



Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias de la Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil Acústica

Profesor Patrocinante
Dr. Jorge Sommerhoff Hyde
Instituto de Acústica
Universidad Austral de Chile

Diseño e Implementación del proyecto de Acondicionamiento Acústico “Sala Conjunto Folclórico Copelec”

Tesis presentada para optar al
grado de Licenciado en Acústica y
al título profesional de Ingeniero
Civil Acústico.

JOAQUÍN ANDRÉS SOLÍS GONZÁLEZ
VALDIVIA – CHILE
2009



AGRADECIMIENTOS

*A mi madre, por su infinito amor y ternura, por su apoyo y por su fuerza incondicional.
Te agradezco madre, ya que gracias a ti he llegado hasta donde estoy.*

*A mi padre, por todo su apoyo y consejos, por su ayuda invaluable.
Gracias viejo, se que siempre podré contar contigo y tu conmigo.*

A mis hermanos Alberto e Ignacio por su hermosa amistad y cariño, y por los buenos momentos vividos.

A mi familia, que ha estado siempre apoyándome.

A todos los amigos que siempre han estado conmigo y que han formado parte importante de mi vida en Valdivia y en Chillán.

A Lorena que siempre llena de amor y alegría mi corazón. Gracias por tu hermosa sonrisa y estar siempre ahí.

A mis compañeros y amigos Joaquín Stevens y Roberto Pereira por el aporte brindado en este trabajo.

A Luisa, por sus consejos y ayuda en este documento.

A mi tía Anita y su familia, a Valdivia y la Universidad, al instituto de acústica.

ÍNDICE

Capítulo 1: INTRODUCCIÓN	1
1.1. Resumen.....	1
1.2. Abstract.....	2
1.3. Introducción.....	3
1.4. Objetivos.....	5
1.1. Métodos y estrategias.....	6
Capítulo 2: DESCRIPCION DE LA SALA	8
2.1. Características de la sala.....	8
2.2. Usos y Requerimientos de la sala.....	11
2.3. Medición ruido fondo.....	13
2.4. Medición del tiempo de reverberación.....	14
2.5. Evaluación de la sala.....	16
Capítulo 3: DISEÑO ACÚSTICO	17
3.1. Calculo aislamiento acústico.....	17
3.2. Control tiempo de reverberación.....	21
3.3. Características y Detalles de las Soluciones.....	31

3.5.1. Resonadores acoplados.....	31
3.5.2. Absortor poroso.....	33
3.5.3. Difusores QRD y MLS.....	35
3.5.4. Pared Doble.....	40
3.5.5. Visor acústico.....	44
3.5.6. Puerta doble capa.....	50
Capítulo 4: IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO.....	53
4.1. Programación.....	53
4.1.1. Desglose proyecto y descripción bloques de trabajo.....	54
4.1.2. Estimación de tiempos y costos.....	57
4.1.3. Presupuestos y programa de trabajo.....	58
4.2. Ejecución.....	63
4.2.1. Antes de comenzar a trabajar.....	63
4.2.2. Gestión del proyecto.....	64
4.2.3. Construcción e instalación de soluciones acústicas.....	64
Capítulo 5: ANÁLISIS Y BALANCE DE RESULTADOS.....	69
5.1. Análisis de resultados acústicos.....	70
5.2. Balance de costos y beneficios alcanzados.....	73
5.4. Conclusiones.....	79
Bibliografía.....	80

INTRODUCCIÓN

1.1 RESUMEN

El siguiente trabajo describe el diseño y la implementación del proyecto de acondicionamiento acústico realizado en la sala del conjunto folclórico Copelec. El diseño acústico se basa en dar solución a los problemas que presenta la sala relacionados al tiempo de reverberación y difusión sonora y en la solicitud del cliente de implementar una sala de control para llevar un registro sonoro de los ensayos del conjunto folclórico. Para dar solución al elevado tiempo de reverberación de la sala se diseñaron resonadores acoplados y absorbentes porosos. Para dar difusión a la sala se diseñaron difusores de residuos cuadráticos QRD y difusores MLS. El diseño de la sala de control se hizo en base a un muro doble de yeso cartón, un visor acústico y una puerta acústica.

En la implementación del proyecto se identificaron los paquetes de trabajos asociados a las soluciones anteriormente diseñadas. Se estimó el costo de materiales y de personal y el tiempo necesario para construir las soluciones. Una vez terminada la construcción e instalación de las soluciones y la construcción de la sala de control, se midió el tiempo de reverberación de la sala de ensayo y la pérdida de transmisión de la sala de control.

1.2 ABSTRACT

The following work describes the design and the implementation of the acoustic conditioning project, carried for the assembly Copelec Folk Room. The acoustic design is based to give solution to the problems in the room related to the time of reverberation and sonorous diffusion. The client requests implement a control room to carry a sonorous registration of the folk assembly trials. To give the solution to the high time of reverberation inside of the room adapted resonators were designed and porous absorbers. Also to give diffusion to the room were designed diffusers of quadratic residues QRD and diffusers MLS. The design of the control room was done based in a double wall made of gypsum cardboard, an acoustic viewfinder and an acoustic door.

In the implementation project the packages of associated works were identified previously to design. Was reckoned the cost of materials, personals and the necessary time to build the solutions. Once the construction and the installation of the solutions of the control room was finish, was measured the time of reverberation of the room of trial and the loss of broadcast of the control room.

1.3 INTRODUCCIÓN

El proyecto de acondicionamiento acústico “Sala Conjunto Folclórico Copelec” fue encomendado en enero del 2007, a tres alumnos de Ingeniería Civil Acústica de la Universidad Austral de Chile, por el señor Víctor Pinto, presidente del Centro Cultural y Artístico Copelec (CCAC).

La sala en cuestión corresponde a una edificación de hormigón que antiguamente servía de bodega y que fue reacondicionada para que se realicen los ensayos y presentaciones del conjunto folclórico, en los que participan 13 músicos y 12 bailarines.

El cliente solicitó, como primera etapa del proyecto, diseñar y presupuestar el acondicionamiento acústico para la sala del conjunto folclórico, para que ésta sirva como sala de ensayos y como sala de grabación. Como segunda etapa, solicitó la implementación del diseño presupuestado.

La solicitud de acondicionar la sala para realizar ensayos, se debe a que los integrantes del conjunto folclórico no logran distinguir adecuadamente los instrumentos que participan de los ensayos y las voces no logran tener la claridad adecuada para este tipo de música, que se caracteriza por transmitir costumbres, historias y enseñanzas a través de sus letras.

La solicitud de acondicionar la sala, como sala de grabación, responde a los requerimientos del conjunto folclórico de llevar un registro sonoro de sus ensayos y presentaciones.

La forma de abordar este proyecto de acondicionamiento acústico se basa en una metodología que divide a éste en distintas áreas de trabajo, con el objetivo de hacer mas eficiente su comprensión y realización. Estas divisiones son: la planificación, la programación y la ejecución.

Lo primero que se realiza en un proyecto es la planificación, donde se definen los objetivos del proyecto y los métodos y estrategias para abordarlos. También, en esta etapa se desarrolla de forma detallada el alcance del proyecto, que básicamente es la descripción de las soluciones que permiten lograr sus objetivos.

Una vez realizada la planificación, sigue la programación, que es la etapa en la cual se estima el desarrollo futuro del proyecto. Es en donde se realiza el ordenamiento de actividades y eventos a través del tiempo y la asignación de fechas en que se llevará a cabo la ejecución del proyecto, de tal manera que se cumpla con lo establecido en la etapa de planificación. Además, la programación se encarga de

definir los recursos que entran en el proyecto, tales como personal, materiales, maquinaria y financiamiento.

Básicamente, con la planificación y programación de un proyecto se deberían responder las siguientes preguntas: ¿Qué hay que hacer?, ¿Cómo hay que hacerlo?, ¿Quién lo va a hacer?, ¿Cuándo hay que hacerlo? y ¿Cuánto costará?

Finalmente, la ejecución del proyecto se entiende como la materialización de lo desarrollado en la etapa de planificación, basada en los tiempos y recursos establecidos en la etapa de programación.

De acuerdo con esta metodología, el proyecto de acondicionamiento acústico “Sala Conjunto Folclórico Copelec” se realizará de la siguiente manera:

Planificación

- Se definirán los objetivos del proyecto, de acuerdo a lo requerido por el conjunto folclórico y a los problemas detectados.
- Se definirá las metodologías y estrategias para lograr los objetivos planteados para el proyecto.
- Se recopilarán los antecedentes necesarios para realizar el diseño de las soluciones.
- Se diseñarán y describirán las soluciones y su forma de construcción.

Programación

- Se desglosará el proyecto de acuerdo a las actividades que se tengan que realizar para construir las soluciones.
- Se estimarán tiempos de construcción de soluciones y los recursos involucrados.
- Se definirán presupuestos y fechas de ejecución.

Ejecución

- Se ejecutará, supervisará y controlará lo planificado y programado.
- Se analizarán y discutirán los resultados.

1.4 OBJETIVOS

Objetivos generales

Acondicionar acústicamente la sala del conjunto folclórico, proporcionando un adecuado tiempo de reverberación y una correcta difusión, para que ésta sirva como sala de ensayo y como sala grabación.

Diseñar y construir una sala que sirva de sala de control para realizar grabaciones.

Describir las consideraciones generales para el acondicionamiento acústico de locales, mostrar el proceso de diseño e implementación del proyecto acondicionamiento acústico de una sala en particular y hacer análisis del cumplimiento de los objetivos acústicos y los costos de la implementación.

Objetivos específicos

- Definir un adecuado tiempo de reverberación para que la sala pueda ser ocupada como sala de ensayo y a la vez de sala de grabación.
- Definir cual es el rango de frecuencias de diseño de los difusores.
- Organizar la descripción del trabajo realizado de acuerdo a una metodología que permita la correcta comprensión de éste y su aplicación a otros proyectos.
- Mostrar las características de las soluciones y la forma de construcción, en base a un programa de diseño.
- Estimar costos relacionados a la implementación del proyecto de acondicionamiento acústico.
- Editar en formato de video, una serie de esquemas y fotos del proceso constructivo de las soluciones implementadas.
- Medición y corroboración de los parámetros acústicos de la sala con las soluciones implementadas.

1.5 Métodos y estrategias para lograr los objetivos.

De acuerdo a los objetivos planteados podemos dividir el trabajo a realizar en el proyecto en **diseño** y en **implementación**:

Para el **diseño acústico** se distinguen tres áreas de trabajo:

- I. Acondicionar acústica y estéticamente la sala de ensayos del conjunto folclórico, para que esta sirva de sala de grabación y de ensayos. De acuerdo a esto se destacan dos grupos de actividades a realizar:
 - Las relacionadas al tiempo de reverberación.
 - Conocer el actual tiempo de reverberación de la sala.
 - Definir el tiempo de reverberación óptimo que permita que la sala sea ocupada como sala de ensayos y a la vez de sala de grabación.
 - Calcular la absorción que hay que agregar a la sala, para que esta tenga el tiempo de reverberación óptimo.
 - Diseñar productos o soluciones que permitan que la sala tenga un tiempo de reverberación óptimo y a la vez entreguen valor estético a la sala.
 - Las relacionadas a la difusión:
 - Conocer el rango de frecuencias de los instrumentos y voces del conjunto folclórico.
 - Diseñar difusores que permitan distribuir de manera uniforme el sonido de los músicos del conjunto folclórico.
- II. Diseñar y construir un muro divisorio dentro de la sala de ensayo, que delimite y aisle un sector para ser ocupado como sala de control para las grabaciones y ensayos. De acuerdo a esto, se destacan las siguientes actividades a realizar:
 - Determinar el nivel de presión sonora que hay en la sala de acuerdo a la actividad que se realice.
 - Determinar el nivel de presión sonora requerido dentro de la sala de control, que permita realizar grabaciones de calidad de los ensayos y presentaciones del conjunto folclórico.
 - Calcular el aislamiento necesario que deberá tener la división entre la sala de control y la de ensayo.

- Investigar sobre valores de aislamiento acústico que entregan diversas soluciones constructivas (como muros, puertas y visores).
 - Diseñar un muro, compuesto por una pared doble, una puerta y un visor, que divida la sala de control de la sala de ensayo y que entregue el aislamiento acústico necesario.
- III. Describir el proceso de diseño e implementación del proyecto, con el fin de tener una referencia del trabajo realizado y poder aplicarlo a futuros proyectos. Se desarrollarán las siguientes actividades:
- Identificar todas las actividades y tareas que se desarrollan en el proyecto y estructurarlas de manera que permitan una correcta comprensión del trabajo realizado.
 - Dar una descripción del funcionamiento de las soluciones, y en base a un programa de diseño (SketchUp 6) esquematizar su forma de construcción.
 - Documentar la construcción de las soluciones y la ejecución del proyecto mediante fotografías.
 - Editar un video, con las fotografías y dibujos realizados, para mostrar, en la presentación de ésta tesis, el proceso de construcción de las soluciones y la ejecución del proyecto.

Todas las actividades referentes al diseño del acondicionamiento acústico y al diseño del muro divisorio serán desarrolladas en los capítulos dos y tres.

La implementación del diseño acústico será abordada en el capítulo cuatro. En éste se programarán las actividades y se describirá la forma de abordarlas.

DESCRIPCION DE LA SALA

2.1 Características de la Sala.

La sala del conjunto folclórico forma parte del patrimonio del Centro Cultural y Artístico Copelec, el cual depende de las Empresas Copelec. La sala se encuentra ubicada en la ciudad de Chillán, en calle Maipón nº 1079, dentro de las cuatro avenidas principales que delimitan el plano damero de la zona central de la ciudad.

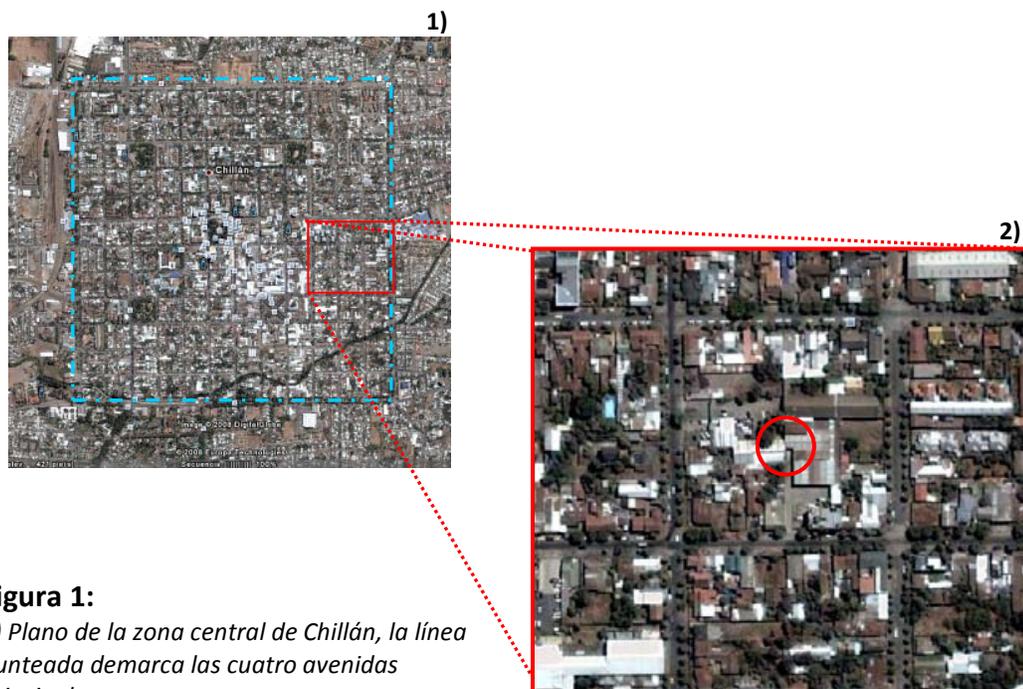


Figura 1:

1) Plano de la zona central de Chillán, la línea punteada demarca las cuatro avenidas principales.

2) Muestra la ubicación de la sala dentro de la manzana.

La sala del conjunto folclórico Copelec, presenta bajo ruido de fondo, ya que en este sector, la actividad comercial y el tráfico rodado son menores. Además, como la sala se encuentra en el centro de la manzana, diversas construcciones circundantes a ésta, actúan como barreras al ruido exterior.

La sala en cuestión es una edificación que antiguamente servía de bodega. Esta antigua construcción se caracteriza por tener muros de hormigón muy gruesos y firmes, lo que produce beneficios a la hora de aislar el recinto de los ruidos exteriores. Una masa elevada presenta un mayor aislamiento al sonido, pero también aumenta la reverberación al interior de la sala, debido al revestimiento de las superficies, altamente reflectantes (pasta muro y pintura).

Actualmente y después de una remodelación, la sala se utiliza para realizar ensayos musicales, de baile y presentaciones del conjunto folclórico. Sin embargo, no cumple con los requerimientos deseados, ya que dicha remodelación consistió sólo en el mejoramiento de la estructura interior y básicamente en:

- La construcción de un escenario para los músicos.
- La instalación de baldosas en todo el piso y en el escenario.
- La aplicación de una delgada capa de pasta muro y dos manos de pintura a las paredes y cielo de hormigón.
- La instalación de tubos fluorescentes en el cielo de la sala.
- La construcción de dos salas, en base a paneles livianos de melamina y vidrio, destinadas para oficina administrativa y sala de control.
- La instalación de un gran espejo en la zona destinada a baile.

Además, la sala posee otros sectores que están destinados para baños y cocina. Estos, están separados de la sala a través de paneles de melamina, son de reducidas dimensiones, y generalmente se encuentran con las puertas abiertas, lo que influye en el tiempo de reverberación del local actuando como un sistema acoplado.

La distribución del espacio de la sala se muestra en la Figura 2. En la Tabla 1 se detallan las superficies y volúmenes de la sala.

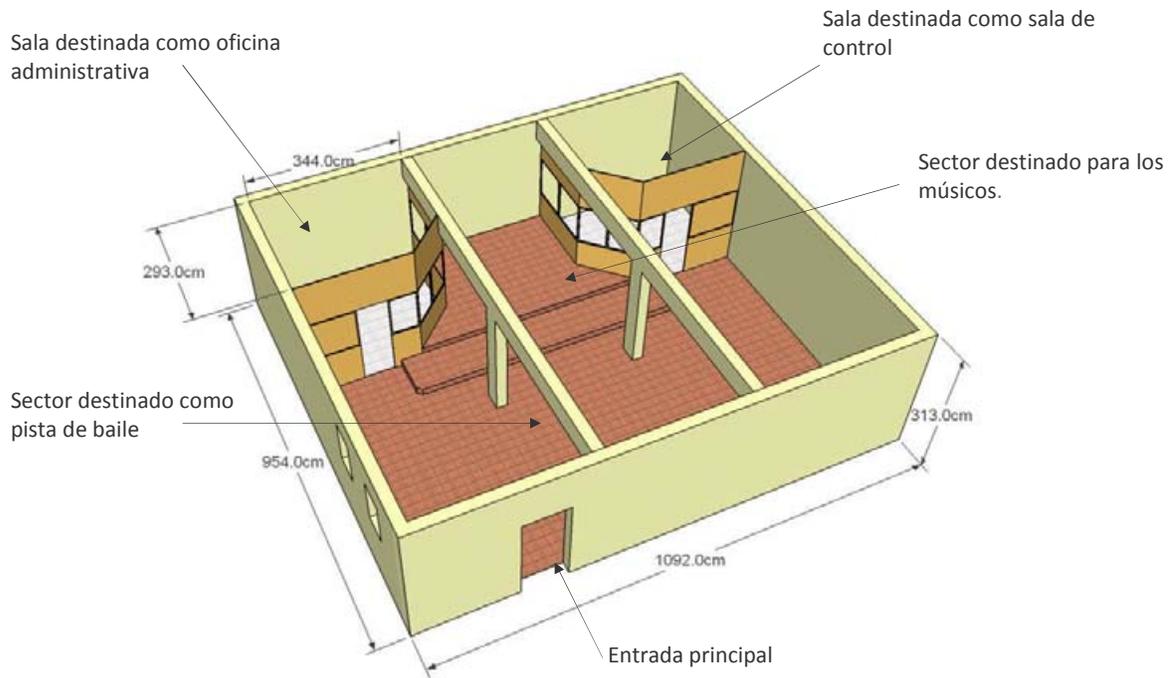


Figura 2: Muestra las dimensiones y la distribución de la sala

Superficies de la sala		
Superficie	Descripción	Área (m2)
piso baldosa	Incluye la superficie del sector de baile y el escenario	74.9
paredes hormigón	Corresponde a los tres muros que delimitan el sector de baile, y el muro detrás del escenario	81.8
paneles melamina	Los paneles que delimitan la oficina administrativa y la sala de control	38.6
vidrios	Son las ventanas de la oficina administrativa y de la sala de control	7
espejo	Es un espejo que esta en la pared en donde esta la entrada principal	4.3
cielo hormigón	Es el cielo que esta sobre la superficie del piso	74.9
Superficie total de la sala		281.5

Volúmenes de la sala		
Espacio	Descripción	Volumen (m3)
sala control	Volumen delimitado por los paneles de madera	27
oficina administrativa	Volumen delimitado por los paneles de madera	27
escenario		3.5
sala ensayo	Volumen de total de la sala, menos la oficina administrativa, la sala de control y el escenario	237.4

Tabla 1: Muestra las superficies y volúmenes de la sala.

2.2 Usos y Requerimientos de la Sala

El recinto en cuestión tiene como función principal ser sala de ensayos musicales y de baile para el conjunto folclórico Copelec. Eventualmente esta sala sirve para hacer presentaciones artísticas del conjunto.

Después del acondicionamiento acústico, se pretende realizar ciclos de cine, charlas, grabaciones de ensayos y presentaciones del conjunto folclórico.

El conjunto folclórico está compuesto por trece músicos y doce bailarines, ellos utilizan refuerzo sonoro para amplificar las voces y parte de la instrumentación. La energía sonora se dirige al conjunto musical por 4 monitores de retorno activo y a los bailarines por 2 monitores de sala. En la Figura 2 y la Tabla 2, se muestran los instrumentos, equipos de amplificación y funciones que cumplen cada músico dentro del conjunto.

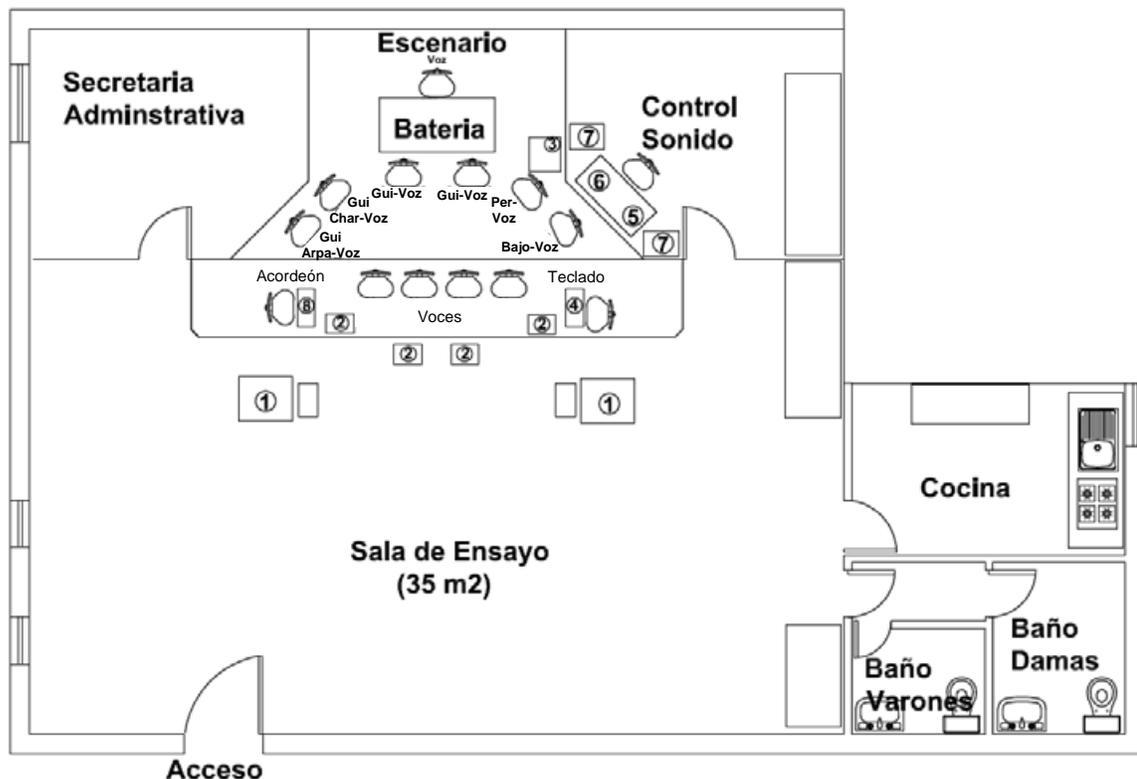


Figura 2: Instrumentos, equipos y su distribución dentro de la sala

De acuerdo con la figura 2, se aprecia que el grupo folclórico cuenta con los siguientes instrumentos: Guitarra, Charango, Bajo, Arpa, Acordeón, Teclado y Percusiones. Conocer el rango de frecuencia que tienen estos instrumentos es importante, ya que estos serán la fuente de excitación de la sala la mayor parte del tiempo. En la tabla 2, se muestra el rango de frecuencias de los instrumentos antes mencionados [1].

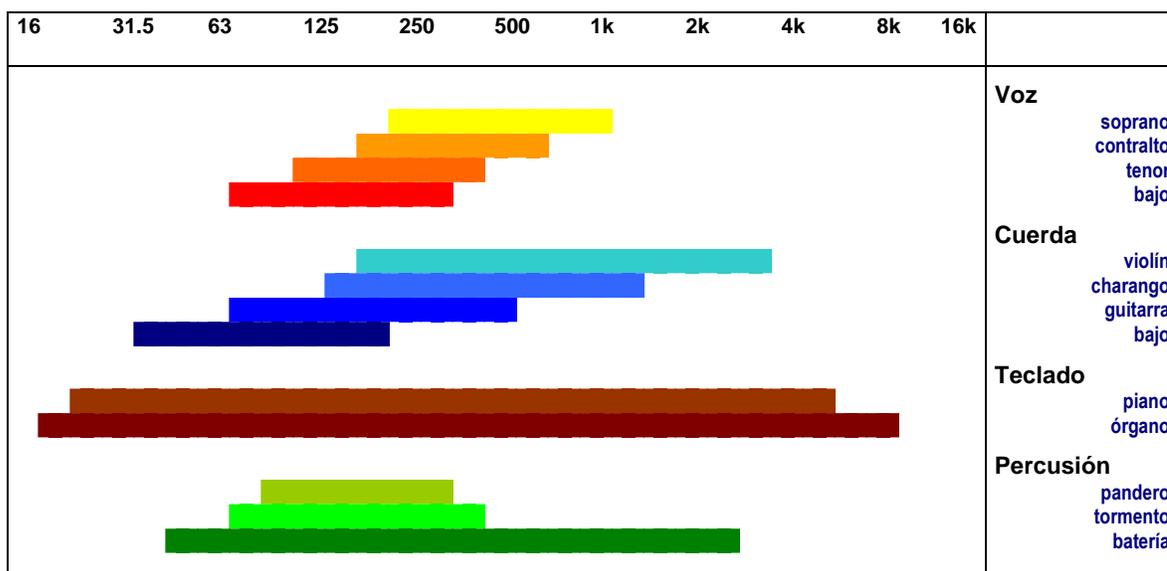


Tabla 2: Rango de frecuencia de voces e instrumentos ocupados por el conjunto folclórico

De acuerdo a la tabla 2, el rango total de frecuencias a los que esta sometida la sala va en su mayor parte, desde aproximadamente los 80 Hz a los 1200 Hz.

Para amplificar y realizar los ensayos, además de los instrumentos mencionados en la figura 2, el conjunto folclórico cuenta con los equipos detallados en la tabla 3.

EQUIPAMIENTO		
EQUIPO	MARCA	MODELO
1) monitor sala activo	EV	SXA250
2) monitor de retorno activo	Lexsen	JT 12/250
3) amplificador de bajo	Ibanez	SW65
4) teclado	Rolan	FANTOM XA
5) mesa de mezclas 24 canales	Behringer	EURODESK
6) ecualizador	phonic	SUPRACURVE
7) monitor estudio activo	samson activo 50 w	RUBICON
8) acordeón	Honner	72 BAJOS
9) caja directa	Behringer	DI 20

Tabla 3: Equipos que posee el conjunto folclórico. La posición de éstos en la sala, se esquematiza en la figura2, el número que antecede al equipo en la tabla aparece en la figura2.

2.3 Medición de Ruido de Fondo

Las mediciones del ruido de fondo se realizaron dentro del local en dos horarios distintos, la primera se realizó a la hora en que más se detectó movimiento en las cercanías, que es alrededor de las 16:00 horas y la segunda se realizó en el horario en que el grupo folclórico tiene programados sus ensayos, aproximadamente a las 20:00 horas.

Obtenidas las mediciones del ruido de fondo se grafican las curvas para los dos horarios y una tercera curva que es el promedio de las dos.

Junto con las curvas de ruido de fondo, se grafican además las curvas NC que servirán para evaluar a que especificación NC [3] corresponde de ruido de fondo del local.

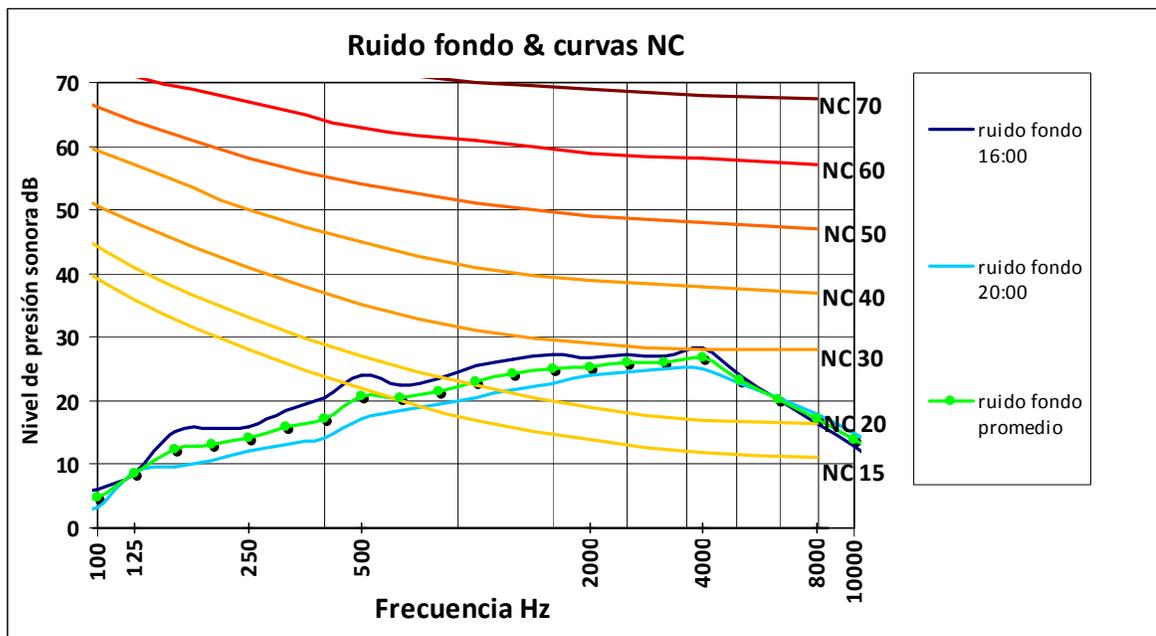


Gráfico 1: Ruido de fondo de la sala y comparación con las curvas NC, para ver que especificación tiene este

La curva de nivel de ruido de fondo corresponde a una curva NC-30, ya que en todos sus puntos se encuentra bajo ese valor. Esta curva ratifica lo bajo que es el ruido presente dentro del local.

2.4 Medición del Tiempo de reverberación.

Se define como tiempo de reverberación (TR), al tiempo que transcurre desde que una fuente sonora cesa su emisión, hasta que la energía acústica presente en el interior de la sala decae 60 dB. Es posible medir el tiempo de reverberación a partir de la curva energía-tiempo. Sin embargo, como el ruido de fondo de la sala suele ocultar la parte final de dicha curva, en la práctica se mide el tiempo que tarda en caer 20 o 30 dB y se extrapola, multiplicando dichos tiempos por 3 o 2, respectivamente.

Esta curva de decaimiento energético es distinta para cada posición dentro de una sala en particular y varía con la frecuencia. El tiempo de reverberación de la sala corresponde al promedio de los tiempos de reverberación medidos en distintos puntos.

En particular, la medición del tiempo de reverberación de la sala en cuestión se realizó de la siguiente manera:

- El proceso de medición del tiempo de reverberación fue controlado a través del software **SpectraRTA**.
- Con el software se envió una señal de ruido blanco a un monitor de sala activo marca **EV** modelo **SXA250**.
- El software realizó la recepción de la señal con un micrófono **Behringer-ecm8000**. Esta señal antes de ser procesada, pasó por una interfaz que realiza la conversión análoga digital.
- Se configuró el software para que midiera el tiempo de reverberación TR60 a través del TR20, en bandas de tercio de octava.
- El software activó la señal por 10 segundos, para la emisión y calculó el tiempo de reverberación por bandas de tercio de octava y entregó valores tabulados y graficados.
- Las mediciones se realizaron para dos posiciones de fuentes y cinco posiciones de micrófono, realizando un total de 10 mediciones (especificadas en la figura 3).
- La señal presentó una diferencia mínima de 35 dB con respecto al ruido de fondo lo que permitió calcular sin problemas una caída de nivel de 20 dB a través del TR20.

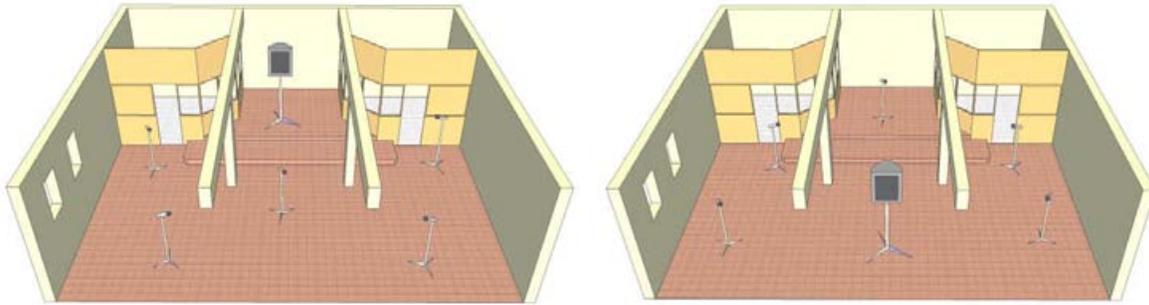


Figura 3: Esquema de posiciones de micrófono, 5 posiciones de micrófono distintas para cada posición de fuente.

Los resultados de la medición se detallan en el gráfico 2, que resume las dos posiciones en las que fue colocada la fuente y las 10 mediciones realizadas con el micrófono. En el gráfico se muestra el promedio de cinco mediciones por posición de fuente, dando como resultado una sola curva para cada posición.

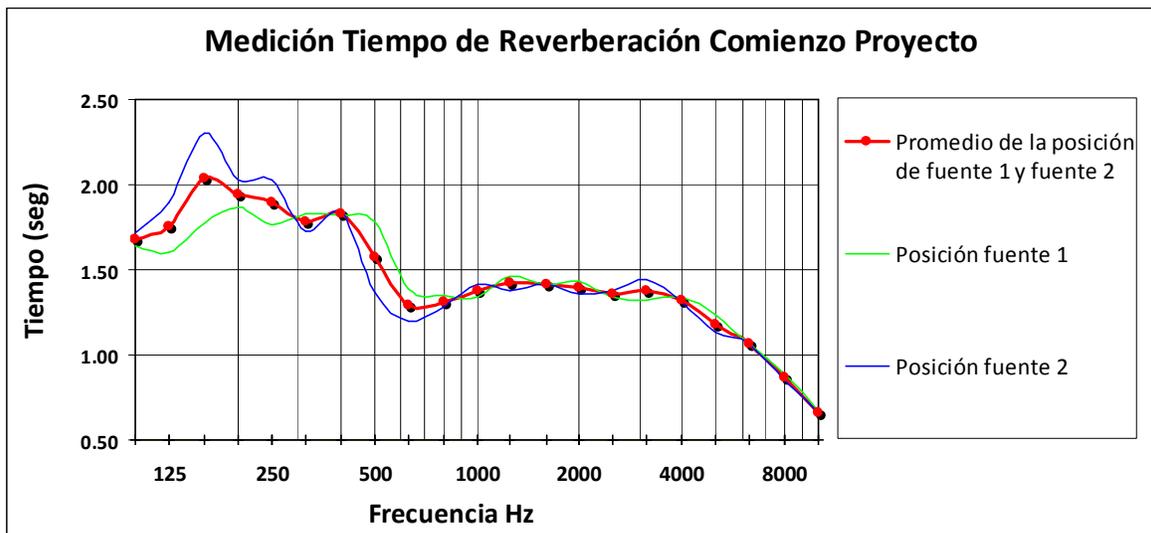


Gráfico 2: Muestra la curva promedio de medición del tiempo de reverberación por banda de tercio de octava.

A través del gráfico 2 se observa la reverberación existente dentro de la sala. **El valor del tiempo de reverberación para los 500 Hz de la sala es 1.47 segundos.**

2.5 Evaluación de la sala.

De acuerdo con las características de la sala, las mediciones realizadas para caracterizar acústicamente el estado actual de ésta y los problemas planteados por el cliente, se destaca lo siguiente:

- I. Los valores del tiempo de reverberación medidos en la sala, se deben particularmente a:
 - El bajo coeficiente de absorción de los muros y el cielo
 -
 - El bajo coeficiente de absorción piso y escenario.

 - La existencia de superficies que son muy reflectantes.

- II. El escaso aislamiento que presenta la construcción de paneles de melamina y vidrio, destinada a sala de control.

De acuerdo a estos dos puntos mencionados, el diseño acústico se basará en mejorar el tiempo de reverberación de la sala y aumentar el aislamiento acústico de la sala de control.

DISEÑO ACÚSTICO

3.1 Cálculo del Aislamiento Acústico Necesario.

Generalmente, antes de comenzar cualquier acondicionamiento acústico interior es necesario verificar que el aislamiento acústico de la obra gruesa satisfaga los requerimientos mínimos de ruido ambiental. Este aspecto es importante debido a que:

- El acondicionamiento acústico interior no proporciona un mayor aislamiento sonoro.
- Un mal aislamiento acústico generalmente requiere de modificaciones en la obra gruesa [7].

Para este proyecto el objetivo relacionado con el aislamiento acústico se centra en obtener un adecuado nivel de ruido dentro de la sala de control. El aislamiento del ruido desde el exterior al interior de la sala no será tratado, ya que las mediciones de ruido de fondo indican que el ruido exterior no produce molestias significativas dentro de la sala de ensayo, además aislar la sala de ensayos de ruido exteriores se escapa de los objetivos y presupuesto del cliente.

Para obtener el aislamiento acústico necesario para la sala de control, primero se estimará el nivel de presión sonora presente dentro de la sala de ensayo mientras el conjunto folclórico ensaya. Luego, se definirá el nivel de presión sonora que deberá haber dentro de la sala de control mientras el conjunto folclórico ensaya. La diferencia entre el nivel de presión presente en los ensayos y el nivel requerido dentro de la sala de control, será el **aislamiento necesario** que deberá tener la división de la sala de control a la sala de ensayo.

Estimación del Nivel de Presión dentro de la sala de ensayo.

Para la estimación del nivel de presión sonora que hay dentro de la sala se tomó como referencia los niveles por banda de octava de la curva de espectro musical MS-90 [16].

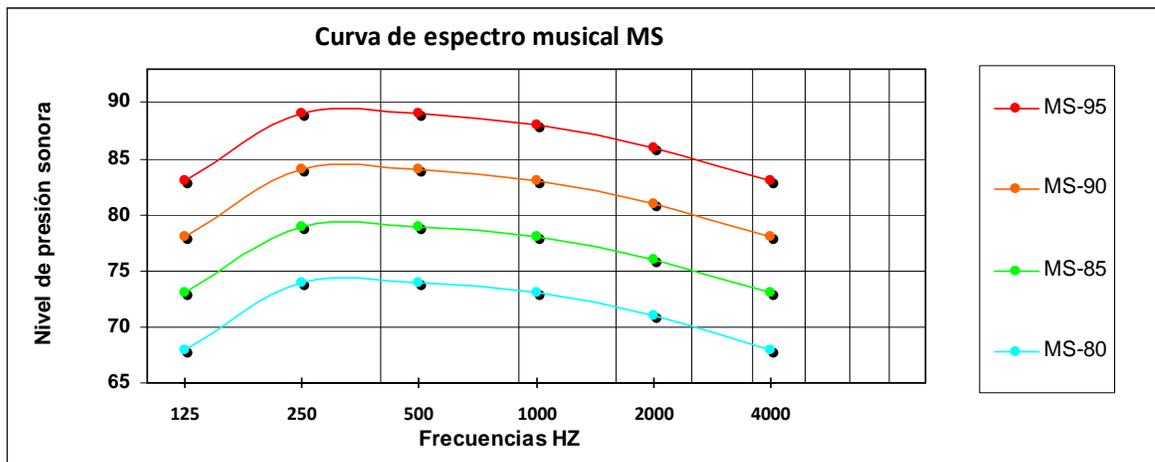


Gráfico 3: curva de espectro musical, que en este caso sirve para estimar el nivel de ruido interior de la sala de ensayo.

Frecuencia	125	250	500	1000	2000	4000
NPS del índice (MS-90) (dB)	78	84	84	83	81	78

Tabla 3: Estimación del nivel de presión sonora en la sala de ensayos, a través de la curva de espectro musical.

Determinación del Nivel de Ruido Requerido para la sala de control

De acuerdo a las curvas NC (“Noise Criteria”), que establecen los niveles de ruido máximos recomendables para diferentes tipos de recintos en función de su aplicación [1], se sabe que una sala de control para grabación profesional debería tener un nivel de presión sonora igual o menor al que se establece en la curva NC-15.

Debido a que el conjunto folclórico sólo desea llevar un registro sonoro de sus ensayos y presentaciones, se establece que el nivel de ruido interior estará dado por la curva NC-30.

Frecuencia	125	250	500	1000	2000	4000
NPS del índice (NC-30) (dB)	48	41	35.5	31	28.5	27

Tabla 4: Estimación del nivel de presión sonora que debería haber en la sala de control una vez acondicionada.

Cálculo del Aislamiento Necesario

El aislamiento necesario para la sala de control está dado por la diferencia de nivel de curva MS-90, con respecto a la curva NC-30. Esta diferencia aparece tabulada en la tabla 4.

Frecuencia	125	250	500	1000	2000	4000
Nivel requerido dentro sala control (NC-30)	48	41	35.5	31	28.5	27
Nivel estimado dentro de la sala de ensayo (MS-90)	78	84	84	83	81	78
Aislamiento necesario (dB)	30	43	48.5	52	52.5	51

Tabla 4: Cálculo del aislamiento necesario para la sala.

Dentro de la literatura hay variada información sobre índices de aislamiento acústico de diversos materiales y sistemas empleados para este fin. Información importante sobre esto entrega el Listado Oficial de Soluciones Constructivas para Aislamiento Acústico del Ministerio de Vivienda y Urbanismo [17]. En el se detallan los índices de aislamiento acústicos por bandas de tercio de frecuencia, de diversos sistemas constructivos de muros divisorios.

Se analizaron diversos sistemas del listado del Ministerio de Vivienda, y se encontró uno que cumplía con las condiciones de aislamiento requerido. La descripción del sistema que aparece en el listado es la siguiente: “El muro está constituido por una estructura de acero que consta de dos soleras (inferior y superior) de 92 x 30 x 0,85 mm. En el interior de esta estructuración se han colocado montantes tipo C de 60 x 38 x 0,85 mm, distanciados a 300 mm entre ejes e instalados en forma

alternada en la solera. Esta estructura está forrada por ambas caras con una doble plancha de yeso-cartón de 10 mm de espesor, cada una, traslapadas. El espacio libre interior de esta estructura se rellenó con lana de vidrio con densidad 14 kg/m³ y un espesor de 80 mm. La lana se desplegó en forma horizontal y continua desde un extremo del tabique al otro. El encuentro de la solera inferior con la losa de piso se selló con lana de vidrio. Los tres contornos restantes (laterales y superior) se sellaron con un sello pintable. El espesor total del elemento descrito resulta ser de 130 mm"[17].

Finalmente se propone diseñar un muro divisorio, para la sala de control, en base a las características del muro descrito en el Listado Oficial del Minvu. Los valores del índice de aislamiento acústico entregado por este muro aparecen en el gráfico 4 (bajo el nombre de aislamiento propuesto), junto con el aislamiento necesario para la sala de control. El diseño del muro divisorio se verá más adelante, junto con el diseño de las demás soluciones acústicas.

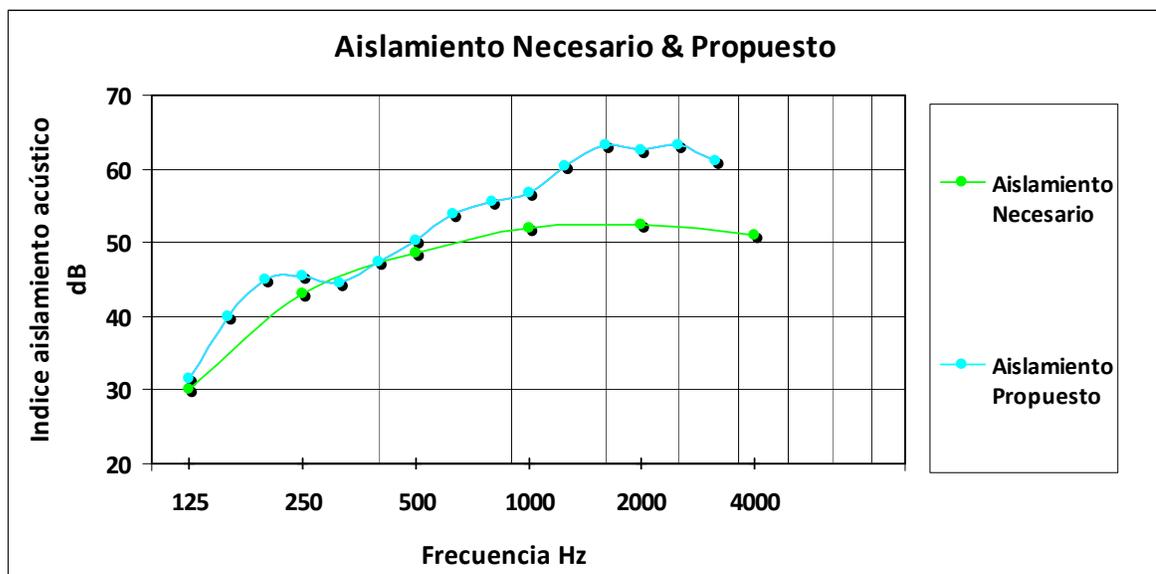


Gráfico 4: Aislamiento necesario & aislamiento propuesto, que es el aislamiento entregado por el muro divisorio descrito en el listado del ministerio de vivienda.

3.2 Cálculo del Tiempo de Reverberación.

Para que la sala pueda ser ocupada indistintamente, como sala de ensayo o como sala de grabación, se realizarán los siguientes pasos:

- **Definir un único tiempo de reverberación óptimo para la sala.**
- **Calcular absorción óptima para la sala, a través de la fórmula de Sabine, el volumen de la sala y el tiempo de reverberación óptimo definido anteriormente.**
- **Calcular la absorción actual de la sala, a través de la fórmula de Sabine, el volumen de la sala y el tiempo de reverberación actual medido (sala sin acondicionar).**
- **Calcular la absorción necesaria, que es la absorción que falta por agregar a la sala, para obtener una absorción óptima.**
- **Elegir materiales o dispositivos, que entreguen la absorción que falta para alcanzar la absorción óptima.**
- **Calcular la absorción de los materiales propuestos, variando cada superficie hasta alcanzar la absorción necesaria.**
- **Obtener la absorción resultante, que es la absorción que deberá tener la sala una vez que se reemplacen algunas superficies reflectantes (o de baja absorción), por los materiales propuestos (que tiene una mayor absorción).**
- **Obtener el tiempo de reverberación resultante, que es el tiempo de reverberación que deberá haber en la sala, una vez acondicionada.**

Definir un único tiempo de reverberación óptimo

Dentro de la literatura referente al tiempo de reverberación, hay diversas recomendaciones del tiempo de reverberación óptimo que debería tener una sala de acuerdo a un uso determinado [1,7,11]. Para salas destinadas a la música, se recomiendan valores de tiempo de reverberación que van desde 0.7 a 2 segundos de acuerdo al volumen de la sala y el tipo de música. Para salas de grabación los valores recomendados van desde los 0.2 a los 0.5 segundos de acuerdo al volumen de la sala (entre 100 y 1000 m³).

El objetivo de este punto se centra en definir un único tiempo de reverberación para la sala, que permita realizar las dos actividades (ensayar y grabar), y claramente los tiempos de reverberación difieren para cada caso.

Se analizaron distintos tiempos de reverberación para la sala y se definió que el valor óptimo para ésta es de 0.5 segundos, ya que:

- De acuerdo al volumen de la sala (237 m³), el tiempo de reverberación óptimo para salas de música es aproximadamente de 0.7 a 0.9 segundos, y para sala de grabación es un poco mayor que 0.4 segundos [1,11,18].
- Si es demasiado bajo este valor del tiempo de reverberación para los ensayos, se puede aumentar la reverberación por medios electrónicos o electromecánicos [3].

Además del tiempo de reverberación se consideraron parámetros de calidez y brillo para la sala [7], y se decidió dar calidez a la sala aumentando el tiempo de reverberación de las frecuencias bajas [2] y se disminuyó un pequeño porcentaje las frecuencias altas para que la sala pierda brillo [2]. En el Gráfico 5 y la Tabla 5 se detallan los valores.

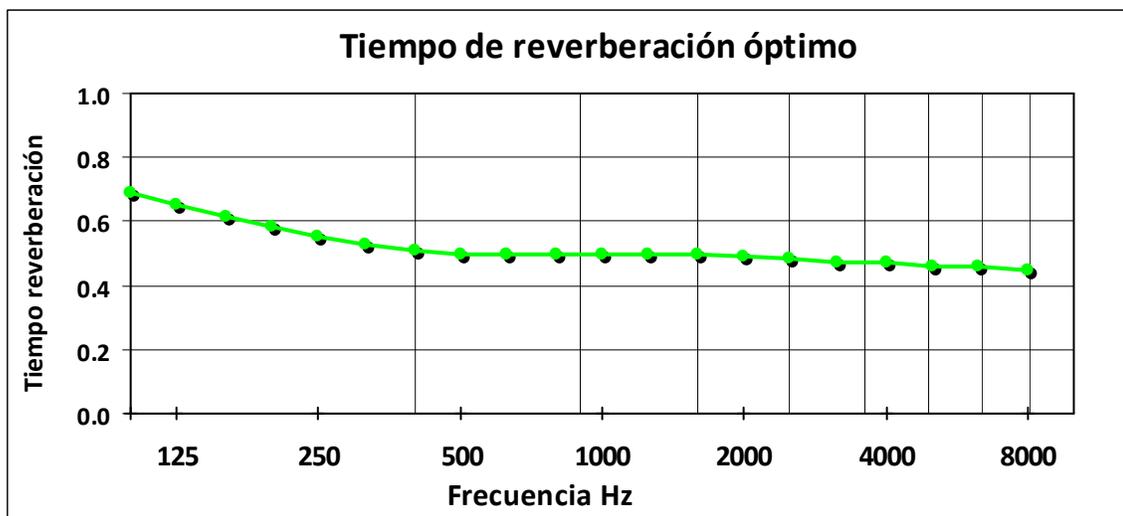


Gráfico 5: Tiempo de reverberación óptimo.

Frecuencia Hz	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Tiempo reverberación óptimo TR _{opt}	0.65	0.55	0.5	0.5	0.49	0.47	0.45

Tabla 5: Valores tabulados para TR en banda de octava.

Calcular Absorción óptima

Será necesario cambiar el tiempo de reverberación óptimo dado en bandas de tercio de octava, a valores de absorción en bandas de tercio de octava.

Para calcular la absorción correspondiente al tiempo de reverberación de cada banda, se utilizará la fórmula de Sabine, que relaciona el volumen de la sala (V) y el tiempo de reverberación (TR_{opt}). Así la absorción óptima (A_{opt}) para cada banda estará dada por:

$$A_{opt} = \frac{V * 0.161}{TR_{opt}} \quad (1)$$

La absorción para cada banda de octava de la región de interés esta dada en la tabla:

Frecuencia Hz	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Absorción óptima (m2)	58.70	69.38	76.31	76.31	77.87	81.19	84.79

Tabla 6: Valores tabulados absorción óptima

Calcular Absorción Actual y Absorción necesaria

La absorción óptima calculada anteriormente y detallada en la Tabla 6, menos la absorción actual medida en la sala, entrega la absorción necesaria que hay que agregar a la sala, para que ésta tenga el tiempo de reverberación óptimo [3,16].

La tabla 7 muestra los valores del tiempo de reverberación óptimos definidos anteriormente, y los valores del tiempo de reverberación medidos en la sala. También, muestra los valores calculados de la absorción óptima que debería tener la sala y los valores calculados de la absorción que tiene actualmente la sala. Los dos cálculos de absorción se realizaron con la Ecuación (1).

Frecuencia	125	250	500	1000	2000	4000	8000
TR opt	0.65	0.55	0.50	0.50	0.49	0.47	0.45
Absorción óptima	58.7	69.4	76.3	76.3	77.9	81.2	84.8
TR actual	1.75	1.89	1.57	1.38	1.39	1.32	0.87
Absorción actual	21.8	20.1	24.3	27.6	27.4	28.9	44.1
Absorción Necesaria	36.9	49.2	52.0	48.7	50.5	52.3	40.7

Tabla 7: Valores tabulados de absorción y tiempo de reverberación óptimos para la sala.

Elegir materiales

Para agregar mas absorción a la sala y que esta presente una absorción similar a la absorción óptima, es necesario cambiar o revestir las superficies de la sala con materiales que aporten mayor absorción.

La elección de materiales que aporten la absorción necesaria en la sala se basó en los siguientes criterios:

- Que el material a ocupar cuente con los valores del coeficiente de absorción, y de preferencia, que los valores de los coeficientes de absorción sean entregados por el fabricante y hayan sido ensayados o medidos estandarizadamente.
- Que el costo de estos materiales este de acuerdo con el presupuesto con el que se cuenta para cada tipo de solución.
- Que preste valor estético a la sala, o que sea fácil darle terminaciones, para que aporte a la estética del recinto.
- Que el material a utilizar este disponible en Chillán y esté en las cantidades suficientes.

De acuerdo a estos criterios se eligieron los siguientes materiales:

Lana de vidrio

Los valores de coeficientes de absorción en bandas de tercio de octava para la lana de vidrio están dados en el gráfico 6. Específicamente estos valores de coeficiente de absorción corresponden a la lana de vidrio AislanGlass 50mm espesor y 18 Kg/m³ de densidad. Este material fue medido bajo el estándar ASTM C423-90a.



Figura 4: Lana de vidrio en panel y rollo.

Placa perforada de yeso cartón:

La placa Gyplac Acusti-K es una placa de yeso-cartón laminado con perforaciones de distintas geometrías, que aportan una solución acústica y estética. En su dorso llevan incorporado un velo de fibra de vidrio con el fin de crear una barrera contra el polvo y partículas.

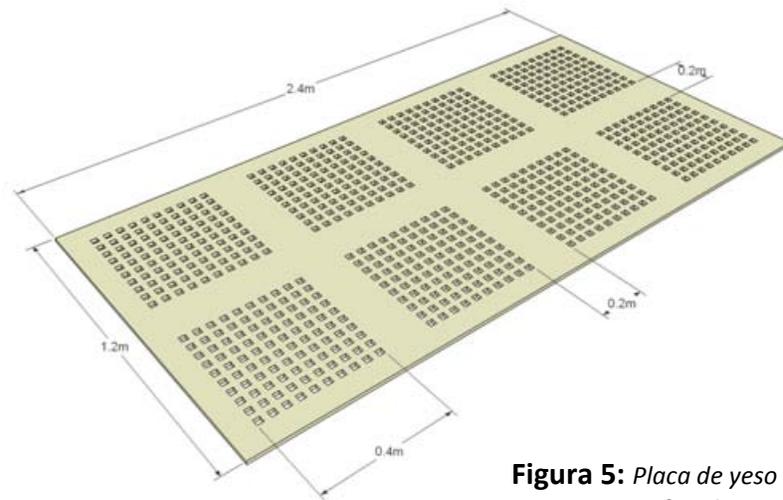


Figura 5: Placa de yeso cartón perforada.

Los valores de coeficientes de absorción de estas placas se encuentran en el gráfico 6. Estos valores son entregados por el fabricante, y detallan dos tipos de mediciones, una con lana de vidrio dentro de la cavidad formada por la placa y el cielo y la otra sin lana de vidrio. Para este caso se utilizará la placa sin lana de vidrio en la cavidad.

Alfombra Bucle 10 mm: El principal uso de la alfombra en este proyecto es para disminuir las reflexiones en el suelo del escenario. Los valores de coeficiente de absorción de alfombras no los entrega el fabricante. En la literatura [4], se encontraron valores para alfombras de las mismas características.

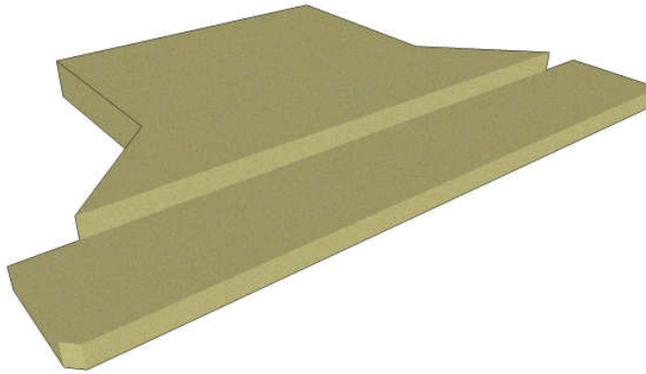


Figura 6: Arriba, superficie en donde será puesta la alfombra. Derecha, detalles de algunas alfombras.

A continuación se detalla en forma gráfica los valores de coeficientes de absorción de los materiales antes mencionados:

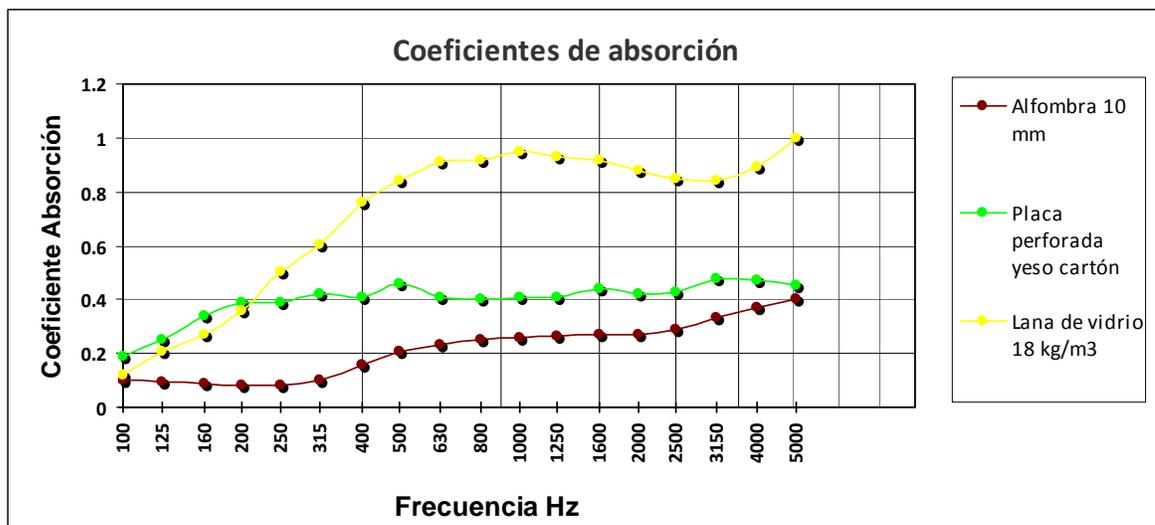


Gráfico 6: Coeficiente de absorción de los materiales utilizados.

Absorción materiales propuestos.

Anteriormente se definió la absorción necesaria que hay que agregar a la sala para que ésta tenga un tiempo de reverberación óptimo. Luego se definieron los materiales a ocupar. Ahora hay que calcular la cantidad de metros cuadrados, (de los materiales propuestos) que entregarán la absorción necesaria, para obtener un TR óptimo en la sala.

En la tabla 8 se presentan los valores de los metros cuadrados de cada material propuesto y la absorción que éstos entregan.

Absorción propuesta													
Material	Superficie m ²	frecuencias Hz											
		125		250		500		1000		2000		4000	
		α	A	α	A	α	A	α	A	α	A	α	A
Lana de vidrio	24	0.2	5.0	0.5	12.0	0.8	20.2	1.0	22.8	0.9	21.1	0.9	21.4
Placa perforada	73	0.3	18.3	0.4	28.5	0.5	33.6	0.4	29.9	0.4	30.7	0.5	34.3
Alfombra	24	0.1	2.3	0.1	1.9	0.2	5.0	0.3	6.2	0.3	6.5	0.4	8.9
Absorción Propuesta		25.57		42.39		58.78		58.97		58.26		64.55	

Tabla 8: Absorción materiales, que se obtuvo de ir variando los metros cuadrados de material hasta que la absorción total sea igual o parecida a la absorción necesaria.

Los materiales propuestos en la tabla 8 cubrirán parte de las superficies reflectantes que tiene la sala. Por esta razón, habrá que calcular la absorción que producen las superficies que serán reemplazadas por estos materiales. Luego, restar a la absorción actual de la sala (que es la absorción de la sala sin acondicionar), la absorción de las superficies reemplazadas. Esta absorción (de la sala menos la de las superficies a reemplazar), más la absorción de los materiales igualará a la absorción óptima que debe tener la sala para que presente el tiempo de reverberación óptimo.

Los 24 m² de lana mineral serán instalados en un marco revestido, en la pared 1 (definida en la Figura 7). Por lo tanto, la lana mineral reemplazará 24 m² de pared de hormigón pintado. Los 74 m² de placa perforada serán instalados en la totalidad del cielo de la sala de ensayo, por lo tanto estas reemplazaran 74 m² de hormigón pintado. Finalmente la alfombra cubrirá todo el escenario, esto corresponde a 24 m² de superficie de baldosa que serán reemplazados.

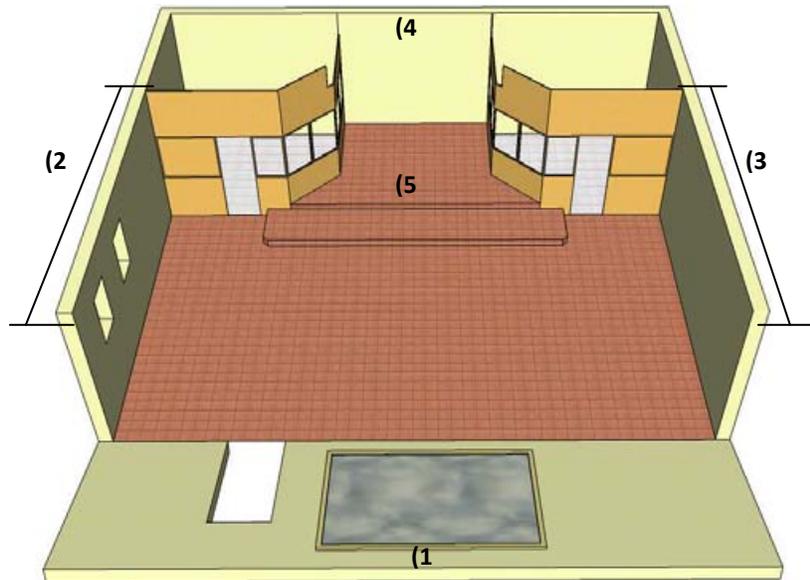


Figura 7: superficies a tratar.

En la Tabla 9 se presenta la absorción que entregan las superficies que serán reemplazadas.

Material y superficie reemplazada	125	250	500	1000	2000	4000
Hormigón pintado (73 +24 m2 reemplazados)	0.97	0.97	1.94	1.94	1.94	1.94
Baldosa (24 m2 reemplazados)	0.24	0.24	0.24	0.48	0.48	0.48
Absorción reemplazada	1.21	1.21	2.18	2.42	2.42	2.42

Tabla 9: Absorción que será reemplazada por la absorción de los materiales propuestos

Absorción resultante

Anteriormente se calculó la absorción actual de la sala, a través de la fórmula de Sabine. A esta absorción actual se le restó la absorción reemplazada y se le sumó la absorción de los materiales obteniendo de este reemplazo, la absorción resultante. La Tabla 10 resume el proceso de cálculo para obtener el tiempo de reverberación resultante.

Frecuencia Hz	125	250	500	1000	2000	4000
Absorción actual A_{ac}	21.8	20.1	24.3	27.6	27.4	28.9
Absorción óptima A_{op}	58.7	69.4	76.3	76.3	77.9	81.2
Absorción necesaria $A_n = A_{op} - A_{ac}$	36.9	49.2	52.0	48.7	50.5	52.3
Absorción materiales propuestos* A_{mat}	25.57	42.39	58.78	58.97	58.26	64.55
Absorción reemplazada A_r	1.21	1.21	2.18	2.42	2.42	2.42
Absorción Resultante $A_R = A_{mat} + A_{ac} - A_r$	46.16	61.32	80.87	84.20	83.21	91.00

Tabla 10: Resumen del proceso de cálculo para obtener la absorción resultante deseada (* se desea que la absorción de los materiales propuestos sea igual a la absorción necesaria, generalmente no lo es)

Tiempo de reverberación resultante.

Finalmente, los valores de la absorción resultante serán ocupados para obtener el tiempo de reverberación resultante, que es el tiempo de reverberación que deberá haber en la sala una vez acondicionada. La obtención de estos valores se realizó a través de la Ecuación (1) mencionada al comienzo de este apartado.

En la Tabla 11 se muestran los valores de tiempo de reverberación que tiene la sala sin el acondicionamiento acústico (tiempo de reverberación actual), los valores del tiempo de reverberación óptimo definido para la sala, y los valores del tiempo de reverberación resultante, que es el tiempo de reverberación propuesto para la sala.

Frecuencia Hz	125	250	500	1000	2000	4000
TR actual	1.75	1.89	1.57	1.38	1.39	1.32
TR óptimo	0.65	0.55	0.50	0.50	0.49	0.47
TR resultante	0.82	0.63	0.47	0.44	0.45	0.41

Tabla 11: Resumen de los valores del tiempo de reverberación resultante

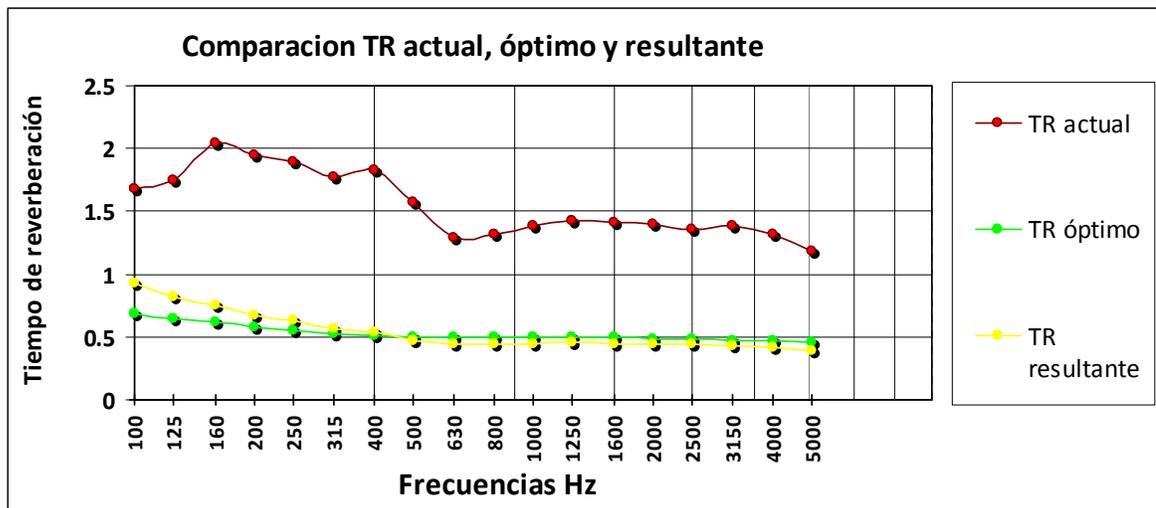


Gráfico 7: Comparación TR actual, óptimo y final.

3.3 Características y Detalles de las Soluciones.

3.3.1. Resonador Acoplado.

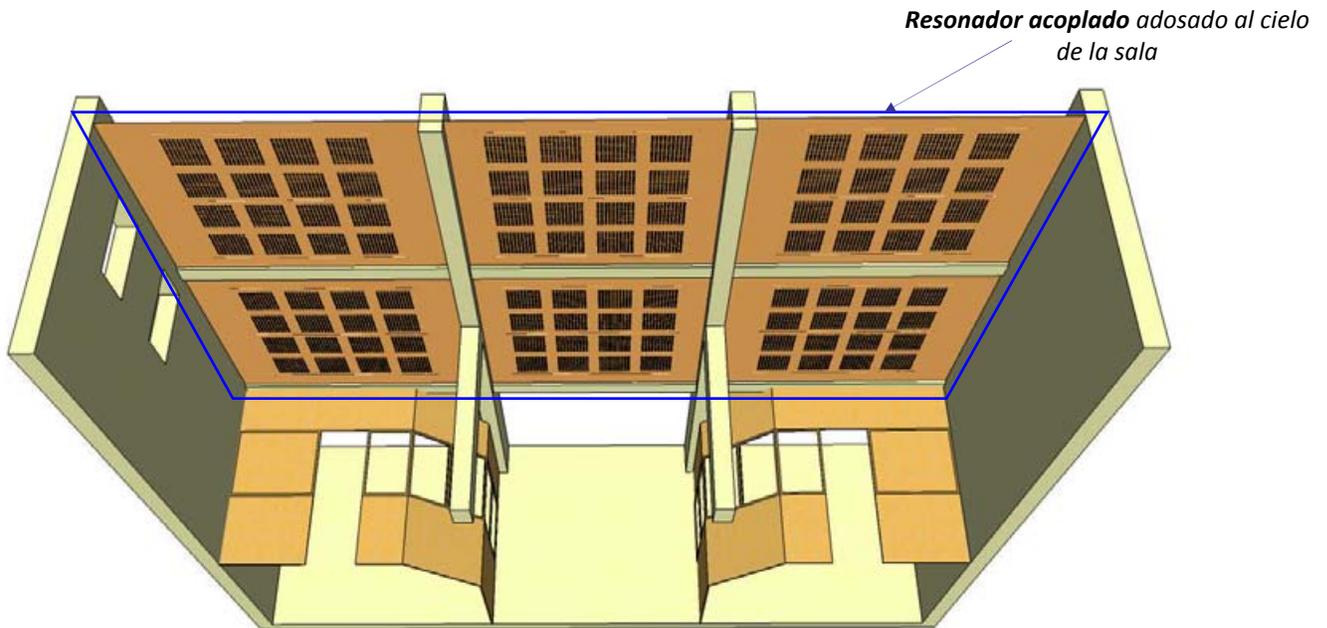


Figura 8: Ubicación de los resonadores acoplados en la sala.

Características

El sistema de resonadores acoplados está diseñado para proporcionar un porcentaje de la absorción que disminuirá el tiempo de reverberación de la sala. Está formado por placas de yeso cartón a las cuales se le han practicado perforaciones y se han instalado a una distancia d del cielo, para formar una cavidad cerrada de aire. El cielo está dividido en nueve secciones debido a su estructura. El sistema propuesto ocupa 6 de estas secciones, albergando en cada uno de estos espacios un sistema básico, que se compone de dos placas perforadas de yeso cartón, placas normales de yeso cartón para rellenar los espacios faltantes y estructura metálica para sostener las placas colgando en el techo.

El objetivo de instalarlo en el cielo es evitar las reflexiones que se producen al tener superficies paralelas y altamente reflectantes.

Los resonadores acoplados son resonadores unitarios dispuestos uno al lado de otro. La absorción de un resonador unitario es proporcional a la longitud de onda del sonido al cuadrado (λ^2), es por esto que es necesario utilizar una gran cantidad de ellos para absorber frecuencias altas. Una manera fácil y económica de construir varios de resonadores unitarios simultáneamente, es acoplarlos [7].

La unidad básica de los resonadores acoplados propuestos es el resonador unitario que se muestra en la Figura 9.

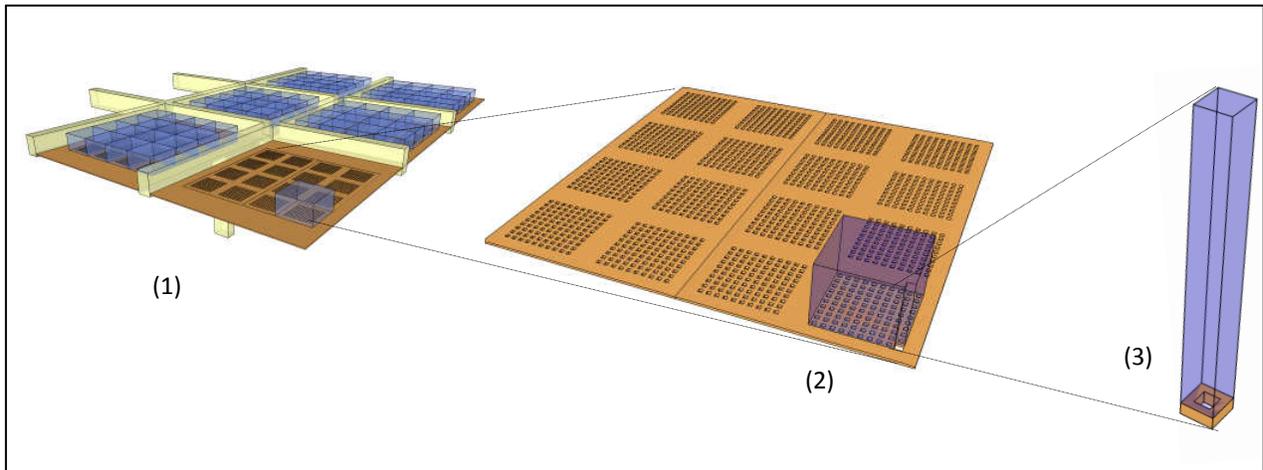


Figura 9: 1) sistema completo de resonadores acoplados, 2) sistema básico de resonadores compuesto por dos placas de yeso cartón perforadas, 3) resonador unitario. El volumen azul que aparece en el esquema, es solo la representación del volumen de aire presente en ese sector.

3.3.2. Absortores Porosos.

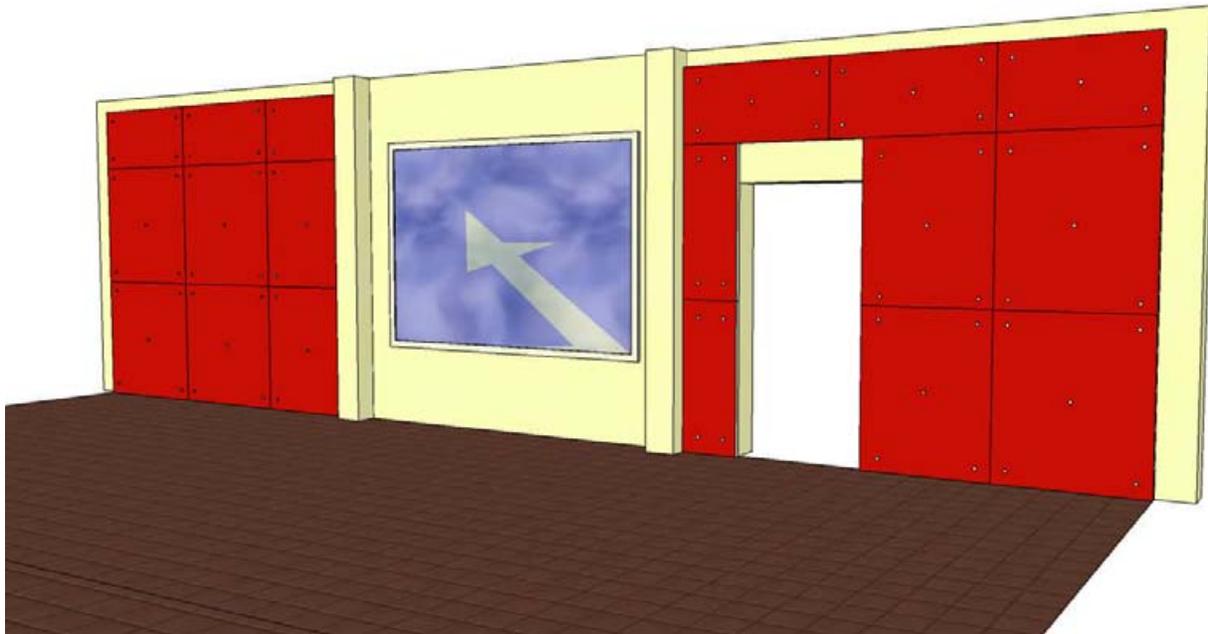


Figura 10: *Ubicación de los absortores porosos dentro de la sala.*

Características

Este sistema está compuesto por dos grupos de paneles absorbentes porosos, que serán instalados en la pared 1 (definida en la etapa del cálculo del tiempo de reverberación). Cada grupo de paneles está compuesto por 6 paneles individuales que se han adaptado a la geometría de la pared.

Cada panel está compuesto por dos paneles rígidos de lana de vidrio, montado sobre una estructura de madera que se ha revestido con tela de terciopelo rojo que le otorga calidez al local. La estructura de madera impide que los paneles se deformen y permite que estos puedan ser fijados al muro.

Se instalará en la pared 1 (definida en la Figura 7) para evitar que se formen reflexiones producto del sonido proveniente del escenario.

Detalles constructivos

Las fotos y figuras esquematizan el proceso constructivo de este sistema.

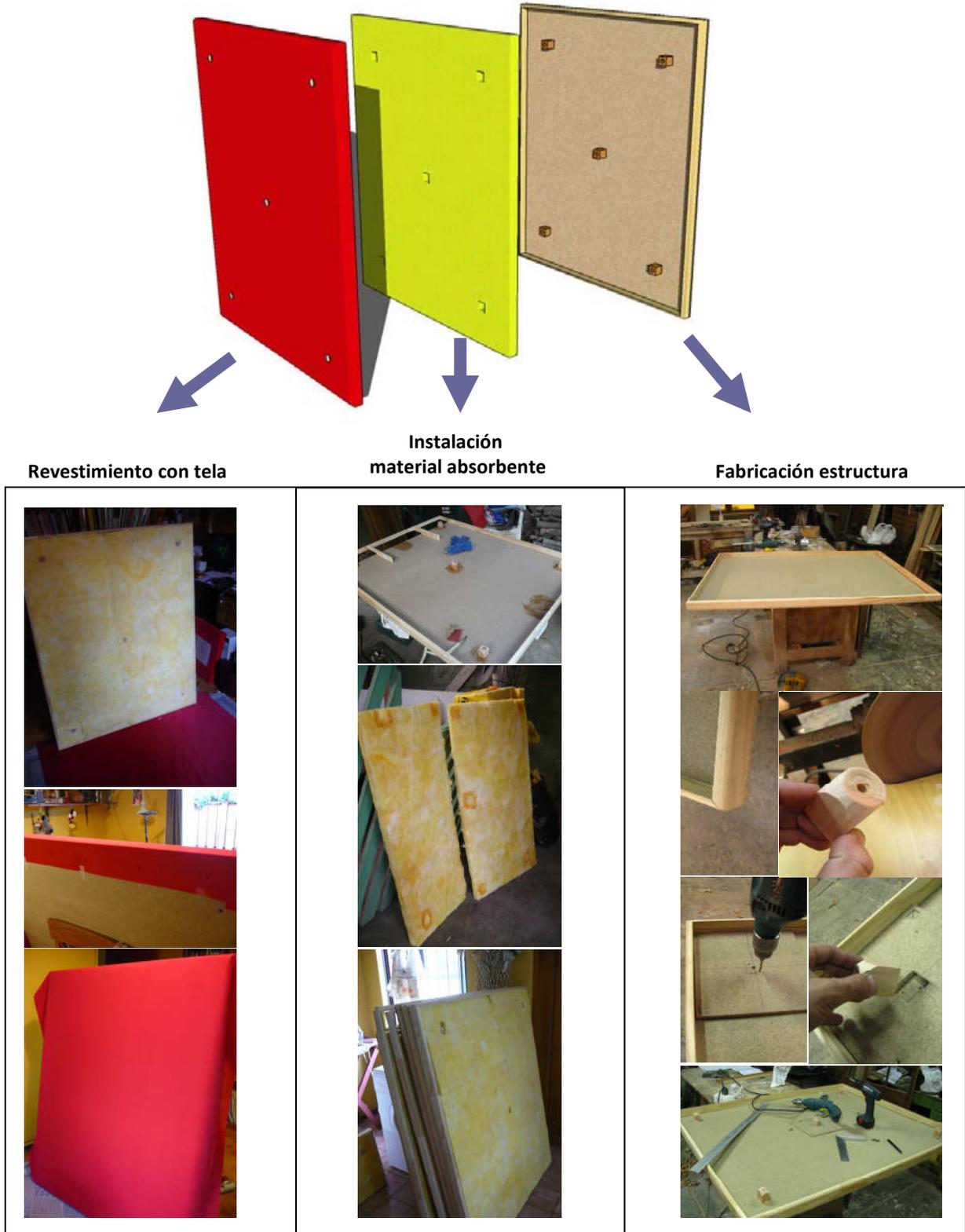


Figura 11: detalles constructivos de los absortores porosos.

3.3.3. Difusores QRD y MLS.

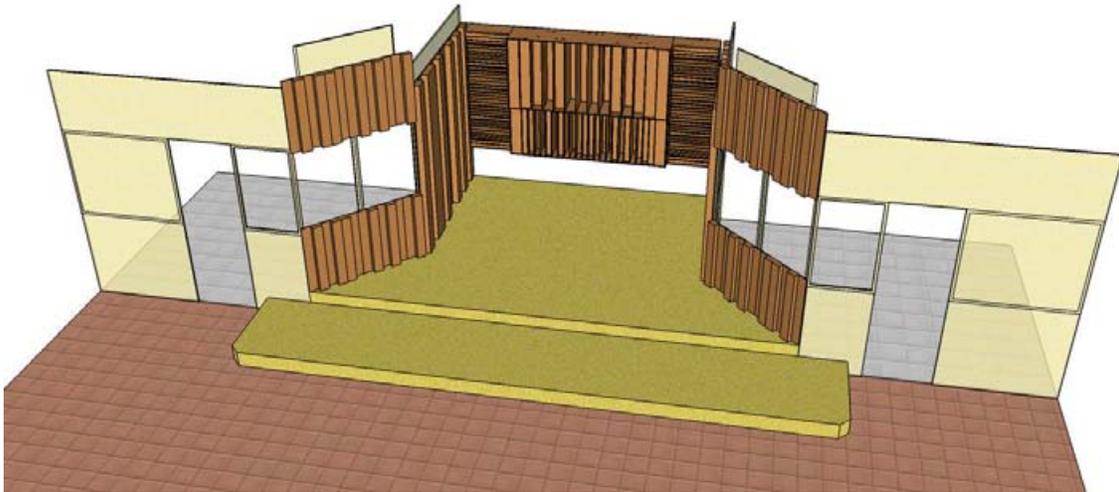


Figura 12: Ubicación de los difusores dentro de la sala.

Características

Los sistemas de difusores propuestos están diseñados para dispersar de forma uniforme y en múltiples direcciones la energía sonora que incide sobre ellos. Esto contribuye a que el sonido llegue en todas direcciones a los oídos de los músicos.

La difusión propuesta para la sala se basa en dos modelos de difusores genéricos: los difusores de residuos cuadráticos QRD (“Quadratic Residue-Diffusor”) y los difusores de secuencia de longitud máxima MLS (“Maximum Length Sequence”).

Los difusores QRD se han diseñado para difundir un rango de frecuencia que va desde los 265 Hz a los 3800 Hz, están ubicados en el fondo del escenario y se componen de cuatro cuerpos, el primero está calculado para dispersar el rango de frecuencia de los 265 a 850 Hz, el segundo desde los 350 a los 1800 Hz y los dos restantes que son de iguales dimensiones y están pensados para atacar el mismo rango de frecuencia, que va desde los 500 a los 3800 Hz.

Con los difusores MLS se pretende potenciar la difusión del rango de frecuencias que va desde los 800 a los 2000 Hz. Además aportarán a la estética del sector del escenario, haciendo un solo conjunto a los difusores QRD ubicados al fondo del mismo, la inclinación que se le dio al techo para aprovecharla como reflector y la alfombra que se instaló para aportar a la absorción y disminuir reflexiones [1,7].

Proceso de cálculo y diseño.

En el diseño de los difusores, se estableció una frecuencia máxima (**f max**) y una frecuencia mínima (**f min**) de difusión. Esto se realizó de acuerdo a la Figura 13, que muestra la asignación del rango de frecuencias a dispersar por cada difusor.

Se calculó el **ancho de las ranuras W**, que depende de **f_{max}** y su relación se expresa a través de la siguiente ecuación:

$$W = \frac{c}{2f_{\max}} - T, \quad (2)$$

donde

c= velocidad del sonido.

T= espesor de los divisores de las ranuras, en mm.

Se calculó el **número de ranuras (p)** a través de la siguiente ecuación

$$p = \frac{2m_{\max} f_{\max}}{f_0}, \quad (3)$$

donde

p tiene que ser un número primo, y si no lo es, se utiliza el número primo inmediatamente superior al valor dado por la fórmula.

m_{max} es el grado de difusión. Generalmente es m=2.

Para calcular la **profundidad de la ranura (h_n)** se ocupa la siguiente ecuación:

$$h_n = \frac{S_n c}{2pf_{\min}}, \quad (4)$$

donde

S_n= n-avo valor de la secuencias de residuos cuadráticos.

Los valores de la secuencia de residuos cuadráticos se obtienen a partir de la siguiente ecuación:

$$S_n = n^2 \text{ mod}^* p, \quad (5)$$

donde

n= número entero que va desde 0 hasta p-1.

mod= operación matemática que indica que cada valor de S_n se obtiene como el resto o residuo del cociente entre n² y p [1].

En las Tablas 12 y 13 se muestran los valores para cada difusor. Obtenidos con las expresiones anteriores.

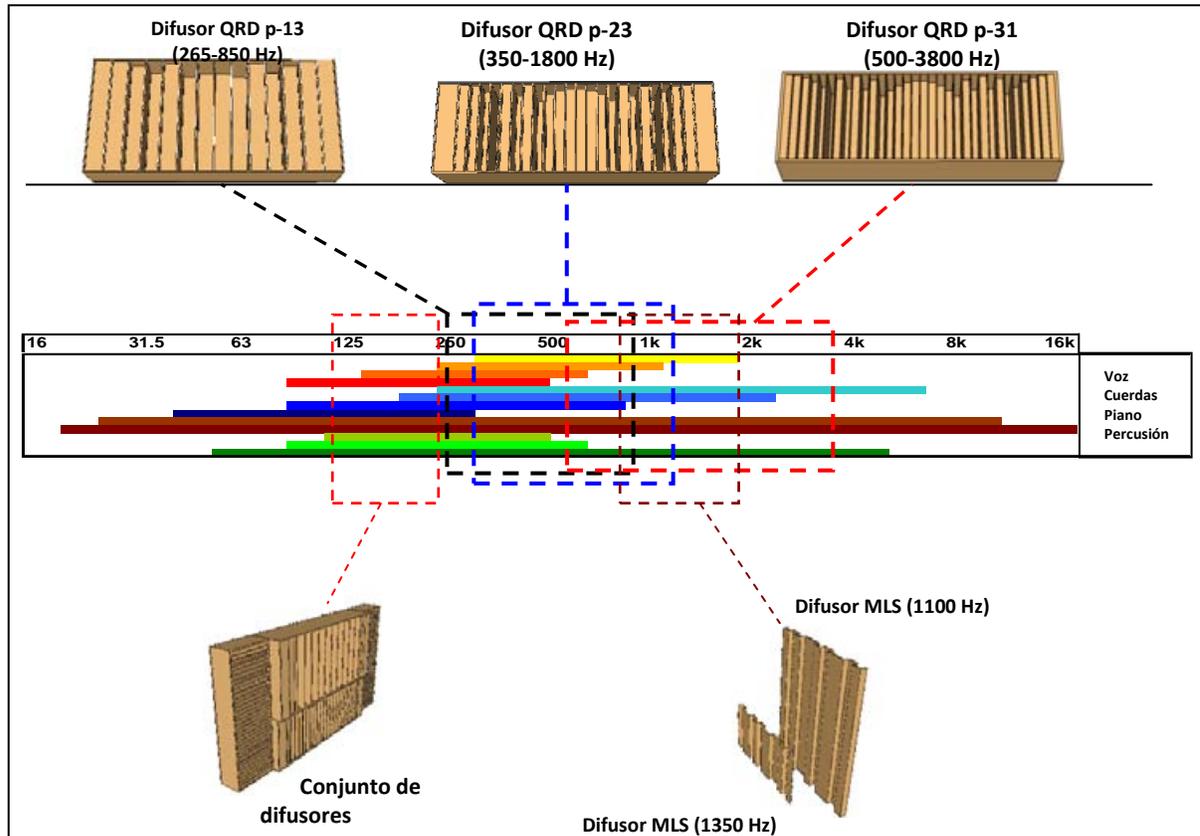
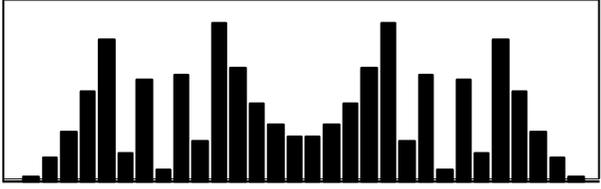
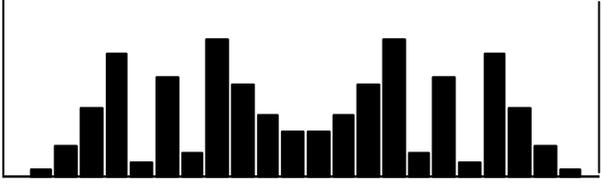
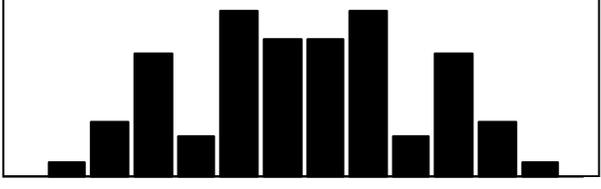


Figura 13: Esquema que muestra el rango de frecuencias que tiene que dispersar cada difusor, el conjunto de difusores QRD se utiliza para dar difusión en bajas frecuencias, ya que las dimensiones totales de los difusores, se presentan como salientes que pueden dispersar el frente de onda de longitudes similares a las de este conjunto.

	p-13	p-23	p-31	
f min	265	350	500	
f max	850	1800	3800	
Ancho ranura (m)	0.149	0.075	0.035	
Esesor separador (m)	0.0055	0.0055	0.0055	
Ancho ranura + separador (m)	0.154	0.081	0.040	
Numero p	12.83	20.57	30.40	
Numero de ranuras	13	23	31	
Ancho difusor (m)	2.16	1.93	1.28	
Alto Difusor (cm)	90	60	70	

profundidad n-ava ranura	QRD-P13	QRD-P23	QRD-P31	profundidad n-ava ranura	QRD-P13	QRD-P23	QRD-P31
1	0	0	0	17		6.4	7.4
2	3.8	2.1	0.9	18		27.8	9.3
3	15.3	8.5	3.7	19		4.3	13.0
4	34.4	19.2	8.4	20		34.2	18.6
5	11.5	34.2	14.9	21		19.2	26.0
6	45.8	4.3	23.2	22		8.5	6.5
7	38.2	27.8	4.6	23		2.1	17.7
8	38.2	6.4	16.7	24		0	1.9
9	45.8	38.5	1.9	25			16.7
10	11.5	25.6	17.7	26			4.6
11	34.4	17.1	6.5	27			23.2
12	15.3	12.8	26.0	28			14.9
13	3.8	12.8	18.6	29			8.4
14	0	17.1	13.0	30			3.7
15		25.6	9.3	31			0.9
16		38.5	7.4	32			0

Tabla 12: Cálculo de los difusores QRD.

MLS-1100	Frecuencia (Hz)	λ (m)	ancho W (m)	profundidad d (m)	f min	f max
	1100	0.31	0.16	0.08	825	1650

MLS-1350	Frecuencia (Hz)	λ (m)	ancho W (m)	profundidad d (m)	f min	f max
	1350	0.25	0.13	0.06	1012.5	2025

Tabla 13: Cálculo de los difusores MLS.

Detalles constructivos

Tanto los difusores QRD como los MLS, fueron diseñados en base a placas de madera prensada MDF.

Los **difusores QRD** se componen de:

- Marco diseñado en base a planchas de MDF de 15 mm de espesor.
- Separador diseñado en base a planchas de MDF de 5,5 mm de espesor.
- Tapa separador diseñado en base a planchas de MDF de 12 mm de espesor.

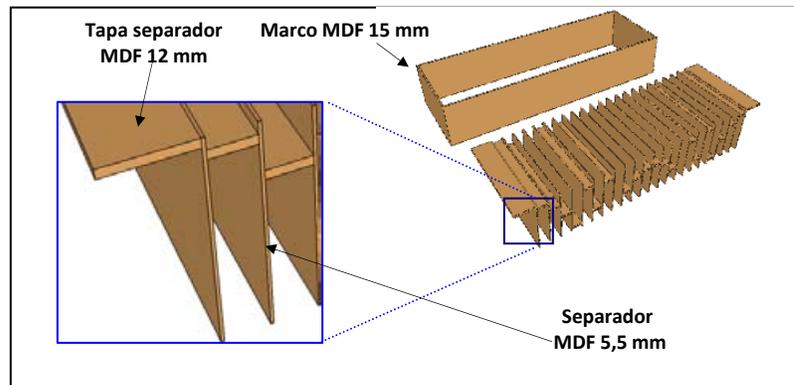


Figura 14: detalles difusor QRD.

Los **difusores MLS** se componen de:

- Tapas y fondos en base a MDF de 9 mm.
- Laterales de MDF de 12 mm.

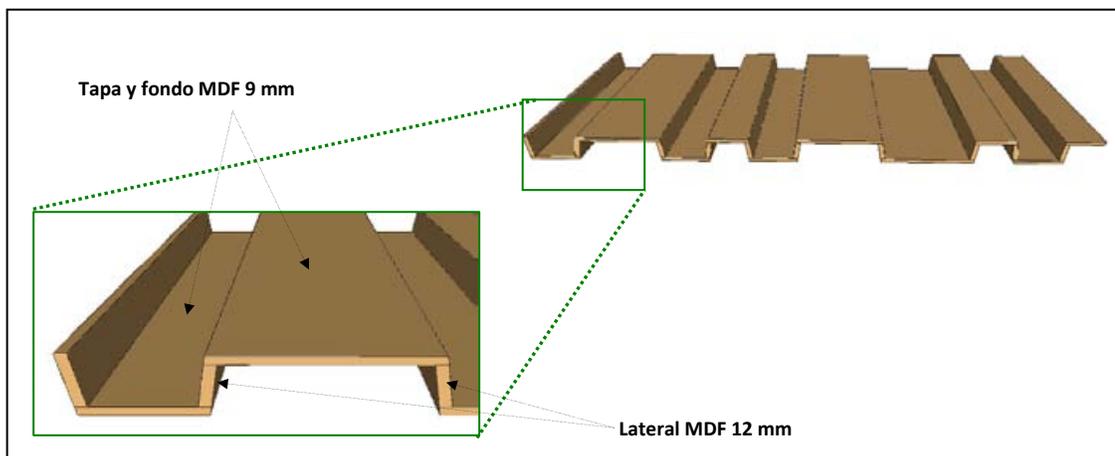


Figura 15: detalles difusor MLS.

3.3.4. Pared Doble.



Figura 16: Esquema pared doble

Características

La pared está diseñada para atenuar la transmisión aérea del sonido, entre la sala de ensayo y la sala de control. Este sistema de pared doble está compuesto por dos muros desacoplados. Cada muro está construido en base a una estructura metálica y doble placa de yeso cartón de 12,5 mm. Hay una separación de 8 cm entre cada muro y en esta cavidad se ha agregado material absorbente (lana de vidrio). Además, el muro posee un visor acústico de doble vidrio y una puerta de acceso. Los detalles de los componentes del visor acústico y del acceso a la sala serán vistos en detalle más adelante, en este capítulo.

El diseño del muro se basó en las características del muro medido y descrito por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo. Para calcular el aislamiento que producirá el muro más la ventana y la puerta, se tomaron valores de aislamiento de puertas y visores ya medidos, y se procedió a calcular el aislamiento mixto que estos producen. Este proceso se detalla a continuación.

Cálculo y diseño de la pared doble.

Generalmente, a la hora de construir un muro será necesario también construir otros elementos tales como una puerta o una ventana. Estos elementos se caracterizan por tener aislamientos distintos, por lo que hay que recurrir a analizar el aislamiento que producen estos elementos en conjunto [11].

El aislamiento acústico global (R_g) de estos tres elementos en conjunto (muro, puerta y ventana), dependerá tanto del área de cada uno de ellos, así como del aislamiento específico en particular. Está dado por la siguiente ecuación:

$$R_g = 10 \log \frac{\sum S_i}{\sum S_i / 10^{0.1 R_i}}, \quad (6)$$

Donde:

S_i = Área del elemento i (m^2)

R_i = Aislamiento específico del elemento constructivo.

Para el cálculo del aislamiento global se consideraron las siguientes superficies: 12.8 m^2 de muro, 1 m^2 de visor acústico y 1.4 m^2 de puerta. Los valores de aislamiento acústico del muro, junto con los valores del aislamiento necesario fueron definidos en el apartado de **cálculo del aislamiento acústico**. Los valores de aislamiento del visor acústico y la puerta de doble capa, se extrajeron del libro "Acústica Arquitectónica - Soluciones Prácticas" [4]. En la Tabla 14 y en el Gráfico 8 se resumen los valores y el cálculo del aislamiento global.

Aislamiento y superficie	Aislamiento por frecuencia					
	125	250	500	1000	2000	4000
Aislamiento R del visor sup visor 0.99	33	39	42	48	50	57
Aislamiento R de la puerta sup puerta 1.421	32	38	39	42	49	53
Aislamiento R del muro sup muro 12.844	36.8	45.2	53.3	57.4	60.3	53
Aislamiento Necesario	30	43	48.5	52	52.5	51
Aislamiento global final (R_g)	35.73	43.16	47.04	50.74	55.84	53.17

Tabla 14: Cálculo del aislamiento global entregado por el muro, el visor y la puerta.

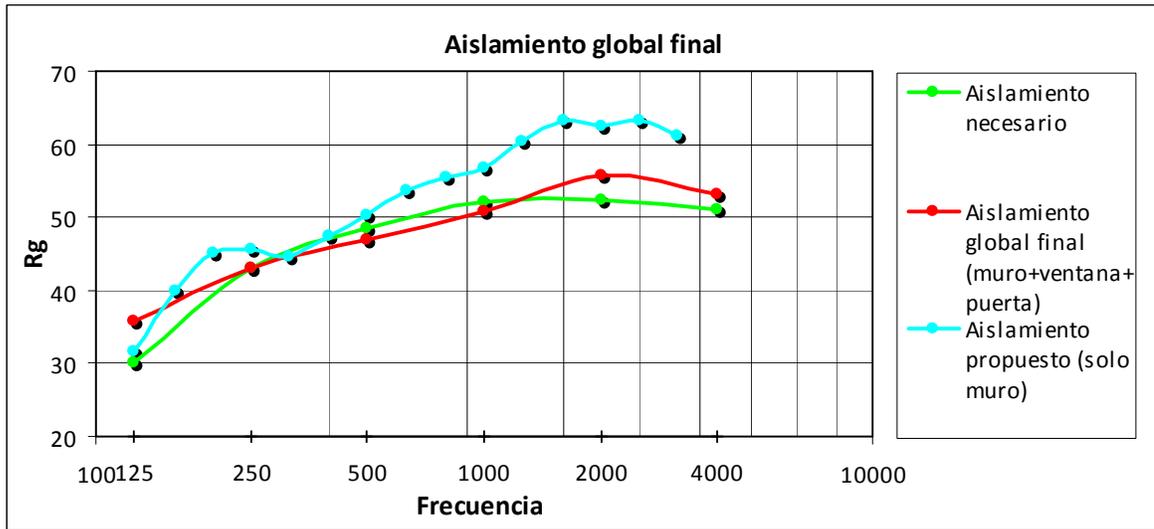


Gráfico 8: Comparación TR actual, óptimo y final.

En el gráfico 8, se aprecia que el aislamiento global final (R_g), es menor que el aislamiento propuesto, definido en el apartado “**cálculo del aislamiento necesario**”, pero se mantiene dentro del rango de aislamiento necesario.

Componentes de la pared doble

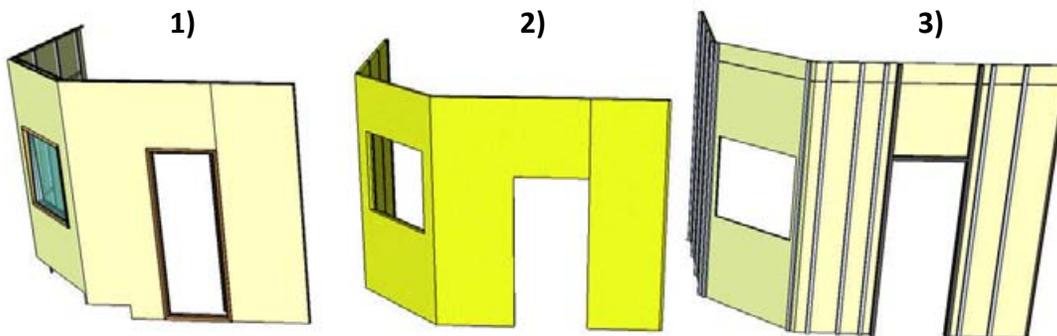


Figura 17: Componentes de la pared doble. 1) Pared exterior, compuesta por estructura metálica y doble placa de yeso cartón de 12.5 mm. 2) Material absorbente instalado en la cavidad formada por las dos paredes. 3) Pared interior compuesta por estructura metálica y doble placa de yeso cartón de 12.5 mm.

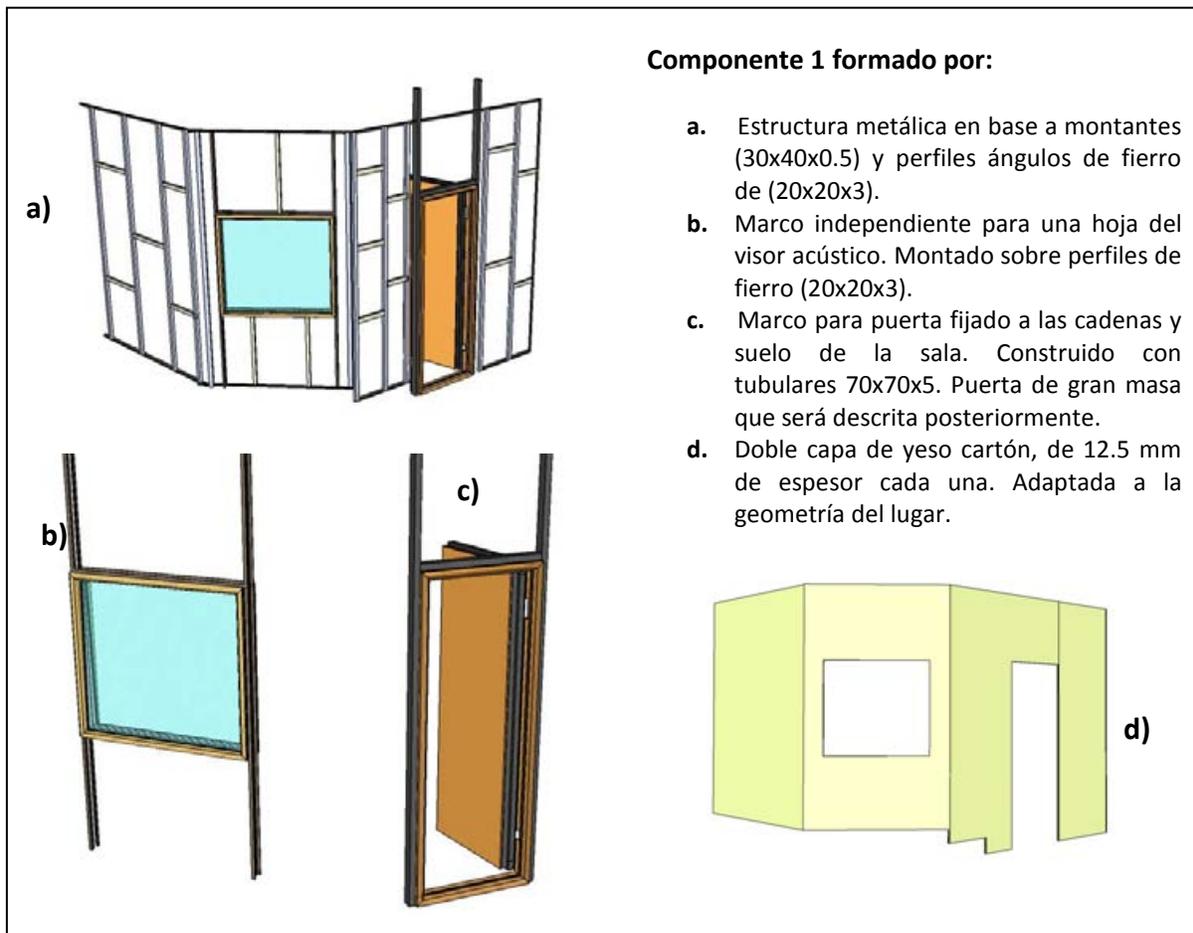


Figura 18: Componente 1

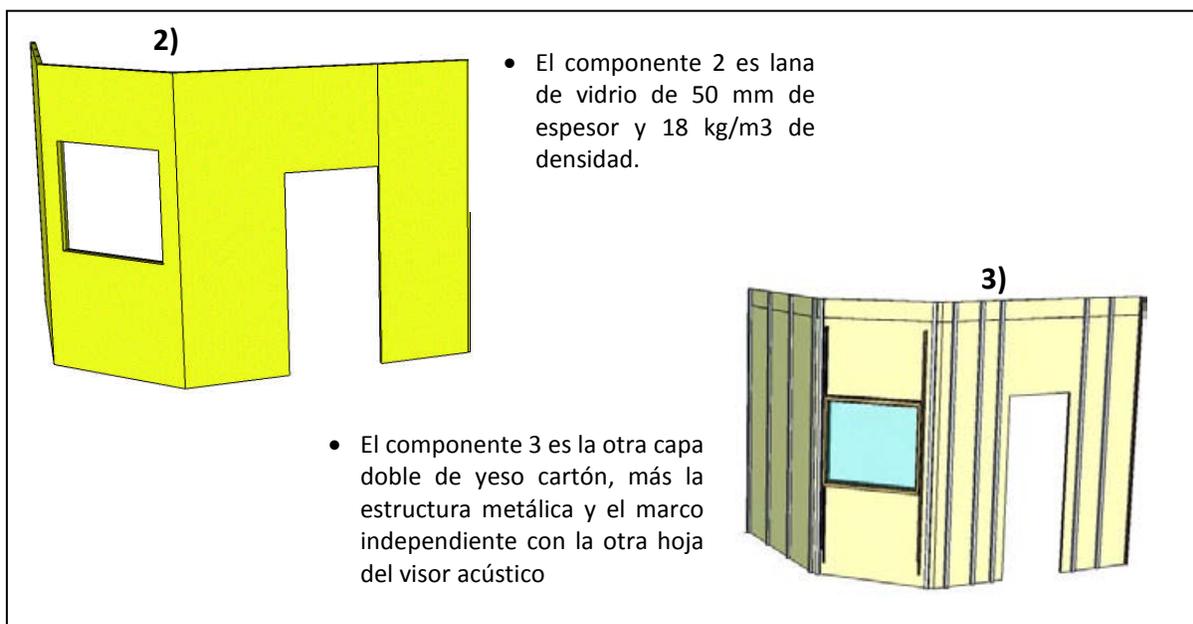


Figura 19: Componente 2 y 3.

3.3.5. Visor Acústico.

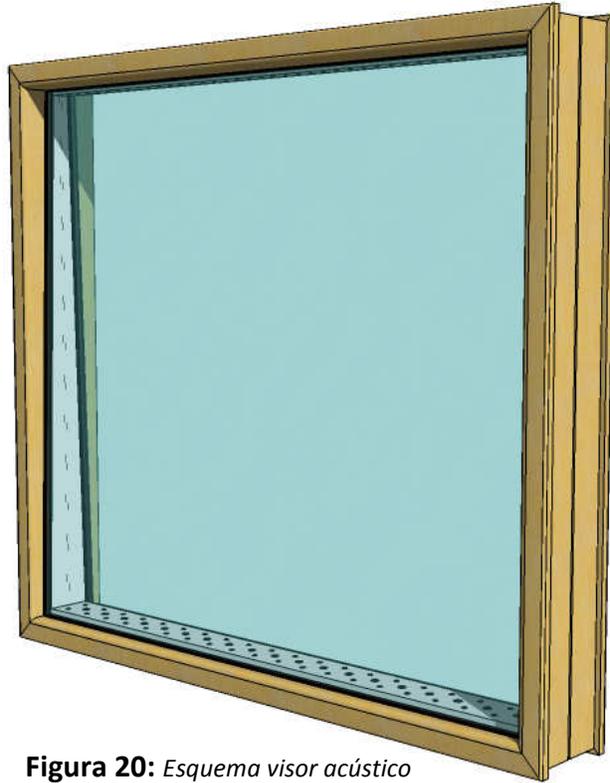


Figura 20: Esquema visor acústico

Características

Este sistema está compuesto por dos vidrios. Cada vidrio está montado en un marco independiente y es colocado en forma no paralela con respecto al otro, para evitar la influencia de las ondas estacionarias formadas entre los dos vidrios. Además, posee un sistema de resonadores que va instalado en los bordes laterales de la cavidad formada por los dos vidrios, para amortiguar las ondas estacionarias.

Cada vidrio tiene distinto espesor, con el fin de evitar un efecto de coincidencia en la frecuencia de resonancia del sistema.

La ubicación de este visor acústico permite al asistente de sonido tener una amplia visión del sector del escenario y de la pista de baile.

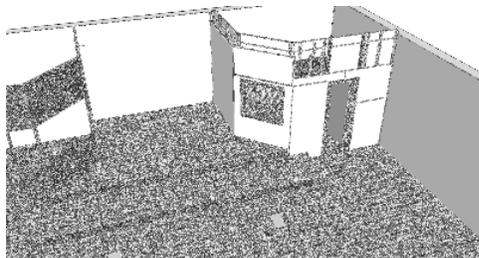


Figura 21: Ubicación visor acústico.

Funcionamiento, cálculo y diseño.

Frecuentemente las puertas y ventanas son los elementos de las paredes, que entregan menor aislamiento acústico. Generalmente, esto se debe a que tienen una masa menor con respecto al muro.

El principio físico que describe el aislamiento producido por un sistema de doble vidrio es similar al principio que explica el comportamiento de un sistema de pared doble. Lamentablemente, las fórmulas para describir el aislamiento de las paredes doble no sirven para describir el aislamiento producido por un sistema de doble vidrio. Debido a ello, el aislamiento de estos sistemas, se tiene que obtener de forma experimental.

En la literatura, se pueden encontrar conclusiones de diversas mediciones experimentales de estos sistemas y, gracias a ellas, se puede saber que:

- Colocar material absorbente en el interior de la cavidad formada por los dos vidrios, produce un aumento de 6 a 7 dB en el aislamiento del visor acústico.
- La forma en que se realice la fijación de los vidrios al marco y el amortiguamiento que se le da a la unión del marco con el vano, no tiene mucha influencia en el aislamiento, pero sí es muy importante que las uniones queden bien selladas.
- Para el caso de los termo-paneles, que consisten en vidrios dobles con un gas entre los dos vidrios, se produce el mismo aislamiento con dos vidrios de igual espesor, que con dos vidrios distintos. Por ejemplo, un sistema de dos vidrios de 6 milímetros producen el mismo aislamiento que un sistema de un vidrio de tres milímetros y otro de seis.
- Existe una normativa europea que entrega fórmulas para calcular el aislamiento acústico de termo-paneles y de ventanas en general [4]. Pero no son útiles para calcular el aislamiento de visores con vidrios inclinados y con una separación mayor a 2 cm, que son las características del visor propuesto.

De acuerdo a las observaciones antes citadas, se procedió a estimar un valor de aislamiento aproximado y se determinó a qué frecuencias se deberá sintonizar el resonador que se colocará en el interior del sistema.

Para llegar a dichos valores, se utilizaron valores de aislamiento acústico de un visor con similares características, citado en la literatura [4]. Los valores de aislamiento del visor citado fueron obtenidos a través de mediciones.

Las características del visor acústico medido, que detalla el libro, son las siguientes:

- Ventana de vidrio doble, con hojas de vidrio de 6 mm.
- Separación de las hojas de 88 mm.
- Cada hoja es montada en estructura independiente.
- Posee material absorbente en zonas descubiertas.

Los valores del índice de aislamiento acústico del visor se detallan en la Tabla 15.

Frecuencias	125	250	500	1000	2000	4000
R dB del visor	33	39	42	48	50	57

Tabla 15: Índice de aislamiento acústico del visor detallado en el libro.

El cálculo de la frecuencia a la que deberá ser sintonizado el resonador se realizó de la siguiente forma:

- Se calculó la frecuencia de resonancia del sistema vidrio-aire-vidrio (masa resorte masa).
- Se calcularon los modos normales presentes dentro de la cavidad formada por el par de vidrios paralelos y los bordes laterales acotados por el marco.
- Para las frecuencias obtenidas anteriormente, se diseñaron resonadores acoplados que coincidieran con éstas.

De acuerdo con estas consideraciones de cálculo se presentan las siguientes tablas:

Frecuencia de resonancia del sistema		Primeros tres modos normales			
(Vidrio 1 = 10mm, vidrio 2 = 8 mm)		(lx= 0.9 m, ly= 1 m, lz= 0.07 m)			
m1 (en Kg/m2)=	38	nx	ny	nz	f(nx,ny,nz)
m2 (en Kg/m2)=	30.4	1	2	0	207
d=	0.07	2	0	1	414
Fres	565.62	3	2	0	622

De acuerdo a las frecuencias obtenidas 414 Hz, 565 Hz y 622 Hz se diseñó tres resonadores que las atenuarán.

Cálculo de dimensiones del sistema resonador interior

a=radio perforación		l=largo tubo=0.002 m		fo=frecuencia resonancia resonadores acoplados			
Volumen resonador(m3)		Cálculo dimensiones resonador a partir de la frecuencia de resonancia, para f=414					
V=	0.00015552	V(m3)	A (m)	L (m)	fo	$\lambda=c/f$	$\lambda/16=$
ancho (m)	0.024	0.00015552	0.006	0.002	422.692267	0.81383083	0.05086443
alto (m)	0.072						
profundidad (m)	0.09						
Volumen resonador(m3)		Cálculo dimensiones resonador a partir de la frecuencia de resonancia para, f=622					
V=	0.0000384	V(m3)	A (m)	L (m)	fo	$\lambda=c/f$	$\lambda/16=$
ancho (m)	0.024	0.0000384	0.0035	0.002	614.702471	0.55962033	0.03497627
alto (m)	0.04						
profundidad (m)	0.04						
Volumen resonador(m3)		Cálculo dimensiones resonador a partir de la frecuencia de resonancia, para f=565					
V=	0.0000374	V(m3)	A (m)	L (m)	fo	$\lambda=c/f$	$\lambda/16=$
ancho (m)	0.0085	0.0000374	0.003	0.002	564.940058	0.60891416	0.03805713
alto (m)	0.04						
profundidad (m)	0.11						

Tabla 16: Cálculo resonadores interiores del visor acústico.

Finalmente, se propone diseñar un visor acústico basándose en los valores de índice de aislamiento acústico y en las características detalladas en el libro.

Las características, componentes y dimensiones del visor acústico propuesto se detallan en las siguientes figuras:

Detalles y características del visor acústico

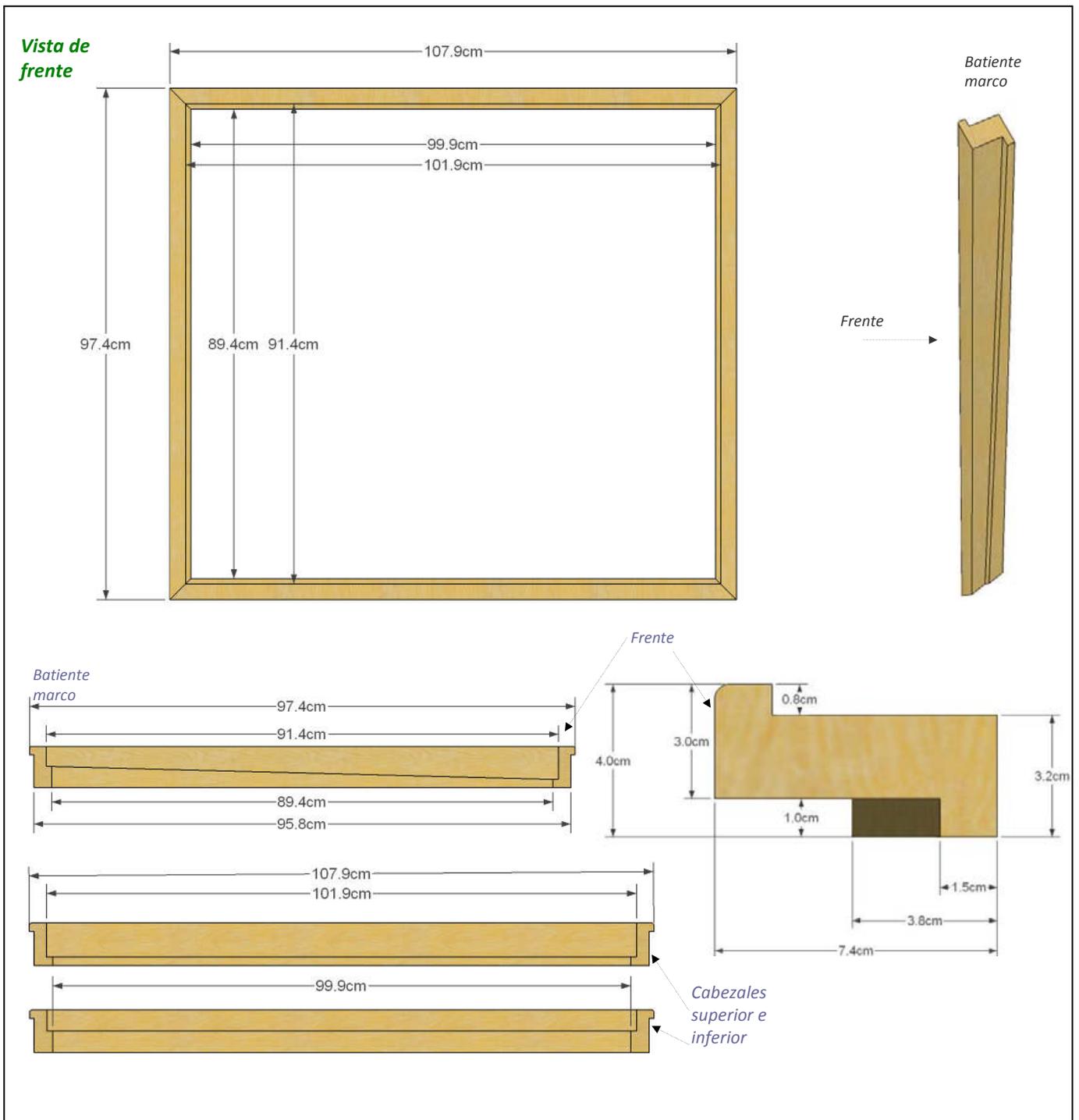


Figura 22: Detalles marco visor acústico.

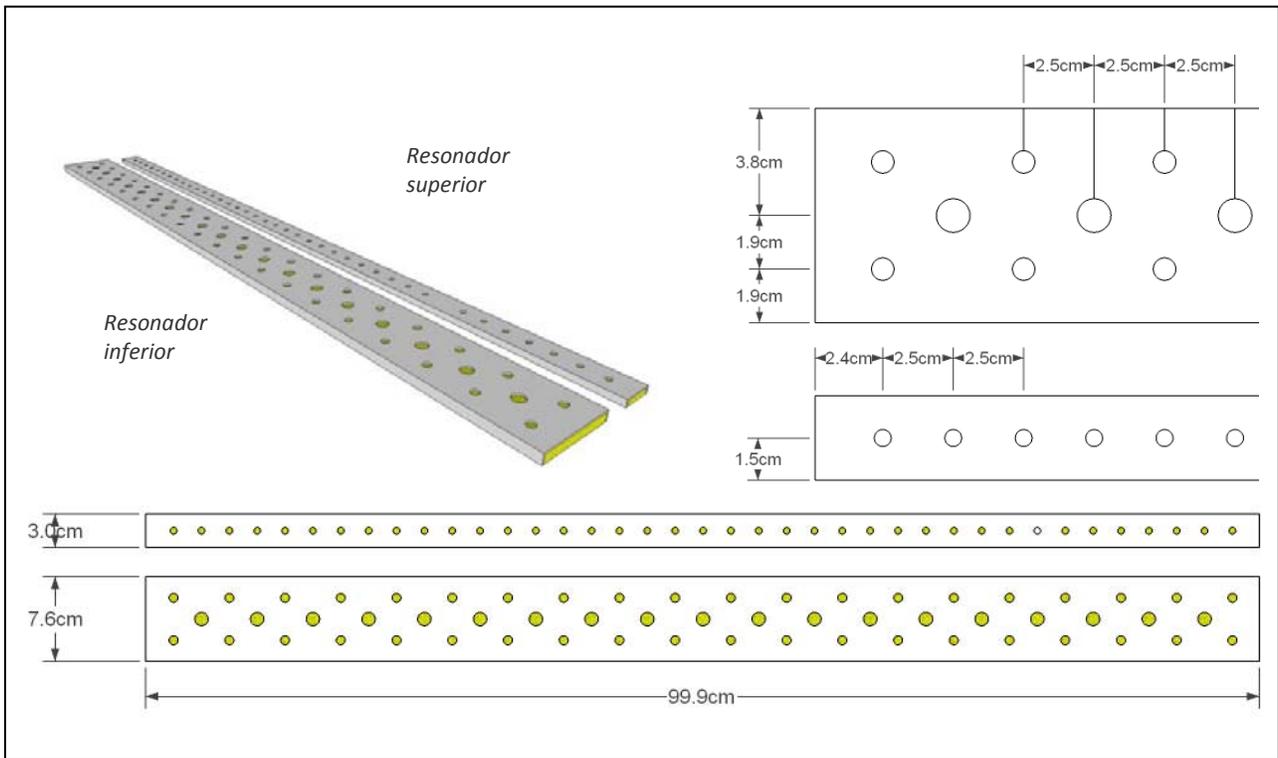


Figura 23: Detalles resonadores interior visor acústico.

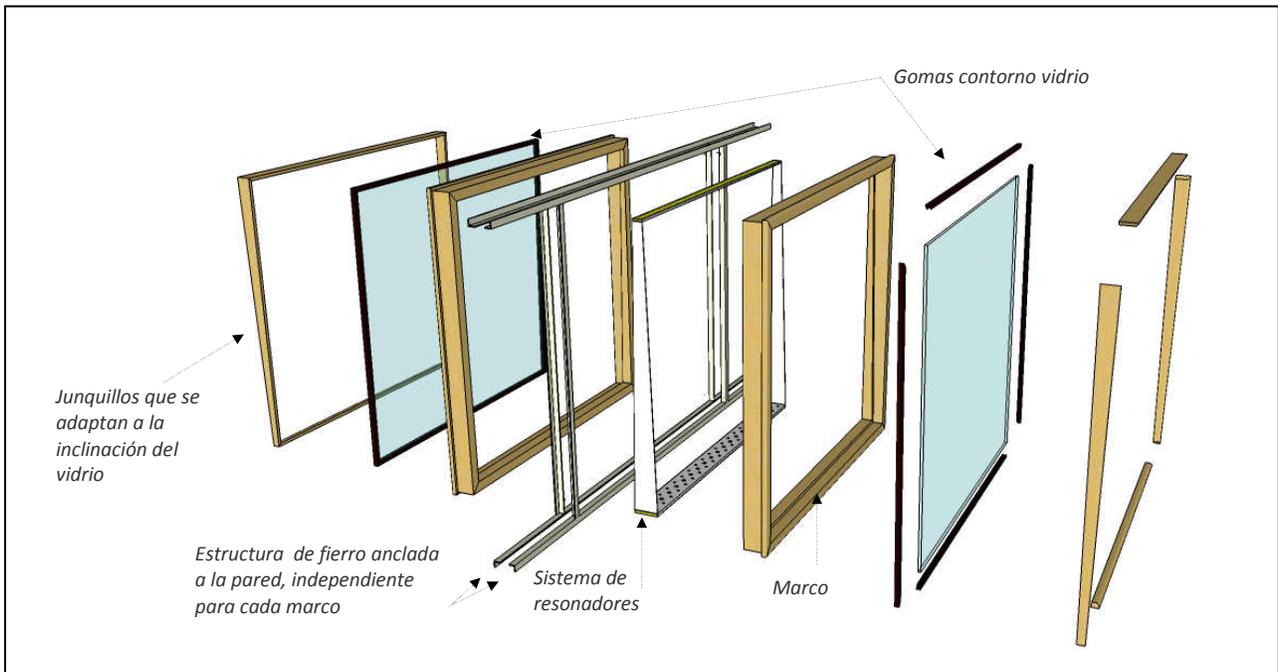


Figura 24: Desglose visor acústico en componentes.

3.3.6. Puerta Doble Capa.

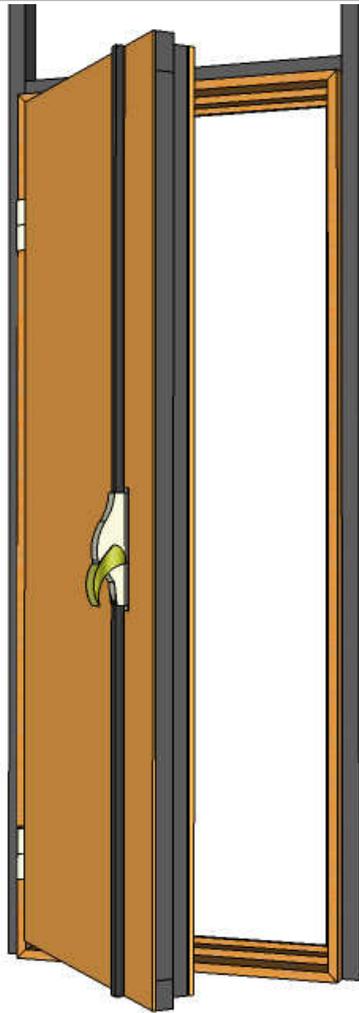


Figura 25: Esquema puerta doble capa.

Características

Esta puerta ha sido diseñada en base a dos capas. Una es un bloque de hormigón de 4 cm de espesor, la otra es una placa de madera prensada MDF de 15 mm de espesor. El diseño de la puerta y la obtención de valores del índice de aislamiento acústico de la puerta, se basaron en el diseño y la medición descrita en el libro “Acústica Arquitectónica- Soluciones Prácticas”.

Las características de la puerta descrita en el libro son:

- Puerta de madera de 0.9x2.1x6.3.
- Paneles de madera de 1,9 cm de espesor.
- Empaquetaduras tubulares forman ajuste alrededor de la puerta
- Armadura del marco aislada, montada en una pared de 30 cm.
- Los valores del índice de aislamiento acústico están dados en la Tabla 16.

Frecuencia	125	250	500	1000	2000	4000
R puerta	32	38	39	42	49	53

Tabla 17: Valores de aislamiento acústico de la puerta descrita en la literatura.

La puerta de dos capas, propuesta para este proyecto esta compuesto por:

1. La estructura metálica de tubulares de fierro 70 x 40 fijada al suelo de la sala y al cielo de hormigón, que sostiene y fija el marco de la puerta.
2. El marco de madera que permite el sellado de la puerta en todo su contorno.
3. Gomas de estanqueidad que permiten sellar la unión puerta-marco en todo el contorno, impidiendo cualquier filtración.
4. Una estructura metálica hecha con tubulares de fierro 60 x 40, que sirve para anclar un bloque hormigón.
5. Bloque de hormigón de 0.7x2.05 m y de 4 cm de espesor, correspondiente a la primera capa de la puerta.
6. Placa de MDF de 0.7x2.05 m y de 15 mm de espesor, correspondiente a la segunda capa de la puerta.
7. Material aislante dentro la cavidad que queda entre las dos capas.
8. Revestimiento completo de la puerta con placa MDF de 5,5 mm pintado y lacado.
9. Dos bornes de 3 cm de diámetro por 15 cm de largo, que sirven de bisagra para la puerta y soportan hasta 300 kg.
10. Una españoleta que permite presionar la puerta contra el marco y las gomas.

En la figura 26 se presenta un esquema de la puerta y su anclaje al marco y a la sala.

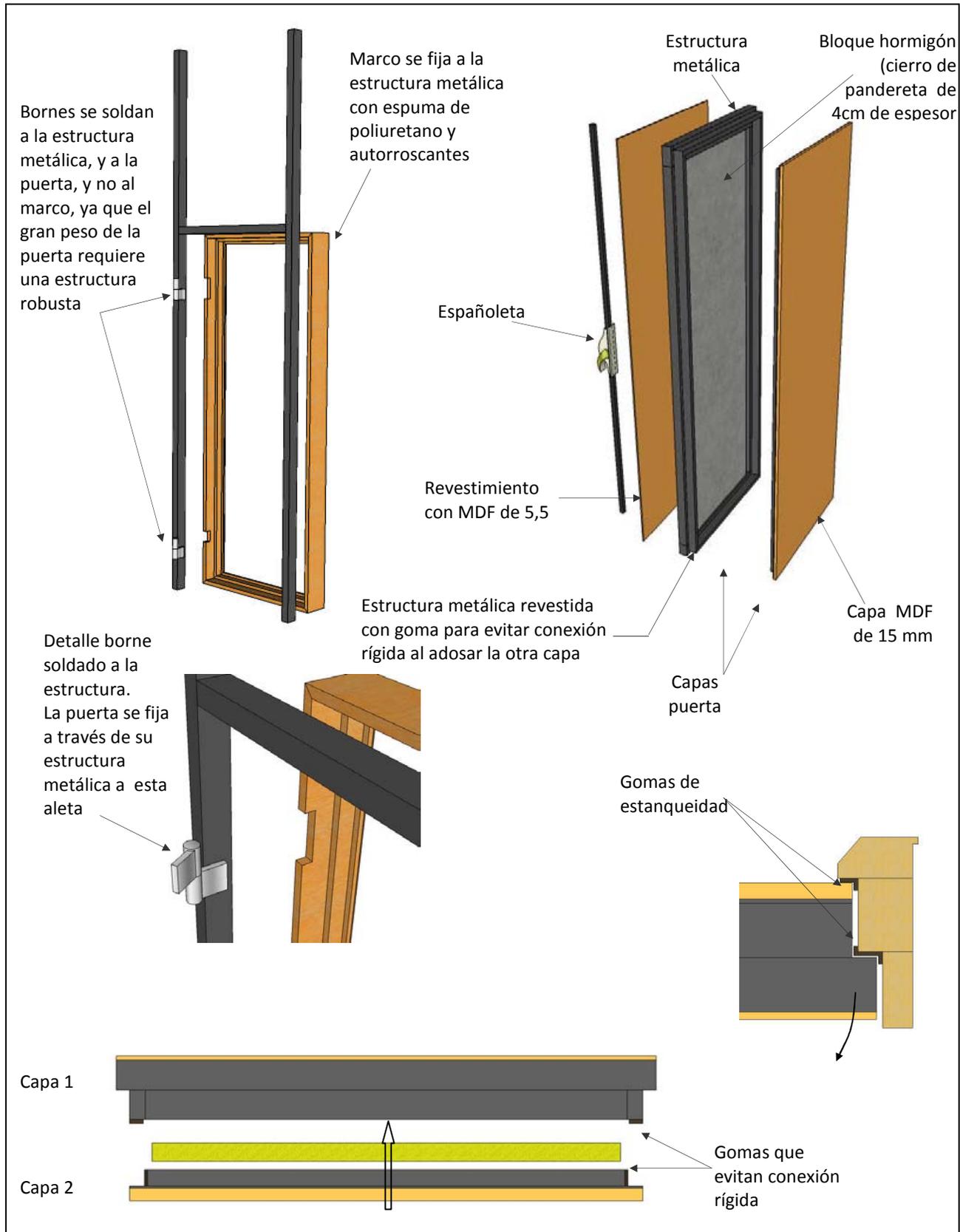


Figura 26: Detalle puerta doble capa y su forma de anclaje.

IMPLEMENTACIÓN

4.1. Programación

El objetivo de esta área es evaluar el tipo de trabajo que hay que realizar en relación a la construcción de las soluciones, el costo que supondrá realizarlo y el tiempo que se precisará para ello [10]. El resultado final de la programación es la elaboración del **presupuesto** que estima el precio de venta del proyecto y la confección de **programas**, en los que se especifica los bloques de trabajos para el proyecto, con sus fechas de inicio y término.

Los objetivos específicos de la programación de proyectos son:

- Identificar y conocer las actividades presentes en el proyecto, para estimar la duración de cada una y calendarizarlas en los programas.
- Establecer la cantidad de recursos, ya sea de personal o materiales que entrarán en el proyecto, para realizar la estimación de costos y la elaboración del **presupuesto**.
- Confeccionar **programas** que sirvan de marco de referencia para la ejecución del proyecto.

Para que se logren los objetivos de la programación, es necesario conocer en detalle el proyecto y que la etapa de ejecución se desarrolle como fue establecida en los programas.

Básicamente, un **programa** está compuesto por el conjunto de todas las actividades a realizar en el proyecto ordenadas de forma secuencial [9]. Generalmente estos programas son representados a través de diagramas de bloques o de una “Carta Gantt”.

La programación de este proyecto se dividirá en tres áreas. Estas áreas son: desglose del proyecto y descripción de bloques de trabajo; estimación de tiempos y costos; elaboración de presupuestos y programas [9,10].

4.1.1. Desglose del proyecto y descripción de bloques de trabajo.

Esta etapa se basa en identificar y describir toda actividad o tarea presente en el proyecto y la relación que hay entre ellas.

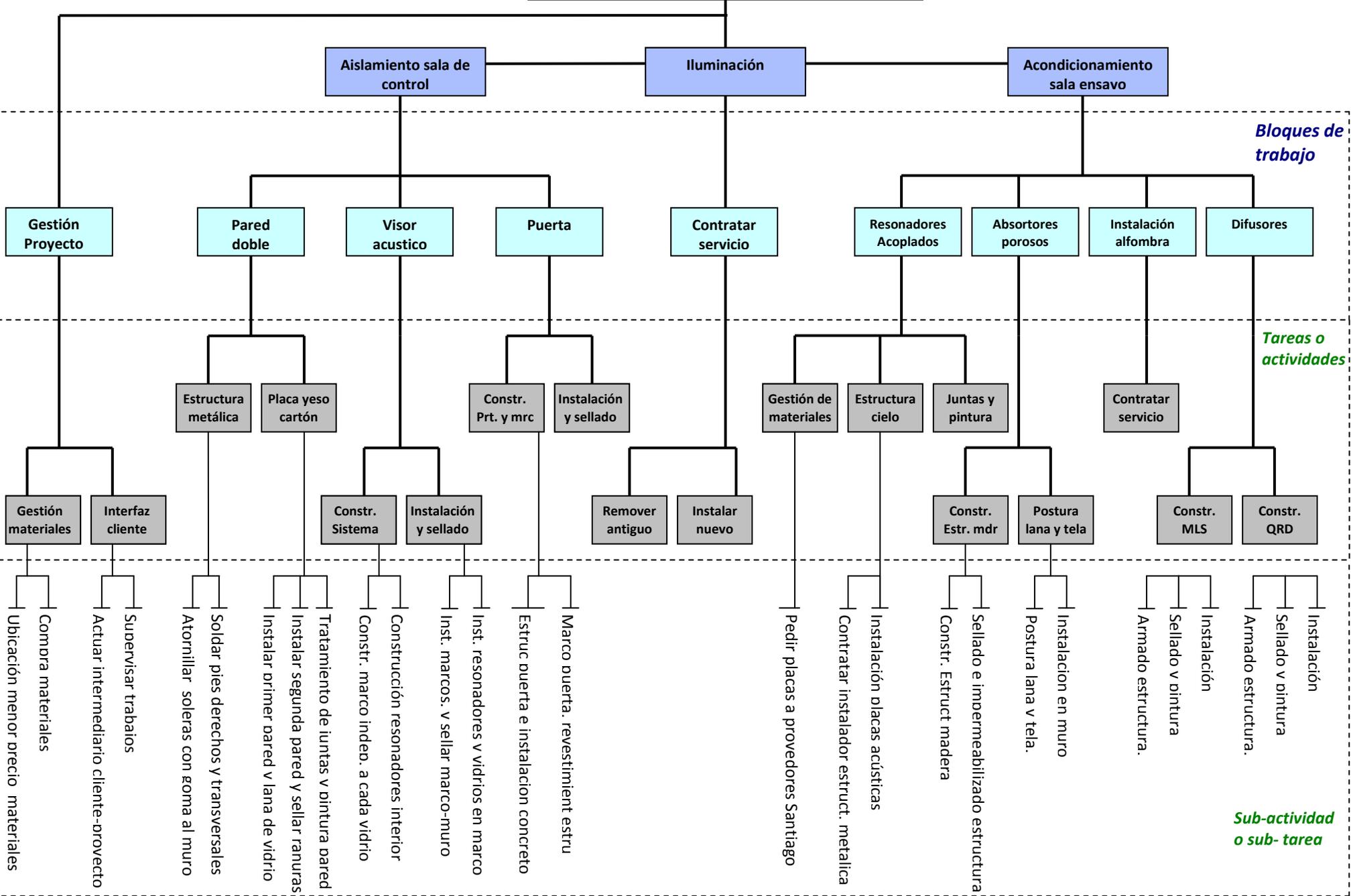
Para analizar el trabajo que hay que realizar a lo largo del proyecto, lo más habitual es comenzar por desglosar el proyecto en bloques de trabajo, estos bloques se descompondrán en actividades y tareas, y si es preciso por sub-actividades o sub-tareas.

En la descripción de un bloque de trabajo debería estar presente:

- **Descripción** general de los objetivos y alcances del bloque de trabajo, y su relación con el proyecto en general.
- **Entradas** al bloque de trabajo (elementos con los que se tiene que contar antes de comenzar el trabajo, tales como materiales y equipos, productos, especificaciones, planos, diseños, etc.)
- **Actividades o tareas** a ejecutar en este bloque de trabajo.
- **Salidas** del bloque de trabajo (elementos que se obtiene de la ejecución de las actividades del bloque de trabajo).
- **Resultados, requerimientos, restricción y otros comentarios** asociados.

De acuerdo a lo anterior visto, se presenta el diagrama de bloques del proyecto completo y se muestra la descripción de un bloque de trabajo en particular:

Construcción de las Soluciones Especificadas en el "Diseño Acústico".



Descripción Bloque de Trabajo (Visor Acústico)

Descripción general

Los objetivos de este bloque de trabajo son:

- Construir un visor acústico, compuesto por dos vidrios, cada uno montado en un marco independiente, y colocados en forma no paralela el uno frente al otro.
- Construir e instalar un sistema de resonadores en el espacio que queda dentro de los dos vidrios.
- Instalar los marcos en la pared doble construida, instalar los vidrios en el marco.

Este **visor acústico** forma parte de la pared doble que servirá para dar el aislamiento necesario a la sala de control. Además, forma parte de la estética del escenario, que incluye difusores, alfombra, cielo inclinado e iluminación.

Entradas

Se tiene contemplado para el visor acústico ocupar los siguientes materiales:

- 2 vidrios de 101.5 x 91 cm. Uno de 10 mm espesor y el otro de 8 mm.
- 4.2 m de goma canal de 10 mm interior y 4.2 m de goma canal de 8 mm interior.
- 3 piezas de pino seco y cepillado de 3"x2"x3.20 m, de los cuales se obtendrán 4 palos de 109cm y 4 de 100 cm.
- 3 pilastras cuarto rodón de 13 x 45 mm y de 3.20 m de largo, de los cuales se obtendrán 4 tiras de 103 cm de largo y 4 de 93 cm de largo.
- Tubular de aluminio de sección rectangular de 80 x 40 mm y de 110 cm de largo.
- Canal de aluminio de 40 x 25 mm de sección y de 110 cm de largo.
- Gomas para tornillo.
- Tornillos auto perforantes para aglomerado y tapas para tornillos
- Tubo de espuma de poliuretano.
- Excedentes de lana de vidrio y pintura.
- Planos y diseños como guía para construir el visor.

Actividades

- Construir un marco para cada vidrio, con los palos de pino de 3"x 2" y aplicar una mano de pintura. En los planos de diseño se especifica su forma de construcción y dimensiones.
- Construir resonadores con el tubular y la canal de aluminio de acuerdo a los planos de diseño adjuntos.
- Instalar el primer marco (con el vidrio de 10 mm y goma, adosados al marco) en el vano de la pared interior de la sala de control, sellar las ranuras que quedan entre el marco y la pared. Instalar el otro marco (sin el vidrio) en el vano de la pared exterior, sellar ranuras entre marco y pared.
- Instalar resonadores dentro del espacio interior y finalmente instalar el otro vidrio con goma.

Salidas

Tener 2 marcos independientes, con sus respectivos vidrios, con un sistema de resonadores dentro, y todo esto instalado en la pared respectiva.

Resultados, requerimientos y restricciones

Que entre el marco y el vano destinado para éste, no queden aberturas ni grietas.

Colocar a presión los vidrios, con goma en el contorno, dentro del marco.

Colocar el vidrio de 8 mm al último y el junquillo que presiona el vidrio hacia el marco fijarlo solamente con tornillos, para que posteriormente pueda ser removido, para permitir limpiar el interior.

4.1.2 Estimación de tiempos y costos.

Los objetivos de esta etapa son:

- Designar personas que realicen el trabajo identificado anteriormente y estimar tiempos necesarios para que estas personas realicen el trabajo que les corresponde.
- Asignar valor monetario al tiempo requerido para cada trabajo.
- Obtener los costos totales del proyecto, en que se incluye costos de personal, costos de materiales y margen de ganancias.

Una forma útil para estimar el tiempo necesario para cada actividad dentro de un bloque de trabajo, es idear una tabla en la que se definan **categorías de profesionales** que participarán en la ejecución de cada actividad, asignándole a cada uno la cantidad de tiempo necesario para realizarla. Así, cada actividad del bloque de trabajo está asignada a un grupo de trabajo que la ejecutará dentro de un tiempo estimado.

En el esquema siguiente, se estima el tiempo necesario para realizar un bloque de trabajo del proyecto de acondicionamiento de la sala Copelec y se identifican las categorías de profesionales que se requerirán en el proyecto.

N° actividad	Estimación tiempo de construcción del Visor Acústico	Estimación horas por categoría profesional						TOTAL
		Mano obra	Pintura	Soldador	Mueblista	Eléctrico	Ingeniero	
1	Construcción de marcos independientes para sostener vidrios y darles inclinación para evitar superficies paralelas.		8		16		8	32
2	Construcción resonadores interiores de los dos vidrios para evitar resonancias interiores.						16	16
3	Instalar primer marco, instalar los resonadores e instalar el segundo marco.				8			8
4	Sellar la unión del marco al muro con espuma de poliuretano y colocar goma para sellar y desconectar cada vidrio de cada marco				8			8
Estimación total			8		32		24	64

Costos

Los costos de un proyecto se pueden clasificar en tres partidas distintas:

- Las destinadas a los **costos de personal**, que corresponden al dinero asignado al trabajo realizado por el grupo de trabajo que participa en la planificación, programación y ejecución del proyecto, así como a la subcontratación de personal para que desarrolle distintas actividades o tareas dentro del proyecto.
- Las destinadas a los **costos de materiales** y maquinarias.
- Las destinadas a los **costos y gastos varios** del proyecto.

Dentro de los costos de personal, una de las primeras consideraciones, es tener en cuenta las distintas categorías profesionales que participan en el proyecto y el valor de las horas de trabajo para estas distintas categorías.

Al subcontratar un trabajo o servicio, estamos transfiriendo trabajos a terceros, pero por eso no dejamos de ser los responsables ante el cliente. Por esto, habrá que definir claramente el trabajo a realizar y controlar su correcta evolución. Ahora la subcontratación puede realizarse de dos maneras distintas, una es definir un volumen de trabajo determinado y asignarle un precio fijo y la otra es definir un tipo de trabajo y asignarle un precio por hora.

La partida de **costos y gastos varios**, es probablemente la mas difícil de estimar, ya que es muy fácil no considerar algún concepto aislado o algún imprevisto. Es por esto que es aconsejable situarse en el peor de los casos para evaluar esta partida [9,10].

4.1.3. Presupuestos y Programas de Trabajo

El presupuesto fija el precio final de venta del proyecto, desglosado en conceptos, soluciones, productos o trabajos. Para obtener el precio final se calcula el costo de personal y las subcontrataciones, en función del número de horas de trabajo estimadas para cada actividad. A este costo se le suman los costos de materiales ocupados para fabricar o realizar estas soluciones o trabajos y también se suman los costos y gastos varios asociados al proyecto.

Generalmente cuando en los proyectos gran parte del trabajo lo realizan profesionales, le suman a la partida de costos de personal, un porcentaje del valor del costo total del personal. Este porcentaje adicional, llamado **coeficiente de costo de personal**, corresponde a los costos de infraestructura del local en donde trabajan estos profesionales, teléfono, personal auxiliar, gastos administrativos o cualquier otro costo o gasto que se tenga que realizar en relación al personal.

Para el caso en que el proyecto destine gran parte del dinero en materiales, una práctica usual suele ser sumarle al costo de los materiales un **factor de pérdida o de contingencia**. Este factor generalmente ronda alrededor del 5% del costo total de los materiales. Con este factor se tendrá un margen de dinero para suplir cualquier problema que se presente.

Margen de ganancias y precio final de venta

Después de obtener los costos totales del proyecto, que corresponde a la suma de los costos de personal, los costos de materiales y costos y gastos varios, se le añade el margen de ganancias proyectado, que puede calcularse de dos maneras:

- Como un porcentaje del precio final del proyecto. Esta modalidad se utiliza cuando todavía no hay un precio definido para el proyecto, o cuando no se sabe a priori cuánto está dispuesto a pagar el cliente.
- Como la cantidad de dinero restante para alcanzar el precio de venta buscado para el proyecto. Este precio de venta puede ser el precio máximo que este dispuesto a pagar el cliente, o puede ser algún precio de mutuo acuerdo, o cualquier otro que se estime conveniente [10]. Para este proyecto en particular, el cliente fijó un precio de venta máximo.

Finalmente, toda la suma de costos y gastos más el margen de ganancias corresponden al valor neto del proyecto. El **precio final de venta** del proyecto, u **oferta**, corresponde a este valor neto mas el impuesto al valor agregado (IVA), que para este caso corresponde al 19% del valor neto.

A continuación, se presenta el presupuesto para el proyecto de implementación del diseño del acondicionamiento acústico:

Presupuesto Acondicionamiento Acústico Sala Copelec

Proyecto	Acondicionamiento Acústico Sala Copelec	Ejecutores	Asesorías Acústicas
Cliente	Centro cultural y artístico Copelec	Fecha actual	20 de Junio del 2008
Fecha inicio	10 de Julio del 2008	Fecha termino	10 de Septiembre del 2008

Desglose Proyecto	Costo Materiales	Costo Personal	Valor Neto	Margen Ganancia	Valor neto + Impuestos
Aislamiento					
Pared doble	\$344,036	\$250,000	\$669,036	\$75,000	\$766,903
Visor acústico doble	\$84,500	\$40,000	\$136,500	\$12,000	\$157,755
Puerta doble capa	\$78,889	\$40,000	\$130,889	\$12,000	\$151,078
Acondicionamiento					
Alfombra escenario	\$116,146	\$50,000	\$181,146	\$15,000	\$209,714
Resonador acoplado	\$472,488	\$300,000	\$862,488	\$90,000	\$991,261
Absortores poroso	\$197,167	\$100,000	\$327,167	\$30,000	\$377,629
Difusores					
1 Difusor QRD-p13	\$58,800	\$30,000	\$97,800	\$9,000	\$112,872
1 Difusor QRD-p23	\$54,750	\$30,000	\$93,750	\$9,000	\$108,053
2 Difusores QRD-p31	\$83,400	\$30,000	\$122,400	\$9,000	\$142,146
2 Difusores MLS (pequeños)	\$58,000	\$30,000	\$97,000	\$9,000	\$111,920
2 Difusores MLS (grande)	\$92,000	\$30,000	\$131,000	\$9,000	\$152,380
Cielo inclinado escenario	\$60,470	\$40,000	\$112,470	\$12,000	\$129,159
Iluminación	\$147,400	\$100,000	\$291,620	\$44,220	\$334,048
Total	\$1,848,046	\$1,070,000	\$3,253,266	\$335,220	\$3,744,917

Tabla 18: Presupuesto que muestra el precio de venta del proyecto.

Confección de programas

Anteriormente se ha visto cómo la descomposición de un proyecto en actividades y sub-actividades permite estimar la duración, el alcance y costos del mismo. Pero una vez definida la duración y descritas las actividades, es preciso calendarizar la ejecución de cada una de ellas y sobre todo definir en que orden se van a desarrollar.

La **duración** de cada actividad del proyecto, como se dijo en apartados antes mencionados, viene dada por múltiples factores, tales como la complejidad, el esfuerzo requerido, las personas disponibles y el tiempo que dispongamos, entre otros. Ahora, para **ordenar actividades** se tendrán que considerar otros factores tales como:

- Algunas actividades necesitan de los resultados de otras para ser realizadas. Por esto necesariamente algunas actividades se tendrán que realizar primero que otras.
- Para ejecutar algunas actividades es preciso contar con recursos que se ocuparán en otras actividades, por lo que habrá que ejecutar ambas actividades en paralelo y compartir recursos, o ejecutar primero una actividad dejando los recursos necesarios para realizar la otra.
- Para abaratar costos o recursos, es necesario ejecutar una actividad primero que otra, como por ejemplo para la recopilación y acopio de 3 materiales que se encuentran en distintos lados es más conveniente buscar con un solo carro el material 1, después el 2, y por último el 3, a destinar un carro y viaje distinto para retirar cada material.

Ahora, para realizar este ordenamiento existen múltiples herramientas, pero sin duda la más utilizada y popular para la programación de proyecto, por su facilidad de uso, es la **Carta Gantt**.

Una carta Gantt es un diagrama bi-dimensional en el que se representan las diferentes actividades de un proyecto (eje vertical) frente al eje de tiempos necesarios para realizar las mismas (eje horizontal).

Cada una de las actividades del proyecto se muestran en la carta Gantt mediante una barra horizontal, cuyo extremo izquierdo representa la fecha de comienzo de cada actividad, viniendo la duración de la misma indicada por su longitud. A continuación, se muestra la carta Gantt del proyecto de acondicionamiento acústico:

Programa Actividades Proyecto Acondicionamiento Acústico Sala Copelec

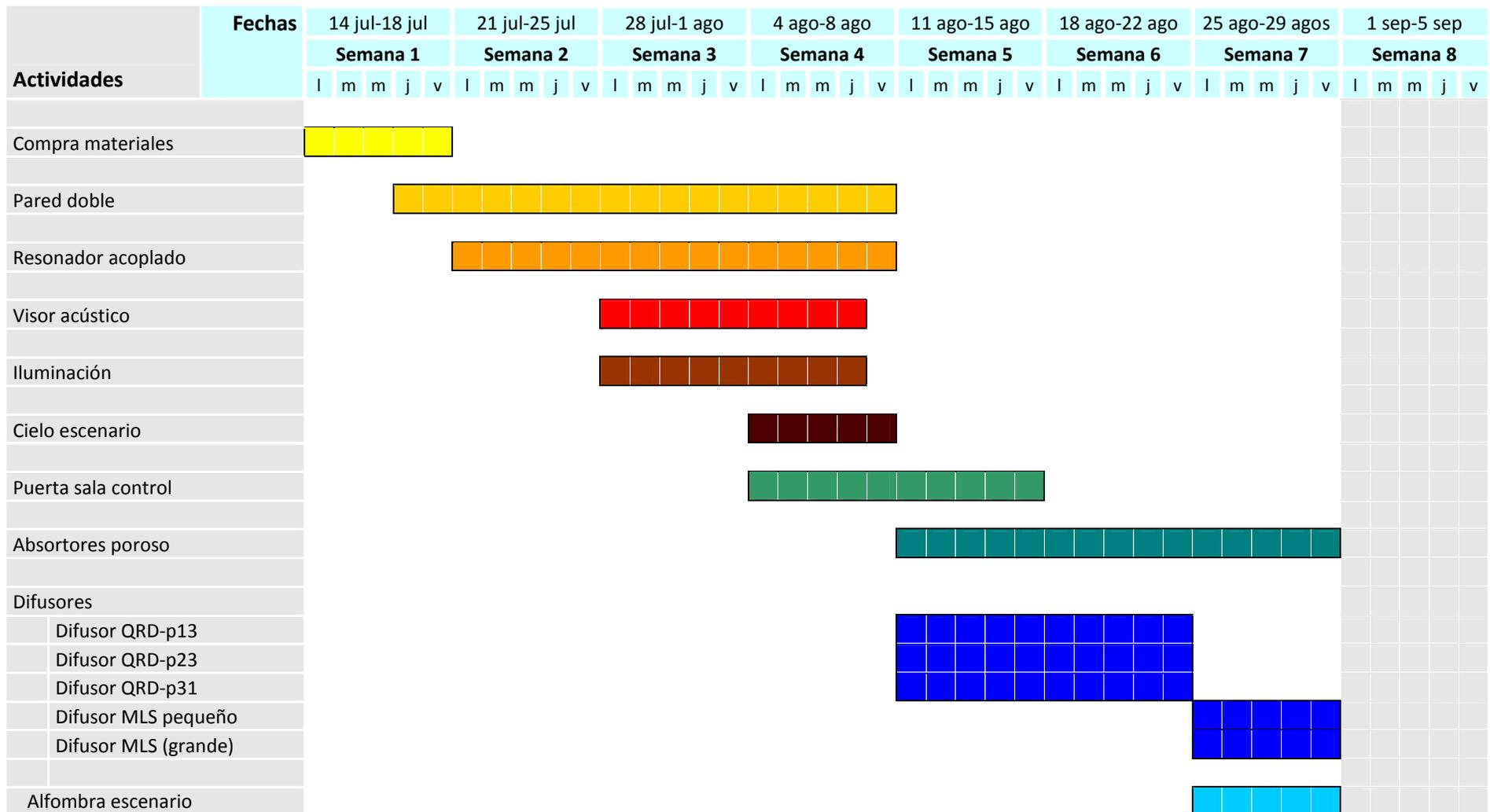


Tabla 19: Cronograma de actividades presupuestadas en el tiempo

4.2. Ejecución

4.2.1. Antes de comenzar a trabajar

Antes de comenzar a ejecutar el proyecto se realizaron las siguientes actividades:

- **Revisar** el documento de propuesta, para ver si hay errores que puedan afectar significativamente al costo o precio del proyecto.
- **Verificar** que el contrato a firmar corresponde a los compromisos adquiridos en el documento de propuesta y que no existen elementos nuevos que puedan alterar dichos compromisos.
- **Asegurar** que se dispone de los recursos necesarios para comenzar los trabajos.

Después de la revisión de la propuesta se recopilaron y organizaron los recursos necesarios para el proyecto, estos son:

- **Recursos Humanos:** Se contrató un maestro soldador a trato para la construcción del muro doble; se contrató a maestros que instalasen la estructura metálica que soportaría a las placas de yeso cartón; se contrató maestros para el tratamiento de juntas de las placas perforadas del cielo y para las placas de yeso cartón del muro doble; se contrató maestros que instalasen las soluciones acústicas.
- **Recursos materiales:** que corresponden a los insumos necesarios para la ejecución de las soluciones, la maquinaria equipos o herramientas necesarias, y otros elementos necesarios para la realización de los trabajos.
- **Recursos financieros:** requeridos para hacer frente al proyecto.

4.2.2. Gestión del proyecto

Se entenderá por **gestión del proyecto** al conjunto de actividades encaminadas a ordenar, disponer y organizar los recursos y las necesidades para cumplir con los objetivos técnicos, económicos, de planificación y programación y de calidad del proyecto.

Las actividades de gestión abarcan todos los ámbitos del proyecto, desde las acciones técnicas, hasta las comerciales, también se incluyen las tareas administrativas, contables y financieras del proyecto.

Durante esta fase, los responsables del proyecto se centraron en:

- Supervisar el desarrollo y **avance de los trabajos** y corregir las posibles desviaciones.
- Supervisar y analizar la **evolución económica** del proyecto y corregir las posibles desviaciones.
- Actuar como **intermediario** entre el cliente, el equipo de trabajo, los subcontratos y los demás grupos de trabajo.

4.2.3. Construcción e instalación de soluciones acústicas.

Las actividades o tareas a realizar comenzaron de acuerdo a la carta Gantt. A medida que éstas se fueron ejecutando, hubo que reprogramarlas debido a diversos factores que se fueron presentando. En el capítulo siguiente, se hará un análisis de los tiempo programados en la carta Gantt del proyecto.

La primera labor de la implementación, después de la compra de materiales, fue desarmar la sala de control existente y comenzar a armar la estructura metálica del muro.



Figura 27: Desarmado de antigua sala de control.



Figura 28: Armado de nueva estructura del muro de la sala de control.

Luego, de acuerdo con lo programado en la carta Gantt, comenzó la instalación de la estructura metálica del cielo.



Figura 29: Armado nueva estructura del muro de la sala de control.

A medida que se iba armando la estructura metálica del cielo, comenzó la instalación del nuevo sistema de iluminación.

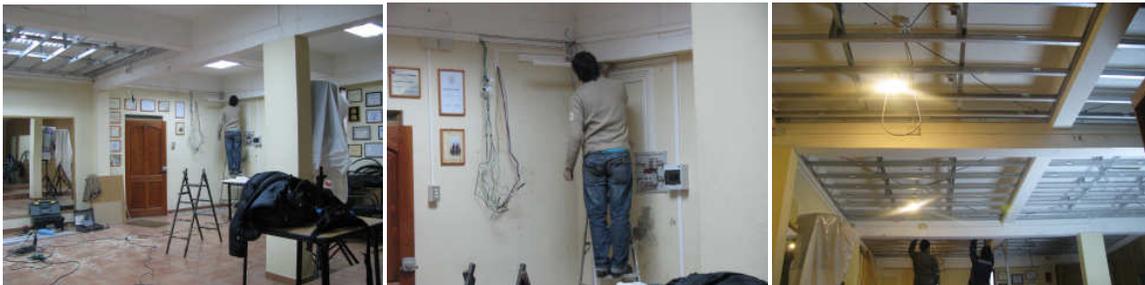


Figura 30: Instalación sistema de iluminación.

Terminada la instalación del cableado para el sistema de iluminación comenzó la instalación de las placas de yeso cartón perforadas. Luego se instalaron los focos empotrados.



Figura 31: Instalación placas perforadas.

Paralelamente al tratamiento de juntas y pintura del cielo, se comenzó la construcción del visor acústico y la puerta. Pero la construcción e instalación de estos se tubo que aplazar, puesto que el muro divisorio todavía no se terminaba.



Figura 32: *Instalación focos empotrados y tratamiento de juntas y pinturas del cielo.*



Figura 33: *Construcción visor acústico.*



Figura 34: *Construcción de puerta.*

Antes de instalar el visor acústico y la puerta, se revistió por una cara la sala control, con doble plancha de yeso cartón. Luego se colocó la lana de vidrio y se revistió la cara faltante de la sala de control, con doble placa de yeso cartón.



Figura 35: *Revestimiento sala de control.*

Una vez concluida la instalación de las placas de yeso cartón en la pared doble y su respectivo tratamiento de juntas y pintura, comenzó la construcción de los difusores y de los absorbentes porosos.



Figura 36: Material para la construcción de difusores.



Figura 37: Construcción de estructura para lana mineral.



Figura 38: Montaje y revestimiento de lana en estructura. Este conjunto forma los absorbentes.

Concluye la etapa de implementación del proyecto con la instalación de las soluciones acústicas dentro de la sala y la revisión de detalles.



Figura 39: Instalación de los absorbentes, los difusores, el visor acústico y paso de cables a la sala de control.

A continuación se muestran los resultados de la implementación del diseño acústico.



Figura 40: Absortores instalados en la pared 1.



Figura 41: Difusores QRD y MLS instalados al fondo y costados del escenario.



Figura 42: Alfombra del escenario, y resonador ranurado en el cielo.

ANÁLISIS Y BALANCE DE RESULTADOS

Como finalización del trabajo realizado en esta tesis, se hace necesario analizar los resultados y comprender el trabajo llevado a cabo en el proyecto, para hacerse una clara idea de los objetivos cumplidos, de los que no se alcanzaron, y de la utilidad futura de lo aprendido y su posible aplicación en otros proyectos.

Así como los capítulos anteriores sirvieron para conocer el trabajo realizado en el proyecto, este capítulo en particular permitirá:

- **Analizar** desde el punto de vista técnico si se cumplieron los objetivos relacionados al aislamiento y acondicionamiento acústico.
- **Analizar** desde el punto de vista económico los resultados del proyecto. Es decir hacer un balance de los recursos consumidos y los beneficios.
- **Concluir** el trabajo realizado para en futuros proyectos corregir las actuaciones inadecuadas que dieron lugar a las desviaciones anteriores.

De acuerdo a lo anterior mencionado, este capítulo se dividirá en tres temas: ***Análisis cumplimiento objetivos acústicos; balance de costos y beneficios alcanzados y conclusiones.***

5.1 Análisis Objetivos Acústicos

El objetivo de este análisis es evaluar los resultados del **Diseño Acústico** y resumir aspectos importantes del trabajo realizado en el proyecto, que pueda ser de relevancia en proyectos posteriores.

En el gráfico 9 se muestra la evolución del tiempo de reverberación a medida que se instalan las soluciones y en el grafico 10 se compara las mediciones del tiempo de reverberación final, con el tiempo de reverberación propuesto

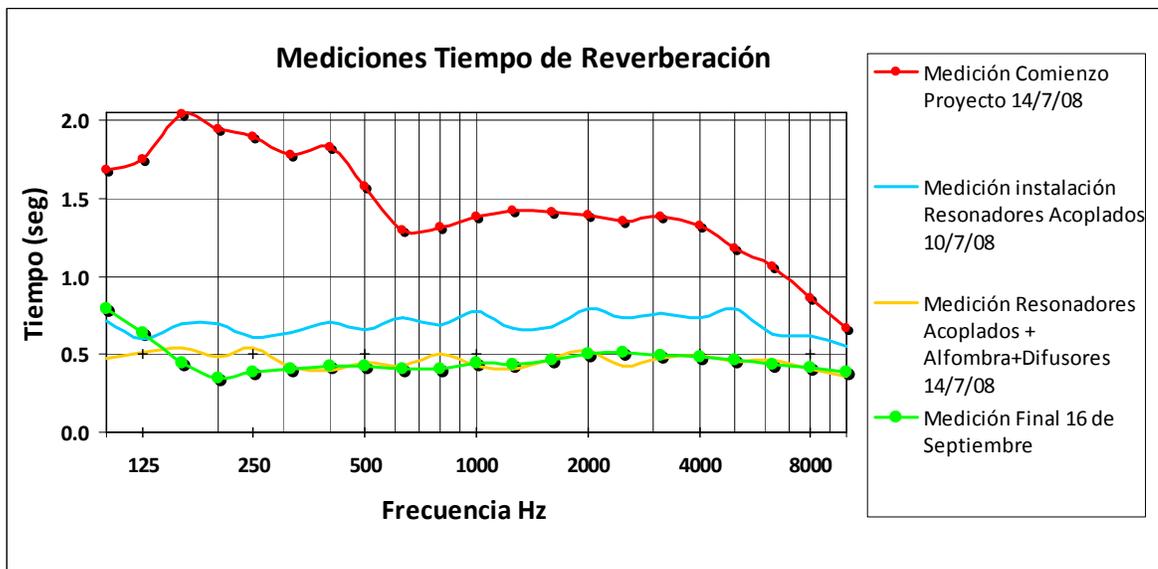


Gráfico 9: Evolución del tiempo de reverberación.

De acuerdo a la información entregada por los gráficos 9 y 10, se puede establecer que se logró disminuir el tiempo de reverberación de la sala. Si bien no se logró el tiempo de reverberación propuesto para la sala, ya que disminuyó un poco más de lo esperado, los resultados se acercan bastante al tiempo de reverberación óptimo.

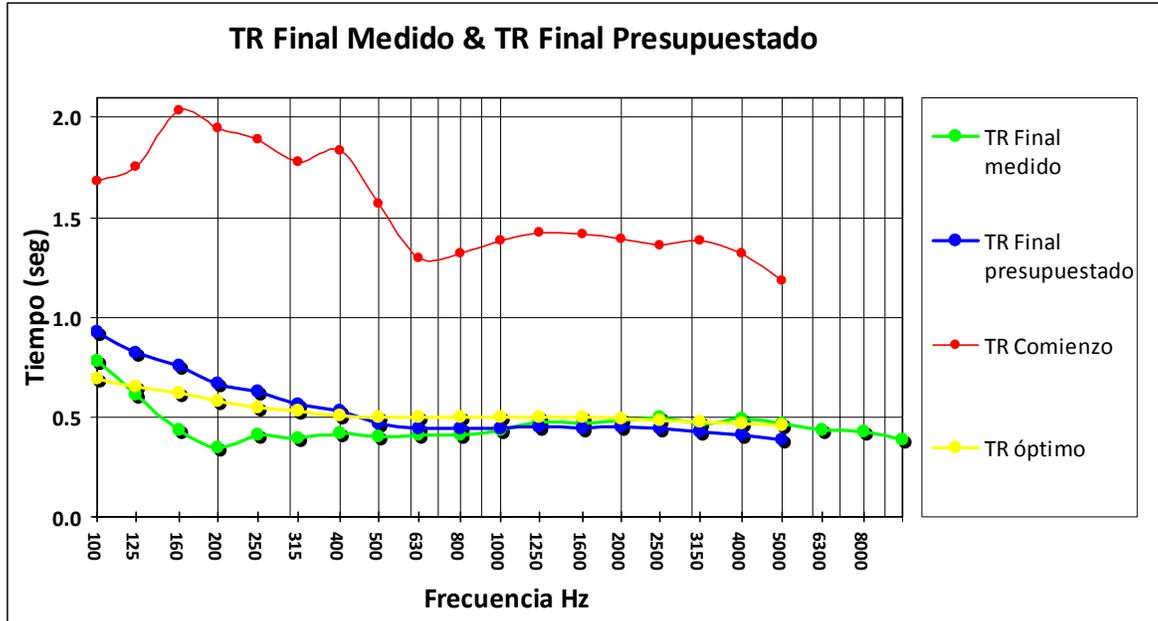


Gráfico 10: Comparación tiempo de reverberación presupuestado y medido.

De acuerdo al gráfico 10 se observa que la diferencia entre el tiempo de reverberación final medido y el tiempo de reverberación final presupuestado, es más marcada en las bajas frecuencias. Se cree que una de las principales razones del aumento en la absorción o la disminución del tiempo de reverberación se debe a la presencia de los difusores en el escenario. En el diseño de los difusores no se pudo establecer cuánta es la absorción entregada por estos sistemas. Esto se debió a que no se encontraron ecuaciones que representen o cuantifiquen estos valores, pero si se encontraron comentarios que decían que, generalmente, estos sistemas presentaban absorción sobre todo en las bajas frecuencias.

Otra causa de la disminución inesperada del tiempo de reverberación en las bajas frecuencia. Se cree que fue debido al cambio de materiales en el cielo del escenario. Después de algunos problemas con la cubicación de los materiales para los resonadores acoplados, se optó por ocupar el material sobrante de esta partida (placas de yeso cartón perforadas), reemplazando el material faltante para el cielo del escenario (placas de yeso cartón normales). En este reemplazo no se consideró el aumento en la absorción proporcionada por el cambio de materiales.

Como conclusión de este análisis desde el punto de vista acústico es que, para solucionar este problema, no se consideraron todas las variables y se parcializó el mismo, enfrentándolo como una variable aislada y no de manera global, que es la forma correcta de plantearlo para encontrar una solución.

A continuación se presenta el gráfico que resume los valores de aislamiento acústico propuesto para la sala de control y las mediciones para corroborar si estas predicciones fueron acertadas.

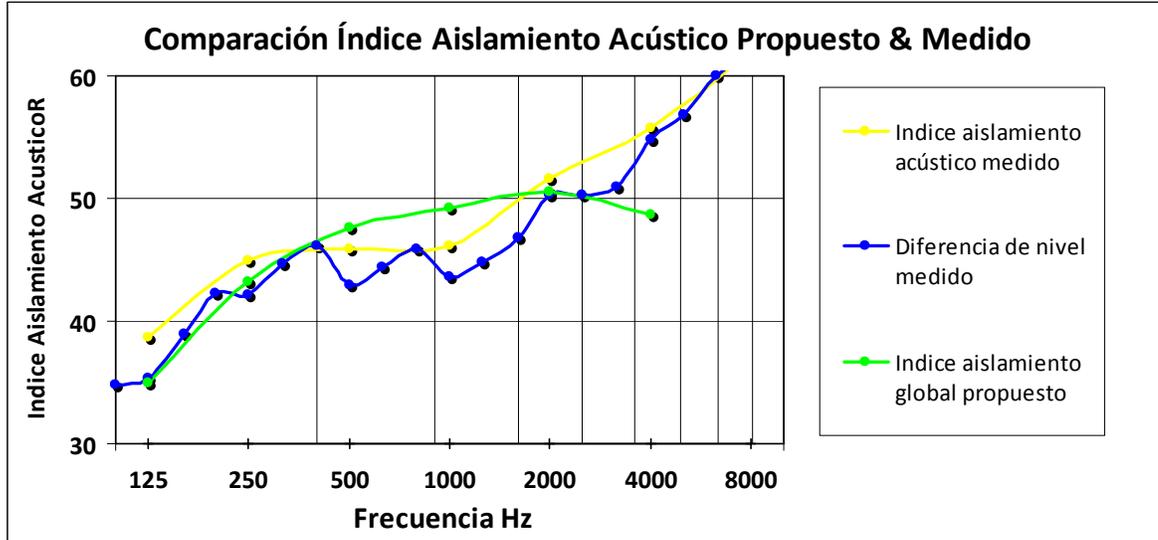


Gráfico 11: Comparación aislamiento propuesto y medido.

Vale destacar que tanto para obtener la diferencia de niveles y el índice de aislamiento acústico, se procedió de la siguiente manera, primero se colocó la fuente en la sala de ensayo y se midió en 5 puntos el nivel de presión sonora, para luego obtener el promedio energético de estas 5 mediciones. Luego, se midió en 5 puntos de la sala de control el nivel de presión sonora, con la fuente emitiendo ruido blanco en la sala de ensayo. De estas 5 mediciones se obtuvo el promedio energético. Con estas mediciones se obtuvo la diferencia de niveles entre la sala de ensayo y la sala de control. Posteriormente, con los valores de tiempo de reverberación de la sala de control se obtuvo el índice de aislamiento acústico para la sala de control.

De acuerdo al gráfico 11, se puede observar que los objetivos relacionados con el aislamiento de la sala de control, estuvieron muy cerca de lo esperado. En la banda que va aproximadamente desde los 500 Hz a los 1500 Hz, se aprecia que no se cumple con los resultados esperados. Esto puede deberse a que a las ranuras que quedan entre la puerta y el marco que son muy difíciles de sellar herméticamente. También, se cree que puede deberse al espacio, no completamente sellado, dejado para pasar los cables que van desde la mesa de la sala de control a los micrófonos y equipos.

Como conclusión general de este análisis técnico vale destacar la importancia de conocer cómo dependen las variables, presentes en el proyecto, de las propiedades físicas de los materiales, del recinto y del sonido, ya que permite poder identificar el por qué de ciertas desviaciones en los valores obtenidos. Permite proponer soluciones y mejoras de las variables que presentan desviaciones, optimizando costos y haciendo más competitivo el proyecto.

5.2 Balance de costos y beneficios alcanzados

En esta etapa se realiza la evaluación del funcionamiento de la programación y gestión del proyecto. Se busca obtener conclusiones de los costos involucrados en el proyecto, comparando los costos presupuestados con los costos reales. Se ve la evolución de los costos en el tiempo y se establecen los beneficios alcanzados, ya sea monetarios o de cualquier índole.

Este análisis se basa en la comparación de los costos estipulados en el presupuesto, con los costos que se han ido efectuando a lo largo de la ejecución del proyecto.

También, se analiza la programación presupuestada con lo que realmente se realizó, comparando la duración y las fechas de ejecución y término de cada actividad estipulada en la carta Gantt.

Se analiza también cómo fue la distribución de los costos en el tiempo. Esta información es importante, ya que detecta en qué etapa del proyecto se realiza la mayor inversión del proyecto, lo que permite obtener una conclusión respecto a la variable financiamiento. Específicamente, este análisis sirve para tener en cuenta en qué etapas del proyecto es necesario contar con recursos monetarios, ya que para otros proyectos de mayor envergadura, el financiamiento será parcelado en el tiempo.

Finalmente, se realiza un balance general de los costos y beneficios generales del proyecto.

En el gráfico 12 se muestran los costos presupuestados y se comparan con los costos reales. En este se advierte una cifra que no se presupuestó, que es la partida de gastos varios.

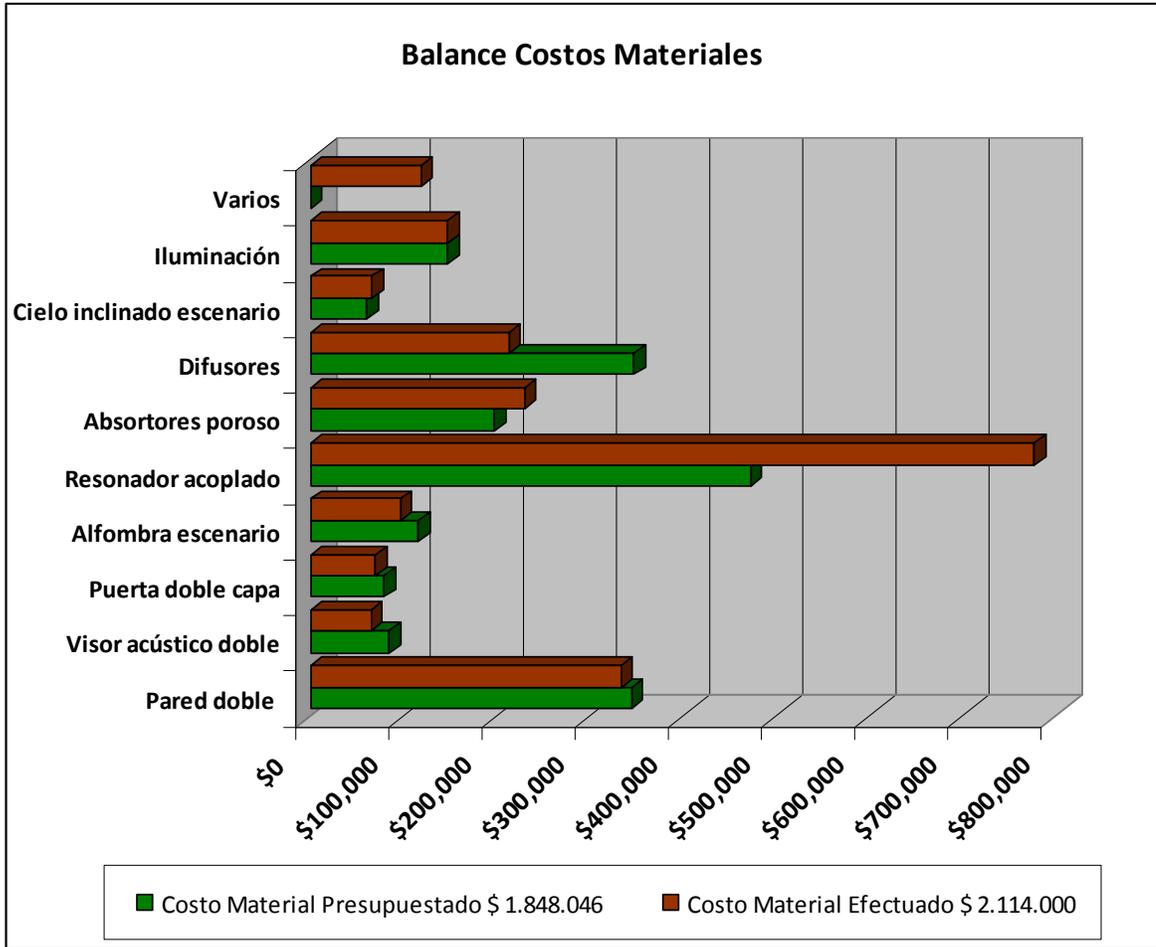


Gráfico 12: balance costos.

Vale destacar que el aumento en algunas soluciones se debió a la no contemplación de recursos involucrados en ella, así como en el alza de algunos precios, errores en la cubicación del material y el no tener identificados algunos proveedores y precios de algunos recursos materiales importantes.

Los gastos varios que no se consideraron en el presupuesto equivalen al 6% de los costos totales de materiales. Estos gastos que no se contemplaron corresponden a dinero destinado a traslado de recursos materiales, teléfono, estacionamiento, ploteos, artículos de oficina, cables para mediciones, etc. Este 6% no considerado, es el valor que generalmente se considera en el grueso de los proyectos (entre el 5 y 10 %).

El grafico 13 que se muestra a continuación entrega información de la evolución de los costos a lo largo del tiempo.



Gráfico 13: Evolución costos de materiales.

Se puede apreciar que aproximadamente el 50 % de los gastos de materiales se realizó las dos primeras semanas, y alrededor de la quinta semana se completó casi el 90 % de los costos materiales totales, que corresponden a mas de la mitad de los costos generales del proyecto.

El análisis relacionado con el financiamiento del proyecto, que si bien no se describió en esta tesis, conviene tenerlo en cuenta, ya que para completar la ejecución, es necesario contar con financiamiento en todo momento. Por ejemplo, para este proyecto, el cliente definió que se entregaría la mitad del valor neto del proyecto al principio, y una vez finalizado se entregaría la segunda mitad del valor neto más los impuestos. La primera mitad del dinero entregada al comienzo del proyecto corresponde a \$1.620.000, los gastos de materiales ascendieron a \$2.114.000, por lo tanto, hubo que cubrir el resto del dinero faltante para materiales con recursos propios. Además, hubo que pagar al personal, por lo que los recursos propios que tuvieron que desembolsarse para cubrir estos gastos, fueron considerables.

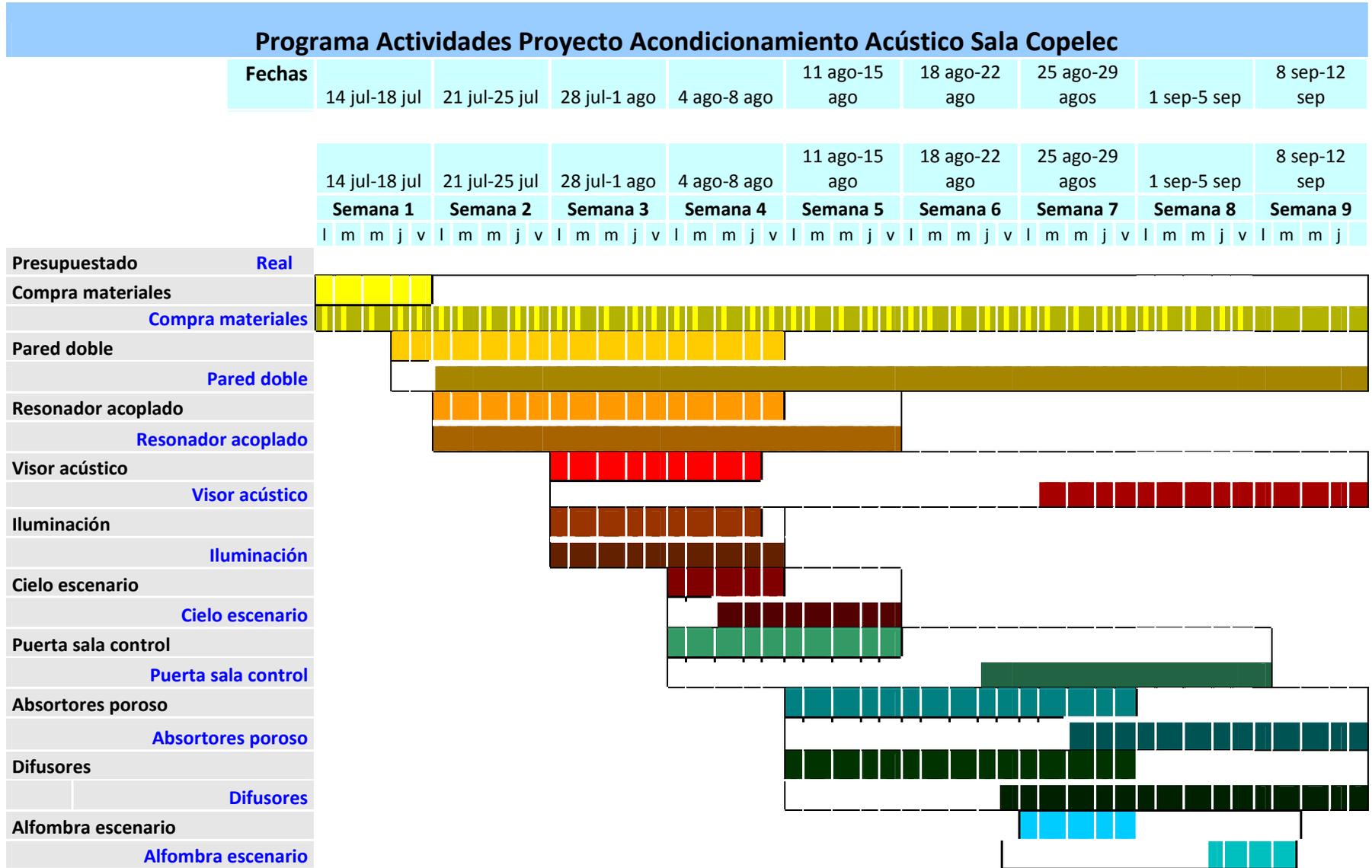


Tabla 20: Cronograma que muestra las fechas propuestas para cada actividad destacada con un color en particular, y las fechas en que se realizó destacada con el mismo color y pero con superficie punteada.

Con relación al tiempo de ejecución del proyecto, por contrato se estipuló que comenzaría el 10 de julio y finalizaría el 10 de septiembre. Del análisis de los tiempos de ejecución establecidos en la carta Gantt, comparados con los tiempos reales, se aprecia que un porcentaje importante de los tiempos estipulados para cada actividad no se realizó en las fechas programadas. Esto se debió principalmente, a que se fue reprogramando las actividades de acuerdo con los resultados concretos que se iban obteniendo y a la inexperiencia en la construcción de las soluciones. Si bien algunas actividades o trabajos relacionados con la construcción fueron subcontratados, la mayoría de las tareas fue realizada por los ejecutores del proyecto, actuando estos como directores del proyecto, gestores de la etapa de implementación de éste y constructores de las soluciones acústicas.

Una de las principales subestimaciones de tiempo, fue la que correspondió a la ejecución de la pared doble. En esta actividad influyeron muchas variables que retrasaron lo programado, tales como: poca experiencia en la construcción, personal subcontratado poco eficiente y propenso a cometer muchos errores, geometría muy irregular del lugar para construir la pared, problemas para fijar las soleras que sostienen los pies derechos de la pared doble al muro y a las cadenas de la sala, detalles constructivos no considerados, etc.

En conclusión, si bien no se pudo cumplir con las fechas programadas de acuerdo a la carta Gantt del proyecto, si se cumplió con lo estipulado en el contrato, salvo por dos días de atraso debido a la infinidad de detalles que se presentaron.

La experiencia de estos atrasos corrobora la importancia de una buena y holgada programación de las actividades.

Finalmente, para concluir esta etapa de análisis de los recursos consumidos y los beneficios alcanzados, se presenta el cuadro que resume los costos generales realizados en el proyecto y los beneficios monetarios alcanzados.

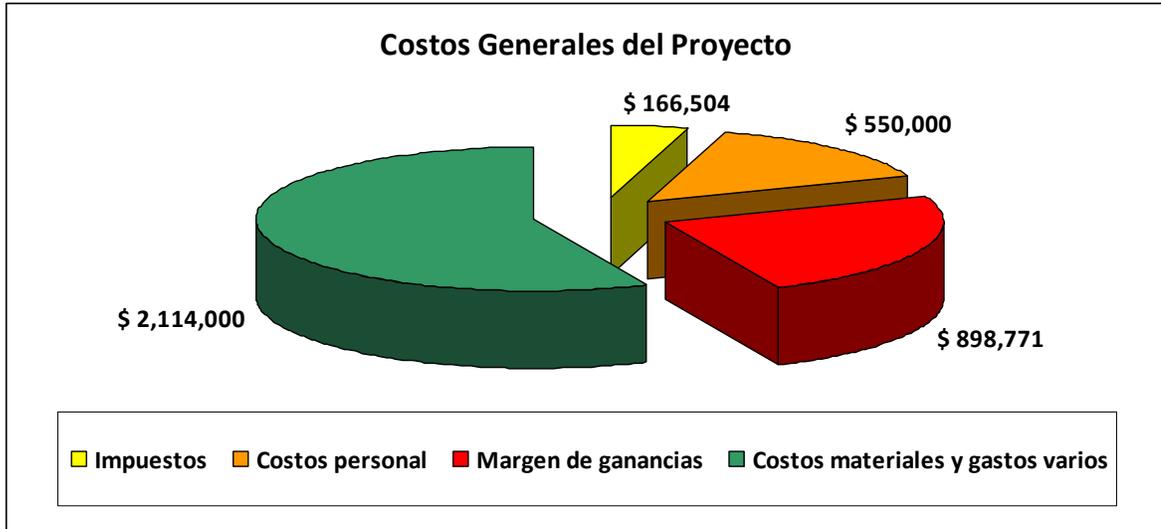


Gráfico 14: Evolución del tiempo de reverberación.

Aparte de los beneficios monetarios alcanzados por el proyecto, existen otros de tipo estratégico que fueron considerados desde el principio, y otros que fueron presentándose a lo largo de éste.

El primer beneficio no monetario detectado, está relacionado con el posicionamiento en el mercado de los servicios futuros que el equipo de trabajo puede ofrecer con relación al acondicionamiento acústico. Se cree que el realizar un trabajo de calidad es la mejor carta de presentación para futuros trabajos.

El otro gran beneficio no monetario fue la experiencia y el conocimiento ganado, tanto en la aplicación del diseño acústico como en la gestión de proyecto, como también en la construcción de soluciones y el aprendizaje en el proceso administrativo y contable del proyecto.

El último gran beneficio que vale ser destacado, son las redes de contacto alcanzadas ya sea con los proveedores o con el cliente y los nexos con el personal relacionado a la construcción, y la satisfacción personal de haber visto la obra concluida exitosamente.

5.3 Conclusiones

Como primera conclusión de esta tesis, vale destacar que se cumplieron los objetivos acústicos del proyecto, los cuales permitieron que se realicen exitosamente los ensayos del conjunto folclórico y así como las grabaciones de presentaciones y ensayos de los mismos.

Como conclusión de lo aprendido en este trabajo, cabe destacar la importancia que tiene desarrollar una metodología clara, para enfrentar cualquier tipo de proyecto. Esta metodología nos permite conocer cómo se compone un proyecto completo, cómo se tiene que abordar para obtener óptimos resultados, cómo se debe enfrentar su ejecución y cómo aprender del trabajo realizado y hacerlo parte del saber hacer.

Muy importante es conocer y manejar el área del saber relacionado al proyecto que se está enfrentando, ya que permite en caso de eventuales inconvenientes, hacerles frente de mejor manera, identificando claramente las causas y las variables que influyen en sus causas y optando por la mejor solución que conduzca al mejor desarrollo del proyecto.

En la literatura referente a dirección y gestión de proyectos, se destacan tres variables básicas que están presentes en todo proyecto. Estas son: la calidad, los plazos y los costos. De acuerdo al trabajo realizado en este proyecto, se puede establecer que la variable costos puede englobar a las otras dos, ya que ésta puede definir la calidad del producto o las soluciones y también puede ampliar o alargar los plazos. Por ejemplo, para el caso de la pared doble, si hubiesen existido más recursos para su construcción, el aislamiento hubiera sido mucho mayor, también se hubiesen podido proponer soluciones de acústica variable para el tiempo de reverberación de la sala de ensayo, permitiendo así contar con diversos tiempos de reverberación para distintos fines.

La variable costos también define los plazos, ya que a mayor tiempo destinado para realizar un trabajo, mayores son los costos para los ejecutantes, pero además, hay otra relación importante entre costos y plazos, que es la oportunidad en que se disponga de recursos, ya que de no ser oportuna, puede acarrear graves consecuencias que repercuten en los plazos.

Con relación a las variables mencionadas en el párrafo anterior y como última conclusión de este trabajo, es que, en todo proyecto, una vez cumplido los objetivos que aseguren la calidad, el funcionamiento y la seguridad de las soluciones, es que estos se hayan logrado con el costo mínimo.

Bibliografía

- [1] **CARRION, C.I.** "Diseño acústico de espacios arquitectónicos" Alfaomega grupo editor. Buenos Aires. 2001.
- [2] **BERANEK, L.L.** "Acústica". 3° ed. Ediciones Técnicas Edicient S.A.I.C. 1987. Buenos Aires.
- [3] **RECUERO, M.- GIL, C.** "Acústica Arquitectónica". Artes Gráficas BENZAL, S.A. 1992. España.
- [4] **RECUERO, M.** "Acústica Arquitectónica-Soluciones Prácticas". Ed. Paraninfo. 1992. España.
- [5] **SAMIR, N.Y.G- ARENAS, J.P.** "Fundamentos y control de ruido y vibraciones" NR editores. 2004. Brasil.
- [6] **M. MOSER- J.L. BARROS** "Ingeniería Acústica". ISBN. Chile.
- [7] **SOMMERHOFF, JORGE** "Apuntes Acústica de Locales".
- [8] **RECUERO, M.** "Ingeniería Acústica", Editorial Paraninfo S.A. Madrid 1992.
- [9] **SANTANA, G.** "Planificación y Control de obras de construcción". Editorial Paraninfo S.A. 1998
- [10] **AJENJO, A. D.** "Dirección y Gestión de Proyectos, un enfoque práctico". 2° edición actualizada y revisada. Alfaomega Ra-Ma.2005
- [11] **RECUERO, M.** "Acústica de Estudios de Grabación Sonora". Instituto Oficial de Radiotelevisión Española. 1993. España.
- [12] **SABEZ, A. F.** "Sistema automático de medición de la pérdida de transmisión entre dos recintos reverberantes mediante un software". Tesis de Grado de Ingeniería Acústica Facultad de Ciencias de la Ingeniería Universidad Austral de Chile (1997).
- [13] **NAVARRO, J.C.** "Diseño y evaluación de un proyecto de una estación de radio". Tesis de Grado de Ingeniería Acústica Facultad de Ciencias de la Ingeniería Universidad Austral de Chile (2006).
- [14] **SILVA, V.** "Consideraciones practicas para el diseño y construcción de salas con bajo ruido de fondo". Tesis de Grado de Ingeniería Acústica Facultad de Ciencias de la Ingeniería Universidad Austral de Chile (1991).
- [15] **SARMIENTO, A.B.** "Validación de software para predicción de acústica de salas y aplicación al diseño de salas". Tesis para optar al grado de ingeniero en telecomunicaciones, Universidad de Vigo, España.
- [16] **HORNING, K. H.** "Diseño de un estudio de grabación con sala de control lede". Tesis de Grado de Ingeniería Acústica Facultad de Ciencias de la Ingeniería Universidad Austral de Chile (2001).
- [17] **Listado Oficial de Soluciones Constructivas para Aislamiento Acústico del Ministerio de Vivienda y Urbanismo.**