Cables para TA, TB: catálogo cargo-lift cóndor S-O-G 6x26 de 3/8" con capacidad de carga máxima hasta 1 Ton \*

Accesorios: grilletes Van Beest de la serie Green Pin para 2 Ton, ya que se recomienda su uso de forma olgada.

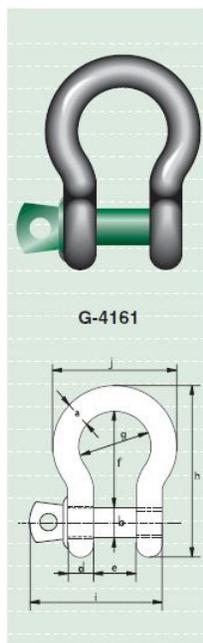
\*Según especificaciones de fabricante, la carga máxima o carga de seguridad tiene un factor de seguridad de 5:1. Se anexa ficha técnica del mismo en el apéndice A. El estructurista y el D.R.O. (director responsable de obra) son quienes determinan los valores finales

Revisar las siguientes tablas:

ESTROBOS DE CABLE www.cargo-lift.com.mx 62

MODELO "S" ALMA DE ACERO					
ESQUEMAS REPRESENTATIVOS DEL ESTROBO					
					
DIAMETRO DEL CABLE		CAPACIDAD DE CARGA EN TONELADAS METRICAS			LONGITUD MINIMA REQUERIDA EN MTS
PULG.	mm.	VETICAL	ENLAZADA	EN "U"	
3/8"	9,53	1,37	1,01	2,74	0,61
7/16"	11,11	1,85	1,37	3,7	0,70
1/2"	12,70	2,42	1,79	4,84	0,75
9/16"	14,30	3,04	2,25	6,08	0,85
5/8"	15,90	3,74	2,77	7,48	0,95
3/4"	19,05	5,34	3,95	10,68	1,05
7/8"	22,23	7,22	5,34	14,44	1,20
1"	25,40	9,38	6,94	18,76	1,40
1 1/8"	28,60	11,80	8,73	23,6	1,55
1 1/4"	31,75	14,50	10,73	29	1,70
1 3/8"	34,90	17,42	12,89	34,84	1,85
1 1/2"	38,10	20,60	15,24	41,2	2,15
1 3/4"	44,45	27,80	20,57	55,6	2,50
1 7/8"	47,62	31,60	23,38	63,2	2,60

Cuadro 4. Selección de materiales de rigging.



## Green Pin® Grilletes Standard

### Grilletes lira con cabeza pasador

- **Material** : cuerpo y bulón de acero aleado de alta resistencia, Grado 6, templado y revenido
- **Factor de Seguridad** : CRM = 6 x CMT
- **Norma** : EN 13889 y cumple con US Fed. Spec. RR-C-271 Tipo IVA Clase 2, Grado A
- **Acabado** : galvanizado en caliente
- **Temperatura** : -20 °C hasta +200 °C
- **Certificación** : Sin ningún costo extra este producto puede ser suministrado con certificado de fábrica, certificado de materia prima, certificado de prueba de fabricante y/o Declaración de Conformidad de la U.E.

carga máxima de trabajo	diámetro cuerpo	diámetro bulón	diámetro ext. ojo	espesor ojo	ancho min int.	longitud interior	ancho max. int.	longitud total	longitud tot. bulón	ancho tot. ext.	peso unidad
tons	a mm	b mm	c mm	d mm	e mm	f mm	g mm	h mm	i mm	j mm	kg
0.33	5	6	12.5	5	9.5	22	16	41	31	28	0.02
0.5	7	8	17	7	12	29	20	54	40	37	0.05
0.75	9	10	21	9	13.5	32	22	61	49	42	0.1
1	10	11	23	10	17	36.5	26	71	56	49	0.14
1.5	11	13	26	11	19	43	29	80	68	54	0.19
2	13.5	16	34	13.5	22	51	32	91	76	63	0.36
3.25	16	19	40	16	27	64	43	114	93	79	0.63
4.75	19	22	47	19	31	76	51	136	107	94	1.01
6.5	22	25	53	22	36	83	58	157	123	107	1.5

Cuadro 4. Selección de materiales de rigging.

**RESULTADOS.** Dentro del contenido del informe del presente trabajo se encuentran los resultados del proyecto y están integrados por: número de gabinetes necesarios para tener una cobertura homogénea en todo el recinto según predicciones, tipo de arreglo y ángulos entre cajas, ubicación de los arreglos principales y de relleno incluyendo el de escenario, gráficos que muestran la distribución de la energía y las coberturas horizontales y verticales, mediciones virtuales y conexiones, así como consumos eléctricos máximos y cuadros de cargas para protección de los elementos de los circuitos derivados; Por otro lado se integran los elementos que forman las señales analógicas y digitales y su gestión en los sistemas de audiencia y escenario, desde el origen de la fuente, los micrófonos, hasta la entrada a los amplificadores. Se incluyen equipos digitales para dicha gestión mediante el uso de consolas digitales capaces de almacenar información para diferentes usuarios, y controladores que se encargan de indicar la ruta de las señales previamente procesadas, hacia los destinos finales: audiencia, escenario, televisión y otros. Se incluyen accesorios como cables, bases y elementos de sujeción para la debida suspensión de los arreglos a la parte superior de la estructura del teatro y un catálogo de conceptos general. La información se acompaña de planos en formato dwg para la correcta ejecución de los trabajos, indicando diámetros de tuberías, trayectorias verticales y horizontales así como notas y simbología relacionadas con el proyecto.

CONCLUSIONES. Se concluye que los objetivos se cumplen gracias a los conocimientos adquiridos en la facultad de Ingeniería y a la experiencia profesional ya que se hizo una selección de equipos eficiente y robusta técnicamente, esto significa que el teatro contará con la infraestructura suficiente para afrontar los retos técnicos de la época actual para operar con altos niveles de calidad sonora y en diferentes tipos de espectáculos, tanto nacionales como internacionales.

Se destaca en la selección la funcionalidad de los elementos y la relación beneficio costo demostrada por los fabricantes elegidos a lo largo de muchos años, así como también el soporte, servicio, garantía de 3 años y la dotación de partes para los próximos 5 años en caso de requerirse componentes de repuesto.

Además del software y hardware incluidos en los sistemas mencionados, debemos proveer soporte y seguimiento que superen las expectativas del cliente y las aprecie como valores adicionales de un trabajo profesional.

## APENDICES

### APENDICE A Fichas técnicas Complementarias

<http://whirlwindusa.com/catalog/black-boxes-effects-and-dis/direct-boxes/imp2>

<http://whirlwindusa.com/catalog/snakes-splitters-and-multiwiring-systems>

<http://www.shure.com/>

<http://www.yamahaproaudio.com/global/en/>

<http://meyersound.com/>

<http://cargo-lift.com.mx/estrobos>

<http://www.tmb.com/products>

## APENDICE B Predicción MAPP.

Por sus siglas en inglés: multi purpose acoustic prediction program (Programa de Predicción Acústica Multi Propósito), es una aplicación que permite predecir el comportamiento de los gabinetes acústicos de los cuales se tenga información. Su uso es amplio entre quienes tienen que diseñar un sistema completo de sonorización en diferentes recintos, de forma tal que una compañía de renta que tiene que viajar permanentemente puede adecuarse a cada espacio con la misma dotación de gabinetes arreglándolos de manera diferente.

Su interfaz gráfica es muy amigable y presenta la información mediante paleta de colores donde la energía de mayor intensidad se presenta en colores rojos y la de menor en azules, es muy útil para determinar aquellas zonas que requieren mayor SPL, simula con un alto grado de exactitud el comportamiento de un determinado arreglo.

Los diagramas de la sección II fueron hechos en MAPP, a continuación un ejemplo de la predicción en MAPP del comportamiento de un gabinete UPA-1P de Meyer Sound.

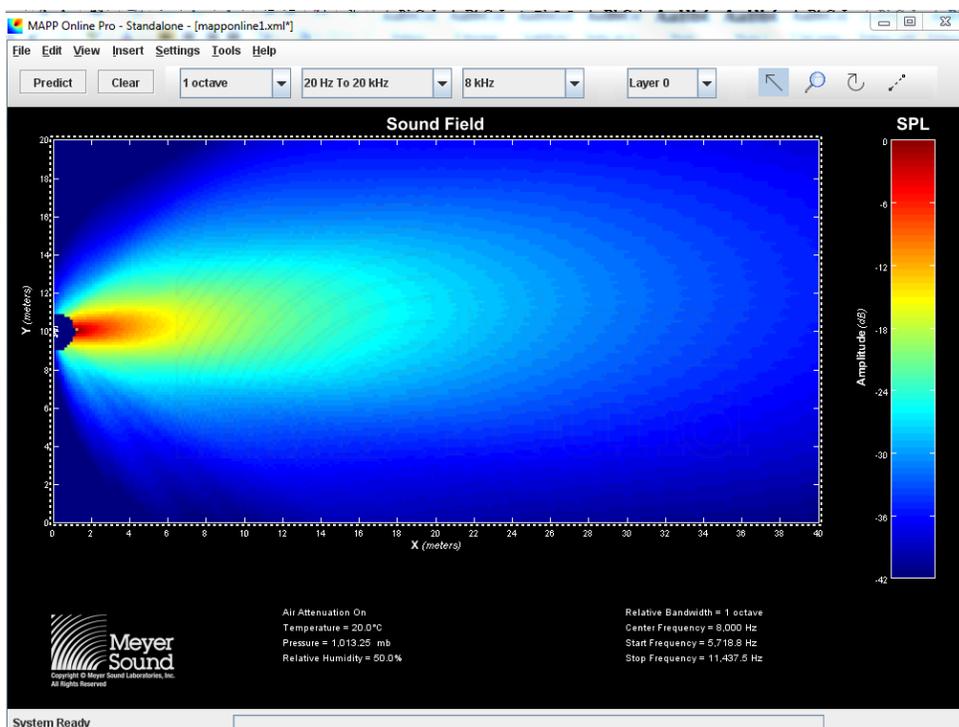


Fig. B.1 Gráfica de predicción MAPP

Se trata de una vista superior de un gabinete situado en un plano (0,10). Los parámetros de la predicción son los que se indican en la barra superior: mediciones cada octava entre 20HZ y 20KHZ, y en este caso en la frecuencia 8KHZ, además de los parámetros del medio ambiente indicados abajo.

El comportamiento de este modelo a 8KHZ es bastante parejo, su energía es radiada sin lóbulos visibles de manera tal que la mayor parte de la energía va en dirección de la audiencia, hasta 16 m el SPL es suficiente (tono en verde/amarillo) ya que representa:  $132-18=114\text{dB}$  según la ley del inverso cuadrado. Debe tomarse en cuenta que colocado en una posición elevada podemos atenuar la energía representada en lóbulo rojo que corresponde con el eje de la bocina a pocos metros.

El programa permite insertar sistemas completos, ya sea lineales o convencionales, al variar los ángulos horizontales y verticales se logra el SPL deseado y la cobertura adecuada descrita en el apartado II.



Para mayor información sobre motores consultar:

[http://www.lkgoodwin.com/more\\_info/cm\\_lodestar/cm\\_lodestar.shtml](http://www.lkgoodwin.com/more_info/cm_lodestar/cm_lodestar.shtml)

Y para accesorios de rigging:

<http://cargo-lift.com.mx/cargo-lift>

APENDICE D Norma Oficial Mexicana

[http://energia.gob.mx/res/Acerca\\_de/NOM001-SEDE-2005.pdf](http://energia.gob.mx/res/Acerca_de/NOM001-SEDE-2005.pdf)

## GLOSARIO DE TÉRMINOS.

SPL: Por sus siglas en inglés significa Sound Pressure Level y significa nivel de presión sonora. Se mide en Pa o en dB mediante la relación conocida como 20 Log.

$$SPL=20\text{Log}\frac{P}{P_r}[dB]$$

donde la presión de referencia  $P_r=20\mu\text{Pa}$

Cable XLR: Cable usado en audio que conduce una señal positiva y otra invertida 180° que acumula ruido. Al conectarse a la electrónica se elimina la señal invertida y con ella el ruido. Se les conoce como cables balanceados.

Rigging: Término usado para describir el trabajo de suspender o colgar gabinetes (bocinas) y lograr mejores coberturas en los planos vertical y horizontal.

MAPP: Por sus siglas en inglés significa: Multi Purpose Acoustic Prediction que significa: Program de Predicción Acuática Multi Propósito. Ver Apéndice B.

Torre de "delay": Término usado para referirse a un grupo de altavoces alineados en tiempo con un retraso respecto del sistema frontal principal.

DSP: Por sus siglas en inglés significa: Digital Signal Process. Se dice de un Procesador Digital de Audio.

Transductor: Elemento capaz de convertir una determinada forma de energía a la entrada, en otra diferente a la salida. Un micrófono y una bocina son claros ejemplos opuestos de un transductor electro acústico.

RMS: Por sus siglas en inglés significa: Remote Measure System, significa sistema de monitoreo remoto y es un software que permite conocer el status de cada elemento del sistema en tiempo real.

Respuesta de frecuencia: Se define como la cantidad de energía que un sistema de altavoces entrega para cada una de las frecuencias normalizadas del cuadro 2.1. Una respuesta de frecuencia plana es ideal y significa que todas las frecuencias audibles normalizadas están en el nivel referencia 0 dB.

Respuesta de fase: Es la respuesta de un sistema sonoro a un impulso determinado, cuando la respuesta de fase es plana (situación idónea), el sistema entrega todas las frecuencias al mismo tiempo.

“Beamwidth”: El beamwidth de un difusor, es el ángulo al que la presión sonora disminuye a la mitad de la amplitud (-6dB) sobre su eje.

Rango Dinámico: Diferencia en dB entre ruido de fondo del sistema y el nivel máximo o pico.

Ruido de fondo: Nivel de ruido en dB del sistema sin ninguna excitación.

“Headroom”: Diferencia en dB entre el nivel de referencia (0 dB) y el nivel máximo o pico.

Relación señal a ruido: Cociente entre el nivel de referencia y el ruido de fondo. Entre mayor sea el cociente mejor será reproducir o grabar en ese recinto.

## BIBLIOGRAFIA

1 MC CARTHY, Bob. *Sound Systems: design and optimization*, Elsevier, 2010  
USA

ISBN-13 978-0-240-52156-5

2 DONOVAN, Harry. *Entertainment Rigging*, Eugene Smith, 2002 USA

ISBN-10 0-9723381-1-x

3 DAVIS, Gary .*Sound Reinforcement Hand Book*, Half-Leonard, 1990 USA

ISBN-13 978-08818-8900-0

4 HUANG T. C. *Mecánica para ingenieros: Estática*, Fondo educativo inter-  
americano,

ISBN-13 9789686062113

5 NASH, William. *Resistencia de Materiales*, Mc Graw Hill, Mc Graw Hill, 1967  
USA

ISBN-10 968-451-234-1

6 ENRIQUEZ HARPER, Gilberto. *Manual de instalaciones residenciales e in-  
dustriales*, Limusa, 2005 MÉXICO

ISBN-10 968-18-5195-1

7 WHITE, Frank. *Mecánica de Fluidos*, Mc Graw Hill, 1979 USA

ISBN-10 968-451-581-2

8 SEARS, ZEMANSKY, YOUNG, *Física Universitaria*, Addison Wesley, 1986,  
USA

ISBN 0-201-64013-9

## OTROS DOCUMENTOS CONSULTADOS

HUBBELL, Wiring. *Device Kellems* 2008 USA

SIM System III Manual de referencia, Meyer Sound, 2007 USA

NEUTRIK, Product guide 2012

SHURE, 2014 Product catalog

NOM 2005