



REVERBERACIÓN PARAMÉTRICA

METODOLOGÍA PARAMÉTRICA PARA EL MEJORAMIENTO EN EL ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO
DE LOS TEMPLOS EVANGÉLICOS.

Profesor guía: Sebastián Rosas
Alumno: Samuel Riveros Mejías
Universidad de Chile - Semestre Otoño 2021
Santiago, Chile

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	4
1.1 MOTIVACIÓN	4
1.2 ÁREA DE ESTUDIO	5
1.3 TEMA DE ESTUDIO	6
1.4 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	7
1.5 PREGUNTAS	9
1.6 HIPÓTESIS	9
1.7 OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN	9
2. MARCO TEÓRICO	10
2.1 INTRODUCCIÓN	10
2.2 IGLESIA EVANGÉLICA	12
2.2.1 TEMPLO EVANGÉLICO	13
2.2.2 MÚSICA CONGREGACIONAL	15
2.2.3 PREDICACIÓN CONGREGACIONAL	18
2.3 ACÚSTICA	20
2.3.1 PROPAGACIÓN DEL SONIDO EN ESPACIO CERRADO	21
2.3.3.1 SONIDO REFLEJADO	22
2.3.3.2 ACÚSTICA GEOMÉTRICA	23
2.3.3.3 TIEMPO DE REVERBERACIÓN	25
2.3.3.4 INTELIGIBILIDAD DE LA PALABRA	28
2.3.2 MATERIALES ACÚSTICOS	29
2.3.2.1 MATERIALES ABSORVENTES	30
2.3.2.2 MATERIALES REFLECTANTES	37
2.3.2.3 MATERIALES DIFUSORES	40
2.3.3 ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO DE RECINTOS	44
2.3.4 SELECCIÓN DE IGLESIAS	48

2.4 DISEÑO PARAMÉTRICO	..... 57
2.4.1 HERRAMIENTAS INVESTIGATIVAS DE MODELACIÓN	..... 58
2.4.2 HERRAMIENTAS INVESTIGATIVAS DE ACÚSTICA	..... 64
3 METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	..... 70
3.1 PASO A PASO	..... 70
4 EXPERIMENTACIÓN	..... 72
4.1 INTRODUCCIÓN	..... 72
4.2 OBTENCIÓN DE DATOS IGLESIA TIPO	..... 73
4.3 MODELADO DE IGLESIAS SELECCIONADAS	..... 80
4.3.1 IGLESIA BIBLICA BAUTISTA RENACER	..... 81
4.3.2 IGLESIA CASA DEL PADRE	..... 85
4.3.3 IGLESIA BAUTISTA LA FLORIDA	..... 89
4.4 ESTRATEGIAS DE INTERVENCIÓN	..... 94
4.4.1 REFERENTES DE ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO	..... 95
4.4.2 DESARROLLO EXPERIMENTAL DE INTERVENCIÓN	..... 101
4.4.2.1 PROTOTIPO ACÚSTICO	..... 102
4.4.2.2 ADAPTACIÓN AL PÚBLICO	..... 114
4.4.2.3 ADAPTACIÓN AL RECINTO	..... 121
4.4.3 RESULTADOS	..... 130
5 CONCLUSIONES	..... 132
5.1 REFERENTES DE ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO	..... 134
5.2 DESARROLLO EXPERIMENTAL DE INTERVENCIÓN	..... 134
6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	..... 135

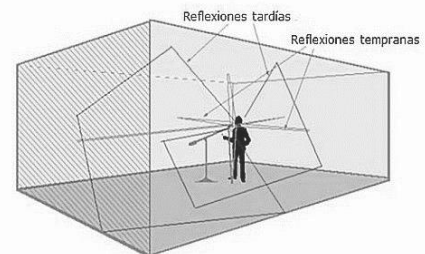
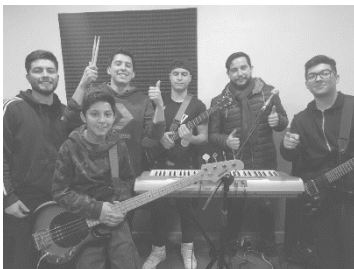
1.INTRODUCCIÓN

1.1 MOTIVACIÓN

La motivación que impulso este estudio fue el interés particular por la música y como este pudiese estar relacionado con la arquitectura, de una manera que me permitiera realizar **una investigación aplicada e interdisciplinaria; entre la arquitectura, la ing. Acústica y la Eclesiología**, para conocer cómo se comporta o adapta un espacio determinado con la influencia del sonido en él. Esta motivación proviene del **amor a la música** desarrollado durante toda mi vida como músico y participante de distintas agrupaciones musicales, donde destaco en particular, mi afinidad con la iglesia evangélica de la cual soy participe musicalmente desde 2007 y congregacionalmente desde que nací. De ahí mi interés por realizar una búsqueda exhaustiva de las características acústicas que se desarrollan en los distintos templos evangélicos de Chile, esperando que esta investigación sea un complemento fiable que pueda ser implementado en mi iglesia posteriormente.

Estudiar la configuración espacial geométrica de los distintos templos evangélicos en relación con la acústica que se desarrolla en ellos, llevaría necesariamente a estudiar **la interacción de la música, el espacio y los materiales que lo configuran**, y como estas resuelven o no, las condiciones necesarias para mantener una acústica acorde a su programa. Estudiar dichas materialidades ha sido de mi interés durante el proceso formativo educacional de la carrera, potenciándose con ramos como *“Taller Práctico de Experimentación de Materiales”* donde surgió la mayor inquietud por el conocimiento de las propiedades de los distintos materiales que se utilizan para cada proyecto en particular.

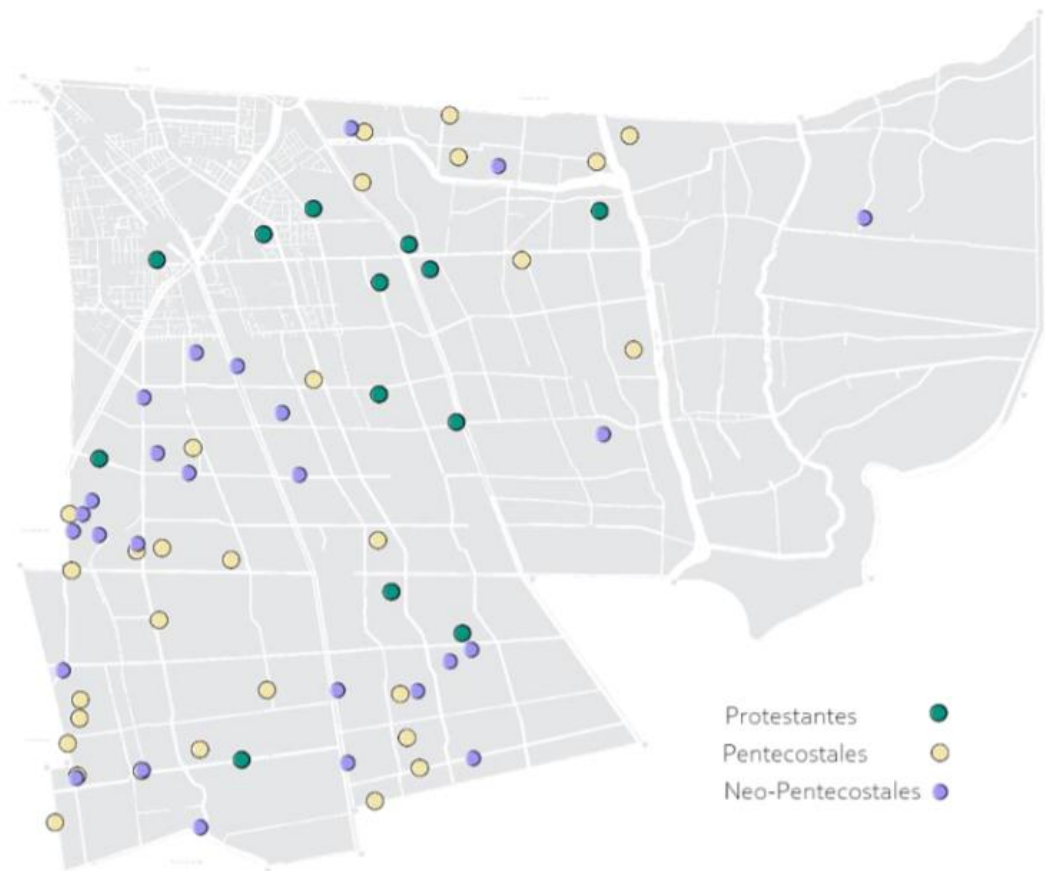
Como ultima motivación, pero no menos importante, me interesa **conocer y aprendes programas computacionales** como Rhinoceros y Grasshopper para el uso de sistemas paramétricos y de simulación para experimentar las distintas situaciones acústicas que ocurren en distintos volúmenes geométricos.



1.2 ÁREA DE ESTUDIO

Esta investigación se enmarca en el **área de Tecnología de la Arquitectura**, la cual considera el ciclo de vida de las edificaciones desde su diseño, ejecución, conservación y recuperación de la obra arquitectónica, considerando distintas variables como la materialidad, geometría y habitabilidad.

La investigación busca establecer un **estudio de los acondicionamientos acústicos** para los recintos de carácter eclesiástico de tipo evangélico en Chile, dada su diversidad geográfica y edificatoria, determinando su enfoque específicamente en la comuna de La Florida en Santiago la cual se presenta como la comuna con mayor asentamiento de estructuras religiosas en Chile.



Mapa de la Florida que muestra las iglesias evangélicas de la comuna

Fuente: Araya, Natanael. "Caracterización de la contaminación ambiental provocada por los lugares de culto evangélico: El caso de la Comuna de La Florida". Seminario 2020

La investigación se desarrollará **analizando, proyectando, simulando y evaluando** las distintas situaciones musicales que se presentan en los recintos evangélicos, determinando la mejor situación acústica para cada inmueble.

1.3 TEMA DE ESTUDIO

La iglesia evangélica, se inserta en la ciudad como un grupo de personas que manifiestan un culto, cuya función primordial es proporcionar un espacio de reunión para los participantes donde puedan consagrarse y adorar a la Trinidad (Padre, Hijo y Espíritu Santo). En ese sentido, **la configuración arquitectónica del templo evangélico toma menor importancia, priorizando el lugar como punto de reunión sin importar donde se efectuó la reunión, ni la caracterización de ese espacio.** Esta visión jerárquica del lugar, que prioriza a los participantes, los lleva a instalarse en distintos lugares, minoritariamente en terrenos diseñados específicamente para sus funciones religiosas, y mayoritariamente en lugares que originalmente no fueron diseñados para los propósitos necesarios para realizar el culto normalmente.

Se consideran **las funciones de exposición oral** y las **actividades musicales a lo largo del culto**, como actividades primordiales de un culto evangélico. De acuerdo con esto, **para efectos de la investigación, se escogió el estudio de los lugares de culto evangélico, desde la perspectiva de la expresión religiosa oral y musical** que se ve afectada directamente por el lugar de reunión donde se realizan las actividades congregacionales, **tomando en cuenta la forma geométrica del recinto, las materialidades presentes en el interior, y la configuración sonora** de los integrantes del culto en un espacio determinado.

Para comprender de mejor manera las cualidades que definen un culto evangélico es necesario comprender brevemente el origen y clasificación de las iglesias evangélicas en Chile y como manifiestan sus actividades musicales. **Tomando en cuenta la investigación del trabajo del estudiante de arquitectura Natanael Araya (2020), “Caracterización de la contaminación ambiental provocada por los lugares de culto evangélico: El caso de la Comuna de La Florida”.** Y el estudio de tipologías evangélicas hecho por Evgenia Fediakova, se acota el espectro de iglesias evangélicas en **3 clasificaciones: protestante tradicional, pentecostal y Neo-pentecostal**, donde cada una manifiesta un estilo musical particular. Basado en estos estudios, **se propone trabajar en la comuna de La Florida como lugar de estudio para esta investigación**, ya que concentra la mayor cantidad de entidades religiosas, obtenido de la oficina de asuntos religiosos del Gobierno de Chile. Entonces, **se propone la búsqueda de templos evangélicos que manifiesten condiciones geométricas estructurales, materialidades y estilos musicales distintos** en la comuna de la Florida, de manera comparativa, para proyectar, simular y evaluar los distintos acondicionamientos acústicos que se pudieran requerir.

Por lo tanto, esta investigación se centrará en el estudio, análisis y proyección del acondicionamiento acústico para cada uno de estos recintos, tomando en cuenta el tiempo de reverberación (RT) adecuado para el uso musical de cada estilo presente en cada templo evangélico, y la inteligibilidad de la palabra durante la predicación bíblica. Para llegar a determinar si el tiempo de reverberación es óptimo se deben tener en consideración distintos parámetros, por ejemplo, la geometría del recinto, su materialidad, el estilo musical que se imparte en dicho recinto, el posicionamiento de la fuente emisora y la cantidad de usuarios.

La estructura investigativa de este seminario va sujeta a las definiciones y características descritas en el libro de acústica de Carrión, A. (1998), *“Diseño acústico de espacios arquitectónicos”* como fuente de conocimiento acústico primordial.

1.4 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La iglesia como recinto se encarga de reunir a los participantes para juntos adorar a la trinidad por medio de distintas actividades (dialogando, exponiendo, jugando, a través de la música, etc), sin embargo, **los recintos destinados al culto evangélico no consideran el acondicionamiento acústico de sus templos** para integrar satisfactoriamente las dos actividades primordiales: predicación por medio de un expositor, y la actividad musical por medio de la banda, coro o los mismos participantes del culto. A esta despreocupación entre la acústica del recinto y su actividad, se suma la **desvalorización** de los propios participantes **del templo evangélico como estructura configurante del programa culto**, donde se consideran estas actividades programáticas de un culto, como factor independiente al recinto, dejando expuestos los problemas acústicos que requieren una estrecha interacción con las actividades ya mencionadas.

Basados en la investigación de Natanael Araya (2020), *“Caracterización de la contaminación ambiental provocada por los lugares de culto evangélico: El caso de la Comuna de La Florida”*. **Se comprende la poca consideración normativa que poseen los integrantes de una congregación evangélica de los recintos que habitan.**

De acuerdo con la investigación señalada, se concluye por medio del título 4 de la Arquitectura OGUC, en los capítulos 1, 2 y 3 y la normativa constitucional jurídica de entidades religiosas, que los lugares de culto evangélicos, en el caso de La Florida, se configuran de manera particulares, con un carácter autogestor mayoritariamente.

Esto genera un desarrollo religioso en un estado de informalidad, respecto del emplazamiento y habitabilidad del edificio, que se comprende por la falta de conocimiento respecto a los procedimientos normativos, considerando a esto, la visión religiosa, que posee un carácter evangelizador, que prioriza la funcionalidad del edificio por sobre la habitabilidad.

Del artículo de Rodrigo Vidal Rojas (2011), *“Arquitectura Pentecostal: entre lo sagrado y lo profano”*, **se determina la poca importancia que los mismos participantes le otorgan al templo como estructura arquitectónica sostenedora de dichas actividades que requieren cualidades acústicas específicas.**

La iglesia evangélica sugiere que, el Espíritu Santo de Dios se puede manifestar cada vez que dos o más creyentes se congregan en el nombre de Jesús, convirtiendo al templo evangélico en un lugar donde el participante cristiano se encuentra con Dios, con su prójimo y con el mismo en un lugar indeterminado. **El templo, que se considera el lugar del culto durante el cual el evento extraordinario de la presencia de Dios puede realizarse, es un recinto común y corriente, que adquiere el carácter de sagrado para el creyente, durante ese espacio de tiempo.** Esto debido a las enseñanzas de Jesús donde afirma que el Espíritu Santo de Dios ya no habita en templos construidos por los hombres, sino en cada uno de nosotros, dejando en segundo plano el templo religioso. Esta filosofía lleva a la desvalorización del templo como arquitectura específica, que desde sus orígenes se han manifestado como edificaciones no solo comunes y corrientes, sino además humildes, sencillos y simples.

Un análisis en la composición arquitectónica de algunos edificios centrales de la arquitectura religiosa cristiana permite observar que existe un componente arquitectónico fundamental que se manifiesta en los templos evangélicos, el eje procesional.

El eje procesional, se trata de un recorrido recto y longitudinal, que se expresa a través de diversos elementos arquitectónicos como pasillo central, cambios de nivel, luminosidad, etc. Este recorrido cuenta con un principio, denominado comúnmente por la puerta de acceso y un término, normalmente un altar que marca la presencia de la divinidad y que es resaltado de diversas maneras. Este eje procesional habitualmente divide simétricamente el edificio, lo que genera como consecuencia un templo esencialmente longitudinal, espacialmente tensionado en dirección del púlpito y ordenado a partir de un pasillo central de circulación.

El templo evangélico es, en términos muy generales, un volumen formal y espacialmente muy simple. Usualmente en forma de paralelepípedo alargado, con una fachada principal predominante y tres alzados ciegos, que albergan un espacio interior definido por un solo ambiente, dominado visualmente por el púlpito que se emplaza en el fondo del volumen, dejando resueltas, de forma mínima, las cualidades para la exposición oral (predicación bíblica). Esto sin considerar las cualidades acústicas necesarias para la incorporación de música vigente en la mayoría de los templos evangélicos en la actualidad, donde se pueden encontrar distintos conjuntos musicales dependiendo de la tipología evangélica que se presenten, entre estos: el conjunto góspel acompañado de un instrumento de cuerdas, el tradicional correspondiente al canto grupal de todos los participantes y por último, el más común hoy en día, el conjunto musical tipo banda que alberga una mixtura instrumental que se impone para los participantes del culto.

Por último, se considera la **experiencia propia vivida como un integrante musical** de una congregación evangélica “Ministerio Sión” ubicado en la comuna de Renca, donde se logra apreciar diferencias de sonido en distintos puntos del recinto a la hora de escuchar la música en vivo, o los efectos de eco cuando el predicador está hablando. Esto deja en evidencia la poca efectividad que tienen dichos recintos en el acondicionamiento acústico, los cuales no están capacitados para sostener una acústica necesaria para que funcionen las dos actividades que se desarrollan en él (exposición oral y actividad musical).

Para solucionar esto se propone una investigación para el **mejoramiento de las condiciones acústicas** del recinto a través de un estudio selectivo de templos en la comuna, que permita desarrollar un prototipo acústico que mejore las condiciones sonoras del recinto para sus actividades.

1.5 PREGUNTAS

¿**Cómo se puede intervenir el templo evangélico** con la finalidad de mejorar las condiciones acústicas del espacio geométrico preexistente de manera óptima?

¿Qué **similitudes y diferencias acústicas**, expresadas en el tiempo de reverberación, se pueden encontrar en el desarrollo continuo de un culto evangélico a través de sus dos actividades principales (exposición oral – actividad musical)?

¿**Cómo simular y evaluar** las posibilidades de mejoramiento acústico derivadas de la geometría espacial interior del recinto y la materialidad, correspondidos en una intervención espacial interna del templo evangélico?

1.6 OBJETIVOS

Investigar y analizar los distintos requerimientos acústicos que se necesitan para los distintos recintos destinados al culto.

Investigar y analizar los distintos recintos evangélicos que existen en la comuna de la Florida, su geometría, materialidad, y estilo musical presente.

Determinar variables materiales y geométricas, para diseñar una intervención interna del recinto como causa de un mejoramiento en el acondicionamiento acústico.

Investigar y analizar el comportamiento acústico que podrían tener distintos materiales y geometrías para diseñar una serie de experimentos a modo de cámara acústica.

Experimentar, simular y evaluar usando software de diseño paramétrico y procesos de fabricación digital para realizar prototipos.

Confeccionar un prototipo acústico para el templo evangélico que cumpla con los requerimientos acústicos necesarios para su programa.

1.7 HIPÓTESIS

El culto evangélico en general posee dos actividades que son comunes para todas las iglesias: **Exposición bíblica y actividad musical**, las cuales requieren de **condiciones acústicas diferentes**, por lo tanto, se realizará una **metodología de intervención adaptable** a las condiciones acústicas, para un funcionamiento óptimo a lo largo del culto, llevando a cabo las diferentes solicitudes sonoras que requieren las actividades.

2 MARCO TEÓRICO

2.1 INTRODUCCIÓN

El marco teórico se elabora con la finalidad de **conocer las variables** que se deben considerar para realizar un mejoramiento en el acondicionamiento acústico de los recintos evangélicos, **teniendo en cuenta su ocupación acústica durante las actividades de un culto religioso**. De esta manera, con la información recopilada, elaborar una estrategia de mejoramiento adaptable que funcione para cualquier recinto evangélico. Las variables se pueden agrupar en cuatro temas:

En el primer capítulo, se busca **conocer las cualidades y características de los templos evangélicos, geometría y materialidades** que se ven afectadas directamente con el uso acústico que se imparte en ellos, determinando una base de datos que impulse un mejoramiento acústico.

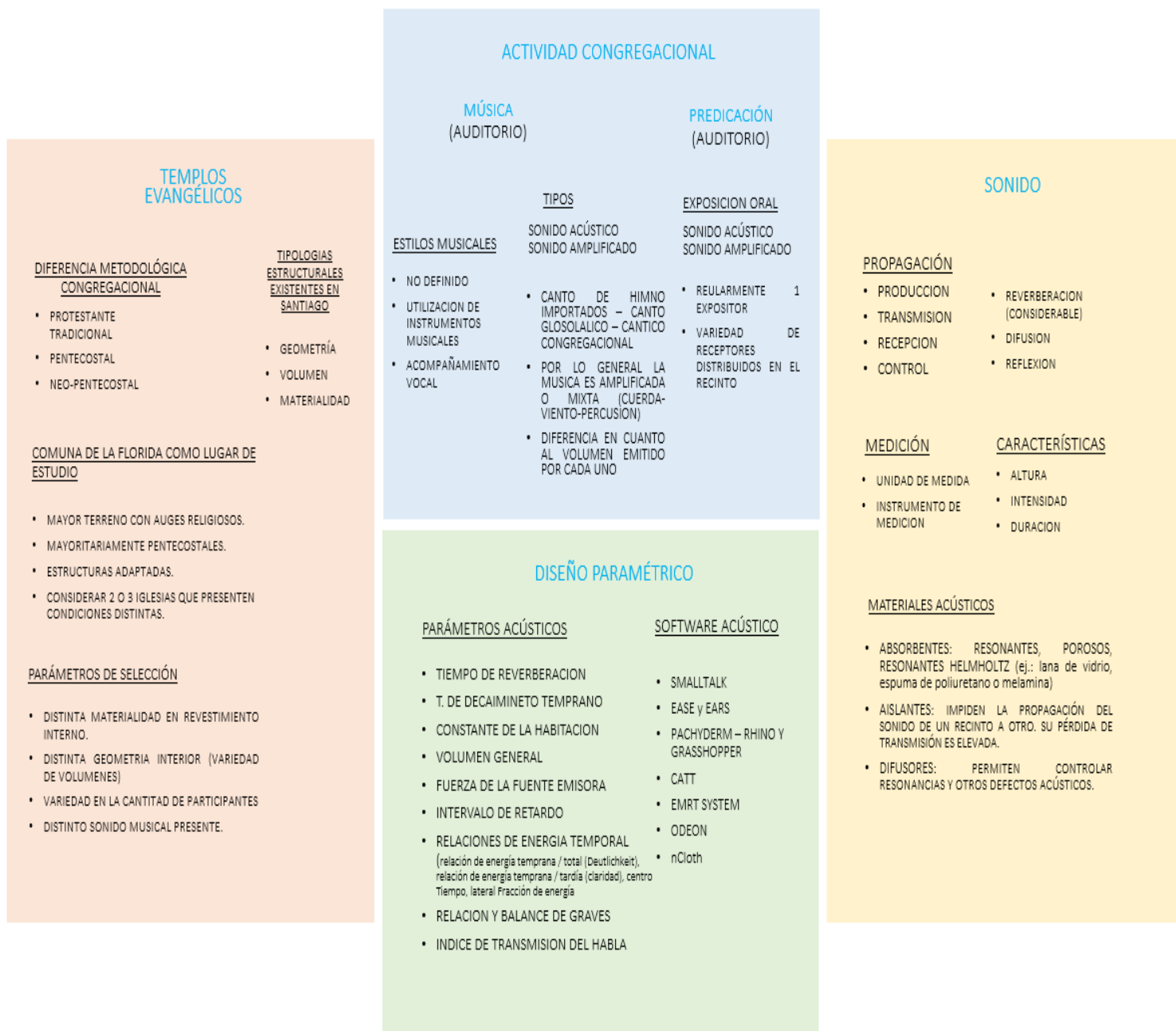
En segundo capítulo, se busca **conocer las similitudes y diferencias que existen durante la manifestación de actividades sonoras distintas durante el culto**: estas contemplando un recinto tipo auditorio donde se imparte una exposición oral y música en vivo. De esta manera elaborar una estrategia que permita el mutuo funcionamiento de ambas actividades durante el culto evangélico.

En tercer capítulo, se investigarán los **conocimientos acústicos pertinentes con las necesidades de la investigación**, acotar el espectro amplio de información del sonido a conceptos necesarios que sean utilizados durante el proceso completo de la investigación. De esta manera se reduce la cantidad de información sonora solamente a la necesaria para la finalidad deseada.

El cuarto capítulo, **se investigará los distintos softwares de modelado 3D que visualicen el movimiento expansivo de las ondas sonoras en un recinto modelo** que funcione de manera paramétrica. De esta manera llegar al modelo óptimo que responda el mejoramiento acústico de los templos evangélicos.

A partir de estos cuatro aspectos, se conformará la propuesta del marco metodológico, ya que cada tema ilustra el entendimiento de la geometría, la práctica y el sistema de ejecución, respectivamente.

ESQUEMA GENERAL DE TEMAS DEL MARCO TEORICO



2.2 IGLESIA EVANGÉLICA

El culto en las Iglesias Evangélicas es visto como un **acto de adoración de Dios**, sin liturgia, donde la concepción de servicio de adoración, dirigido generalmente por un pastor cristiano, considerado más informal que la de la iglesia católica.

En Chile, **se reconoce como Iglesia Evangélica al conjunto de denominaciones religiosas que reconocen en Jesús al único mediador entre Dios y los hombres**, y al libro de la biblia como el único libro sagrado válido, a esto sumando la profesión de la fe como el único medio válido de reconciliación con Dios. El proyecto de ley del 2 de noviembre de 2006 reconoce bajo esta denominación a una amplia **variedad de iglesias protestantes** (evangélica, luterana, metodista, pentecostal, anglicana, presbiteriana, bautista y episcopal). Se reconocen **tres tipos de denominaciones** de iglesias evangélicas en Chile en función de su arraigo originario y la forma en que aparecen en Chile:

- Iglesias de tradición reformada, nacidas directamente de la Reforma del Siglo XVI en Europa. Es el caso de la Iglesias Luterana y Anglicana.
- Iglesias de tradición misionera, provenientes de diversos lugares con la misión de evangelizar. Es el caso de las iglesias bautistas, metodistas, aliancistas, asambleas de Dios, presbiteriana, congregacionalistas etc.
- Iglesias pentecostales o criollas, nacidas del “avivamiento pentecostal de 1909”.

En ellas se manifiestan distintivas actividades a lo largo del culto religioso y fuera de ellas, por lo general, **contiene dos partes principales, la alabanza** (música cristiana) **y el sermón** (exposición de la palabra bíblica) como actividad común y principal por medio de un integrante entendido o guiado por el Espíritu Santo de Dios.

Para los propósitos de esta investigación, se utilizarán distintas fuentes bibliográficas que logren a modo de análisis, formar una base de conocimientos distintivos de los templos evangélicos como arquitectura en cuestión, y las dos actividades principales que ocurren durante el culto cristiano, tomando en consideración la importancia espacial geométrica que requieren dichas actividades para manifestarse de manera apropiada en el recinto.

2.2.1 TEMPLO EVANGÉLICO

El templo evangélico descrito en el texto de Rodrigo Vidal Rojas (2011), *“Arquitectura pentecostal: entre lo sagrado y lo profano”*, se define como **lugar privilegiado de comunión con Dios y con el prójimo**, que tiene en la tradición evangélica dos expresiones externas específicas: corporal y material.

El Templo Corporal

- Este se describe como el templo “original” y más importante, considerado **el mismo cuerpo del cristiano**, descrito por el apóstol Pablo en la biblia: “¿O ignoráis que vuestro cuerpo es templo del Espíritu Santo, el cual está en vosotros, el cual tenéis de Dios, y que no sois vuestros?” (1ª Corintios 6, 19).

El Templo Material

- Como segunda expresión se encuentra **el templo como lugar físico** de relación entre el hombre y Dios, es el templo material consagrado para la adoración a Dios, y la comunión de los participantes entre ellos y con el Espíritu Santo. Es aquí donde ocurre la dispersión del Espíritu Santo, donde según las escrituras del Antiguo Testamento de la biblia, habitaba solo en algunos instrumentos escogidos por Dios (patriarcas, profetas), en el Nuevo Testamento habita en todos los seres humanos que hayan aceptado a Jesús como su único Salvador, y se manifiesta por medio de la alabanza o música cristiana y la exhortación o predicación de la enseñanza bíblica.

Una frase muy habitual en la comunidad evangélica es: “Porque donde están dos o tres congregados en mi nombre, allí estoy yo en medio de ellos” (Mateo 18, 20, Biblia Sagrada), es decir, cada vez que dos o más creyentes se congregan en el nombre de Jesús, Dios puede permitir la experiencia sobrenatural de hacerse presente a través de la manifestación del Espíritu Santo. **Debido a que la gente se congrega en el templo material, convierte a este en el lugar donde el creyente (templo corporal) se encuentra con Dios adorando en conjunto con la congregación en una comunión en base al Espíritu Santo de Dios**, templo, considerado sagrado en el momento en que se manifiesta dicha presencia, y profano y común el resto del tiempo.

Esta distinción de templos genera como consecuencia que los recintos evangélicos sean considerados recintos comunes y sencillos: casas de hermanos, antiguas bodegas, carpas, piezas contiguas a edificios etc. Esto genera diversidad en los templos evangélicos, en formas, tamaños, materialidades y emplazamientos.

Arquitectura del templo

El templo evangélico está compuesto principalmente por el eje procesional, presente en la arquitectura cristiana hace veinte siglos y que marca el peregrinaje del hombre desde su miseria hasta la presencia de Dios. El autor lo define como:

- Un recorrido recto y longitudinal, que se expresa a través de diversos elementos arquitectónicos: pasillo central, escalinatas, cambios de nivel, luminosidad, altura, entre otros componentes. Este recorrido cuenta con un principio (puerta, atrio, zaguán, portal, umbral) y un término, normalmente un altar que marca la presencia de la divinidad y que

es connotado de diversas maneras: altura, lugar cerrado, luminosidad, representación física de la deidad etc. Este eje procesional habitualmente divide simétricamente el edificio y su recorrido se organiza en segmentos que revelan diversas etapas de evolución, de santificación, de purificación, de dignidad o de acercamiento a la divinidad. (Rojas, V. 2011, p.139)

Se comprenden **cuatro grandes aspectos** en el texto de Vidal Rojas que configuran la composición de la mayoría de los templos evangélicos:

1. La forma del terreno

Los predios donde se construyen los templos pentecostales se caracterizan por una proporción donde **el largo o profundidad predomina** ampliamente sobre la anchura o frente de calle. Son las cuestiones ligadas a las oportunidades de acceso a la propiedad (precio y propietario) las que condicionan esta forma del predio.

2. Fachada y acceso

La fachada principal adquiere mayor importancia al ser el único elemento mediador entre el mundo exterior y el templo. Esta divide los espacios de intermediación, entre lo profano exterior y lo sagrado interior. Una suerte de pronaos griego, o de nártex basilical romano, cuya puerta, divide un umbral exterior de un vestíbulo interior. El acceso, que da paso al eje procesional ya descrito, es realizado por una fachada que intenta dar cuenta de toda la identidad, resaltando en su contexto inmediato.

3. La proporción de la nave

También vinculada a la forma del terreno, el templo es **esencialmente longitudinal**, espacialmente tensionado en dirección del púlpito y ordenado a partir de un pasillo central de circulación. Esta sencilla configuración retoma de manera reiterativa ciertas proporciones y formas del templo basilical original: **forma rectangular, pasillo central, preponderancia jerárquica del altar.** Toda configuración distinta a esta surge como una excepción. Formas anguladas, curvas, cuadradas o desprovistas de pasillo central, son casi inexistentes, salvo cuando la forma del terreno obliga alguna modificación del patrón de diseño.

4. La simpleza de la forma

Usualmente en forma de paralelepípedo alargado, con una fachada principal predominante y tres alzados ciegos, con una envolvente de escaso espesor (ausencia de elementos o espacios de intermediación), que alberga un espacio interior definido por un solo ambiente (salvo en los casos en que existe balcón o galería donde se configuran además los espacios sobre y bajo galería), dominado visualmente por el púlpito que se emplaza en el fondo del volumen, a modo de segunda fachada o fachada interna. Dado su crecimiento progresivo, muchas veces surgen algunas variantes menores, dada la anexión de algunos nuevos recintos.

2.2.2 MÚSICA CONGREGACIONAL

El primer elemento sobre el significado y valor de la música en el cristianismo está en las propias páginas de la Biblia, "La palabra de Cristo habite en vosotros en abundancia en toda sabiduría, enseñándoos y exhortándoos los unos a los otros con salmos e himnos y canciones espirituales, con gracia cantando en vuestros corazones al Señor" (Colosenses 3:16). Estas palabras las escribe el apóstol Pablo, atestiguando la importancia y el papel que desempeña la música en el cristianismo, que tiene como misión evangelizar, así es también como lo comprendieron los reformadores, especialmente **Martín Lutero (1483.1546), fundador de la música evangélica en toda su abundancia y multiplicidad.**

"La música no persigue un fin propio en la Iglesia, sino que, con sus cualidades inspiradoras y elevadoras, subordinándose a lo esencial, se transforma a sí misma, en el mejor sentido, en alabanza a Dios." (Prochell, M., 2011, P.39).

La música habita en la iglesia desde el antiguo testamento donde se menciona en varias ocasiones como las personas manifestaban estas actividades para adorar a Dios. Esta fue **hecha con un propósito sagrado**, para elevar los pensamientos hacia lo puro, noble y elevador, para despertar en el alma la devoción y la gratitud hacia Dios. El cantar, considerado una expresión genuina de alegría y gratitud, fue un método utilizado por los primeros adoradores de Dios, un ejemplo de esto está en el libro de Éxodo, donde Moisés y los israelitas cantan por gratitud para agradecer su liberación de la esclavitud. **Este cantar a Jehová se repite a través de los siglos de la historia del pueblo hebreo y más tarde, del cristianismo, en su culto a la Trinidad que vemos hoy en día.**

Los **himnos y secuencias latinas son el origen musical de la iglesia protestante**, las melodías gregorianas adaptadas a la ideología protestante; las canciones populares religiosas medievales; las canciones populares profanas de la Edad Media, las cuales se les realizaba un pequeño cambio de palabras para que se convirtieran en religiosas conservando el ritmo musical.

Martin Lutero creía que, siguiendo el ejemplo de los profetas y los padres de la iglesia, se compusieran cánticos que, por medio del canto anunciaran la palabra de Dios al pueblo. Pero sería necesario escribirlos en un lenguaje popular, más bien común. Con ello se tendía, además, a "atraer más fácilmente al pueblo hacia la verdad, por medio de aires familiares a su modo de sentir" (Lutero, M.) cómo se citó en "El protestantismo, su música y músicos" de Prochell, M. 2011. Aunque Martín Lutero se esforzó por mantener las formas litúrgicas de su época, la prédica fue adquiriendo cada vez mayor importancia hasta convertirse en el punto céntrico del servicio religioso, sin embargo, **las enseñanzas musicales litúrgicas que dejó Lutero prevalecen hasta el día de hoy como método evangelizador más atractivo.**

El famoso compositor Juan Sebastián Bach decía que "la razón principal y final de toda música debería ser la gloria de Dios y refrigerio para el espíritu". "Me alegraré y regocijaré en ti, cantaré a tu nombre, oh Altísimo". Salmo 9:2

La música evangélica en Chile, en sus comienzos, formaba parte de la enseñanza evangelizadora que era diferente a la música impartida en la iglesia católica, ya que **manifestaba una interacción más personal con el Espíritu Santo**, aportaba al desarrollo de otras prácticas musicales en el país y definía una identidad sonora evangélica. **Durante el avivamiento pentecostal de 1909 se perfilan tres tipos de repertorio y práctica musicales** descritos en el texto de Rojas, C. (2009) "La música en

el Movimiento Pentecostal de Chile (1909-1936): el aporte de Willis Collins Hoover y de Genaro Ríos Campos”: el canto de himnos importados, el canto glosolálico y los cánticos nuevos congregacionales.

El canto de himnos

Himnarios interpretados en el canto congregacional y eventualmente con la participación de coros organizados. El canto congregacional consiste fundamentalmente **en el canto al unísono de canciones espirituales o de himnos**, con acompañamiento del órgano o armonio, en momentos determinados del culto.

El canto glosolálico

La glosolalia, constituye una experiencia central dentro del pentecostalismo y se la considera frecuentemente como evidencia del “bautismo en el Espíritu Santo”, descrito en el libro de los Hechos de los Apóstoles en el Nuevo Testamento. Sin embargo, **la emisión de sonidos o palabras ininteligibles**, que constituyan parte de un idioma articulado o no, es un fenómeno presente en otras religiones.

El antropólogo Allan Tippett, citado por Ekaputra Tupamahu (2008), distingue cuatro categorías de glosolalia:

- El lenguaje sacerdotal (interjección de palabras sagradas en idiomas antiguos).
- Sonidos de animales.
- Sonidos ininteligibles y fabricación de palabras y frases.
- Uso de un idioma extranjero desconocido para el hablante o xenolalia.

La cuarta categoría, la xenolalia o xenoglosia, es considerada como evidencia genuina del bautismo en el Espíritu Santo, y quizás en parte la primera y la tercera. Pero lo interesante es que en ciertas ocasiones este “hablar” deviene en cantar, un “cantar en el Espíritu”.

Los cánticos nuevos congregacionales

Estos “**coros del avivamiento**”, **cánticos breves o “coritos”**, son generados frecuentemente en medio de manifestaciones y vivencias carismáticas de los creyentes. Sus antecedentes se remontan a las grandes reuniones al aire libre realizadas en Estados Unidos y otros países durante el siglo XIX, pero su antecedente más inmediato es el himno góspel. Se atribuye justamente al músico Charles M. Alexander haber sido el primero en usar estribillos (choruses) de este tipo de himnos en las reuniones evangelísticas que dirigía. Algunos de aquellos estribillos adquirieron autonomía y después se escribieron estribillos, cánticos, “coros” o “coritos” independientes.

En la actualidad, la variedad de estilos musicales es muy extensa, se va adaptando conforme al paso del tiempo y a la influencia musical presente en cada época, adaptando cada estilo musical popular a la iglesia evangélica de manera que sea más ameno escucharla y glorificar el nombre de Dios variando en la composición lírica. De esta forma encontramos artistas como Marcos Witt o Jesús Adrián Romero quienes tienen un estilo más rockero con mezclas de pop y soul en sus

canciones, y en contraposición, tenemos artistas como Funky o Redimidos quienes están más familiarizados con el rap, trap y reggaetón.



Grupo musical "Ministerio Sión" 2017, Renca.
Fuente: Elaboración propia.

Sin embargo, **aún existen iglesias más tradicionalistas que mantienen las costumbres musicales antiguas**. El denominado "coro musical" de toda iglesia mantiene cierta prudencia con respecto a las adaptaciones musicales contemporáneas que, según algunos, son creadas con una lírica "obscena no acorde a la iglesia". **Esto genera controversia y distinción en la impartición musical de cada coro en las distintas iglesias alrededor del mundo.**

2.2.3 PREDICACIÓN CONGREGACIONAL

Según el texto de Calvo, W. (2007) *“Homilética”, Lección 1 - La predicación: su importancia*, **el medio oficial y divinamente instituido para comunicar el evangelio de Cristo es la predicación**. Por lo tanto, esta ocupa un lugar central entre las responsabilidades ministeriales y **no puede ser sustituida ni desplazada** por otros deberes por más importantes que estos sean. La predicación es la proclamación de la palabra de Dios a los hombres por mandato de Dios, **es el medio ordenado para la transmisión de la palabra de Dios al mundo** y sirve también como un medio de gracia oficial para la edificación de la iglesia de Cristo.

La predicación tiene como aspecto vital la revelación de Dios, **la cual ha sido registrada por escrito en la Sagradas Escrituras** (Biblia). La Biblia es el único libro que contiene la revelación de Dios y la cual debe ser la fuente principal del mensaje evangelizador que tiene como contenido a Cristo, y posteriormente, el mensaje será guiado por el Espíritu Santo, el cual se manifestará en el predicador o expositor del mensaje. **Así pues, Dios, Cristo, el Espíritu Santo y la Biblia son el todo de la predicación cristiana.**



Pastor Rodolfo Riveros durante una predicación dominical de la iglesia “Ministerio Sión” 2017, Renca.
Fuente: Elaboración propia.

El mensaje es presentado con una finalidad de salvación, es compartido para obtener frutos que delaten cambios sustantivos, que revelen compromiso con la iglesia. El predicador interesado en educar a su iglesia expone un mensaje al pueblo de Cristo para despertarlos; no los orienta hacia la angustia, sino los dirige hacia la salvación en Cristo. Por lo tanto, el predicador contemporáneo debe entender que la Biblia es el documento más importante de la iglesia, la evaluación adecuada de este texto sagrado contribuirá significativamente al entendimiento y comunicación del mensaje cristiano.

Los mensajes deben buscar el interés y la transformación con la finalidad de Salvación. Por esto **el predicador o expositor debe ser hombre creyente en la fe**, debe haber descubierto su vocación ministerial y creer en las sagradas escrituras, siendo capaz de seleccionar los temas que sean

importantes y necesarios, para informar, convencer y persuadir a la audiencia. Esto se logra siendo optimista y no pesimista, tomar un temperamento medio, ni intelectual ni emocional, buscando a su vez transmitir un espíritu de convicción y nunca de duda respecto de la verdad. No usar en el púlpito demasiadas bromas ni tampoco ser muy escandaloso, siendo capaz de presentar su sermón en un tiempo prudente para que sea efectivo a la audiencia. Y por supuesto nunca avergonzarse del evangelio "...porque es poder de Dios para salvación a todo aquel que cree..." (Rom. 1:16)

El método más común y efectivo para realizar un sermón, es de manera expositiva y oral, método que se ha realizado desde los comienzos del cristianismo, al aire libre y en variados recintos y que el mismo Jesucristo manifestó en reiteradas ocasiones. *"El Significado y la Importancia de la Predicación Expositiva"* (Hispanic Think Tank. 2015) nos muestra las distintas etapas que posee una predicación expositiva:

1. La predicación expositiva comienza con **el texto bíblico** y no con un problema humano o una situación contemporánea. Se lee un pasaje bíblico y se realiza una contextualización posteriormente.
2. **Se puede mencionar otros textos, subordinados al texto indicado.** Su propósito principal es exponer la enseñanza del texto que se está estudiando. Realmente hay más información dentro de cada texto que uno jamás podría exponer en un solo mensaje, pero con la ayuda del Espíritu Santo y la preparación del expositor se logra llegar a un mensaje en concreto.
3. La predicación expositiva expone el mensaje que el autor original quiso comunicar. **Se deduce por medio de la exégesis** (la aplicación de los principios de interpretación, explicación y traducción al texto).
4. La predicación expositiva permite que **el texto controle tanto el contenido como la estructura del mensaje.** El mensaje debe tratar la totalidad del texto, siguiendo el flujo de pensamiento del texto, variando en vivencias personales o testimonios para comprender de mejor manera el mensaje, siempre teniendo en cuenta que el texto controla el sermón y no viceversa.
5. La predicación expositiva **busca aplicar el mensaje original a la situación específica de los oyentes de manera que le sirva en su diario vivir.** Se le conoce comúnmente como "poner en práctica el mensaje".

Esto permite entender la importancia significativa que posee tanto la predicación expositiva como la música congregacional que se manifiestan en un culto común. La transmisión de las virtudes y enseñanzas que quiere transmitir la iglesia al pueblo cristiano se ven expresadas por estos dos métodos comprendidos desde tiempos antiguos, métodos que van **mejorando en calidad y expresividad a medida que avanza el tiempo y la tecnología.** Este avance constante de las formas y características de manifestar estas actividades deben ir necesariamente acompañadas de recursos espaciales acordes a ellas (explicados en el capítulo 2.3 "Acústica"), de manera que **logre una íntegra y completa recepción por parte de los participantes del recinto**, y así tener una completa armonía en cada actividad que complemente la transmisión del mensaje como tal.

2.3 ACÚSTICA

En el siguiente capítulo se explicarán los criterios acústicos necesarios para comprender las características sonoras que se deben tener en consideración para mantener un acondicionamiento acústico óptimo para los recintos de carácter eclesiástico, como son los templos evangélicos, considerando **las actividades musicales y expositivas como principales participantes**. Estos criterios estarán guiados por el libro de acústica de Carrión, A. (1998) *“Diseño acústico de espacios arquitectónicos”* como bibliografía base de investigación.

El campo de la acústica, como muchos otros campos de la ciencia, es extremadamente amplio. Contempla disciplinas tan diversas como la acústica ambiental, la acústica musical, la psicoacústica y la acústica arquitectónica, entre otras.

En esta investigación **nos centraremos exclusivamente en la acústica arquitectónica y, más concretamente, en el diseño o acondicionamiento acústico de recintos evangélicos**. Dicho de una manera simple, el acondicionamiento acústico consiste en la definición de las formas (geometría) y revestimientos de las superficies interiores de un recinto con la finalidad de **conseguir las condiciones acústicas más adecuadas** para el tipo de actividad a la que se haya previsto destinarlo.

El **objetivo central de este capítulo consiste en proporcionar criterios para el diseño acústico** de los templos evangélicos, considerando las dos actividades principales del culto mencionadas en el capítulo anterior. De manera, que estos criterios sirvan como base para establecer el mejoramiento acústico de los templos evangélicos.

El objetivo del acondicionamiento acústico de un recinto es conseguir un grado de difusión acústica uniforme en todos los puntos de este. Con ello se pretende mejorar las condiciones acústicas de sonoridad aumentando el confort acústico interno del recinto. Fue emprendido por primera vez, por el profesor W. C. Sabine en 1895 y su aportación puede resumirse en:

- Las propiedades acústicas de un local están determinadas por la proporción de energía sonora absorbida por paredes, techos, suelos y objetos.
- La proporción de sonido absorbido está ligado al tiempo que un sonido emitido en el local desaparezca después de suprimir el foco sonoro.

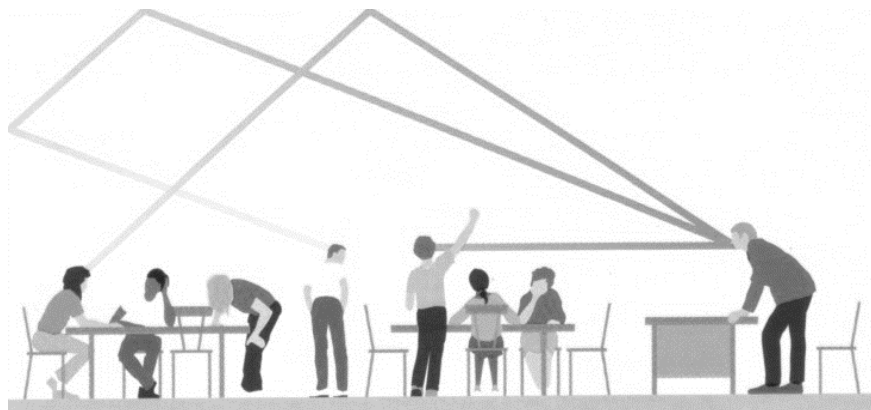


Imagen objetivo primeras reflexiones.

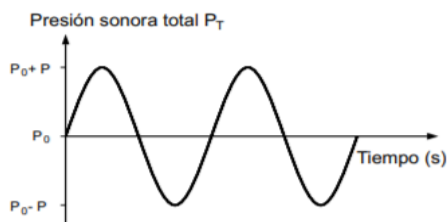
Fuente: <https://arquidesignitaliano.blogspot.com/2015/10/acustica-de-interiores-calidad-del.html>

2.3.1 PROPAGACIÓN DEL SONIDO EN ESPACIO CERRADO

El elemento generador del sonido se denomina **fente sonora**. La generación del sonido tiene lugar cuando dicha fuente entra en vibración, la cual es transmitida a las partículas de aire que transmiten a nuevas partículas contiguas, y así sucesivamente. Las partículas oscilan alrededor de su posición de equilibrio conectando con otras, esta perturbación se denomina **propagación de la onda sonora**.

La oscilación de las partículas tiene lugar en la misma dirección que la de propagación de la onda. En este caso se habla de ondas sonoras longitudinales, en contraposición a las ondas electromagnéticas que son transversales.

La manera más habitual de expresar cuantitativamente la magnitud de un campo sonoro es mediante la **presión sonora**, o fuerza que ejercen las partículas de aire por unidad de superficie. En la figura se observa la evolución de la presión (P_T), en función del tiempo, en un punto situado a una distancia cualquiera de la fuente sonora. Dicha presión se obtiene como suma de la presión atmosférica estática (P_0) y la presión asociada a la onda sonora (p).



Evolución de la presión sonora total P_T en función del tiempo en un punto cualquiera del espacio.

Fuente: "Diseño acústico de espacios arquitectónicos". Carrión A.

Se observan incrementos y disminuciones periódicas de presión sonora alrededor de su valor de equilibrio, correspondiente a la presión atmosférica estática P_0 . El valor máximo de la oscilación respecto a P_0 recibe el nombre de amplitud de la presión asociada a la onda sonora, y se representa por la letra P .

La energía radiada por una fuente sonora en un recinto cerrado llega a un oyente ubicado en un punto cualquiera del mismo de dos formas diferentes:

- **Sonido directo:** El sonido llega de forma directa, es decir, como si fuente y receptor estuviesen en el espacio libre, representada comúnmente con un vector sin interrupciones.
- **Sonido reflejado:** El sonido llega de forma indirecta, al ir asociada a las sucesivas reflexiones que sufre la onda sonora cuando incide sobre las diferentes superficies del recinto.

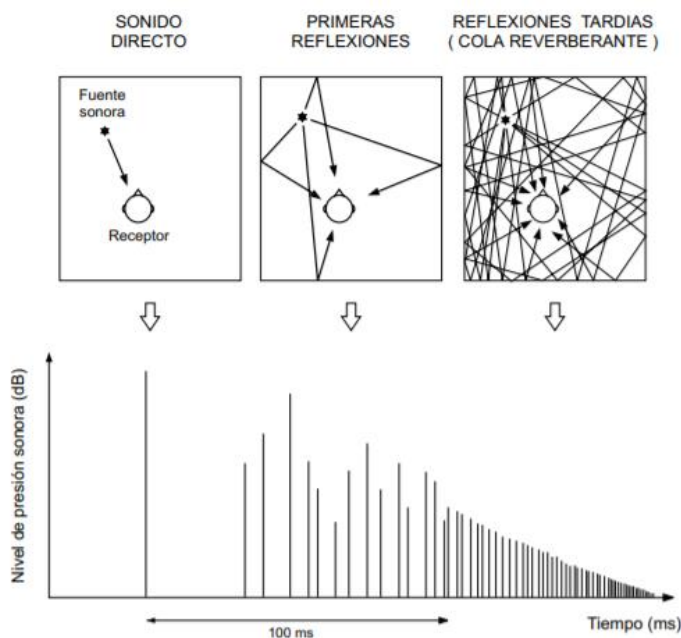
En un punto cualquiera del recinto, **la energía correspondiente al sonido directo depende exclusivamente de la distancia a la fuente sonora**, mientras que la energía asociada a cada reflexión depende del camino recorrido por el rayo sonoro, así como del grado de absorción acústica de los materiales utilizados como revestimientos de las superficies implicadas y la geometría del recinto. Lógicamente, **cuanto mayor sea la distancia recorrida y más absorbentes sean los materiales empleados, menor será la energía asociada tanto al sonido directo como a las sucesivas reflexiones**.

2.3.1.1 SONIDO REFLEJADO

Al analizar la evolución temporal del sonido reflejado en un punto cualquiera de un recinto, se observan básicamente dos diferencias: la primera son todas aquellas reflexiones que llegan inmediatamente después del sonido directo, y que reciben el nombre de **primeras reflexiones** o reflexiones tempranas y una segunda formada por **reflexiones tardías** que constituyen la denominada **cola reverberante**.

Si bien la llegada de reflexiones al punto en cuestión se produce de forma continua, y por tanto sin cambios bruscos, también es cierto que las primeras reflexiones llegan de forma más discretizada que las tardías, debido a que se trata de reflexiones de orden bajo (habitualmente, orden ≤ 3). Se dice que una reflexión es de orden "n" cuando el rayo sonoro asociado ha incidido "n" veces sobre las diferentes superficies del recinto antes de llegar al receptor.

La representación gráfica temporal de la llegada de las diversas reflexiones, acompañadas de su nivel energético correspondiente, se denomina ecograma o reflectograma. En la figura se representa de forma esquemática la llegada de los diferentes rayos sonoros a un receptor junto con el ecograma asociado, con indicación del **sonido directo**, **la zona de primeras reflexiones** y **la zona de reflexiones tardías** (cola reverberante).



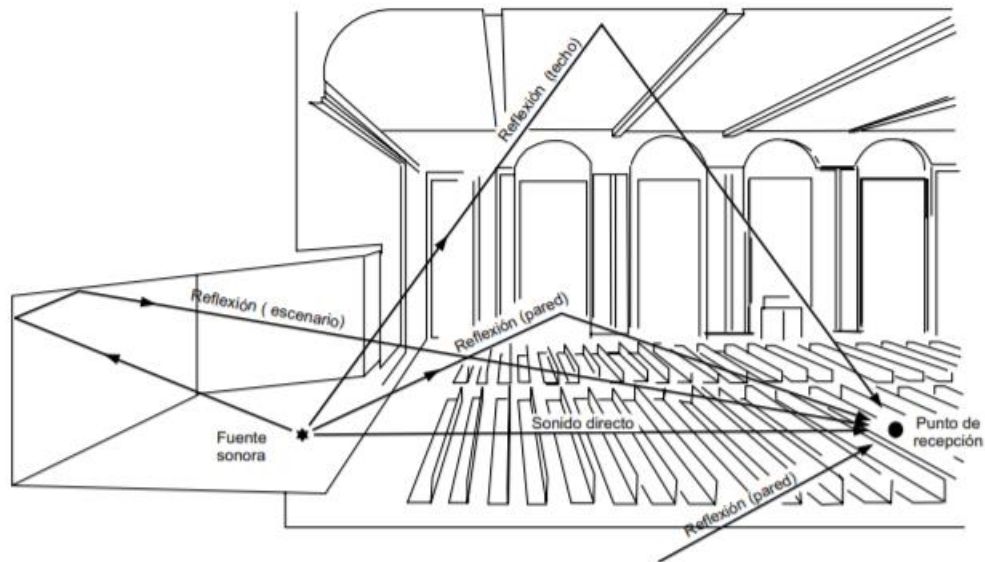
Ecograma asociado a un receptor con indicación del sonido directo, las primeras reflexiones y la cola reverberante.

Fuente: "Diseño acústico de espacios arquitectónicos". Carrión A.

2.3.1.2 ACÚSTICA GEOMÉTRICA

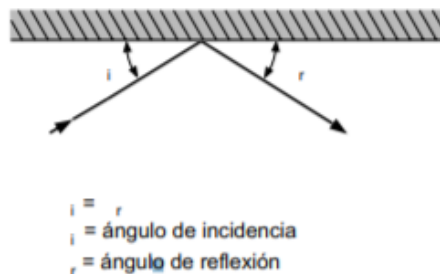
En general, **las primeras reflexiones presentan un nivel energético mayor que las correspondientes a la cola reverberante**, ya que son de orden más bajo (se suelen considerar primeras reflexiones hasta un orden 3).

Además, por el hecho de depender directamente de las formas geométricas de la sala, **son específicas de cada punto** y, por tanto, determinan las características acústicas propias del mismo, juntamente con el sonido directo. La siguiente figura hace alusión a las diferentes reflexiones de un recinto.



Ejemplo de llegada del sonido directo y de las primeras reflexiones a un receptor.
Fuente: "Diseño acústico de espacios arquitectónicos". Carrión A.

La hipótesis elemental de partida para calcular el ecograma asociado a un punto cualquiera consiste en **tratar los rayos sonoros como si se tratase de rayos de luz**, es decir, considerando que las reflexiones de estos sobre las distintas superficies son totalmente especulares y que, por tanto, verifican la ley de la reflexión. En la siguiente figura se representa gráficamente dicha ley.



Reflexión especular del sonido sobre una superficie
Fuente: "Diseño acústico de espacios arquitectónicos".
Carrión A.

El análisis acústico basado en la hipótesis de reflexiones especulares constituye la base de la denominada acústica geométrica. Evidentemente, dicho análisis no es más que una aproximación a la realidad, ya que sólo en determinadas circunstancias la hipótesis de reflexión especular es totalmente veraz. Para que en la práctica se produzca una reflexión marcadamente especular es necesario que se cumplan los siguientes requisitos, por lo que a la superficie de reflexión se refiere:

- Dimensiones grandes en comparación con la longitud de onda del sonido en consideración.
- Superficie lisa y muy reflectante (poco absorbente).

En el caso de que las dimensiones sean menores o similares a la longitud de onda del sonido, la onda sonora rodea la superficie y sigue propagándose como si el obstáculo que representa la misma no existiese. Dicho fenómeno se conoce con el nombre de **difracción**. Por otra parte, si la superficie presenta irregularidades de dimensiones comparables con la longitud de onda, se produce una reflexión de la onda incidente en múltiples direcciones. Dicho fenómeno se conoce con el nombre de **difusión del sonido**.

Por otro lado, la **cola reverberante está formada por las reflexiones tardías** (por regla general, se consideran las reflexiones de orden superior a 3). Debido a que la densidad temporal de reflexiones en un punto cualquiera de un recinto cerrado aumenta de forma cuadrática con el tiempo, existe una gran concentración de dichas reflexiones en cualquier punto de recepción y, además, sus características son prácticamente iguales con independencia del punto considerado.

A título de ejemplo, en un auditorio de tamaño medio un oyente recibe alrededor de 8.000 reflexiones en el primer segundo después de la llegada del sonido directo. De todas formas, debido a que el oído humano es incapaz de discriminar la llegada discreta de todas y cada una de las reflexiones, **lo que generalmente se percibe es un sonido continuo**. Sólo en determinados casos es posible percibir individualmente una o varias reflexiones. Para ello es necesario que su nivel de sonido y retardo de sonido directo sean significativos.

Para los propósitos de esta investigación, se elegirán 3 templos evangélicos de distinta geometría estructural de la comuna de la Florida (apartado 2.3.3 “Acondicionamiento acústico de templos evangélicos”), con el propósito de estudiar la geometría acústica de dichos recintos, a modo de comparación, para determinar diferencias y similitudes que aporten al acondicionamiento acústico óptimo para el uso propuesto.

2.3.1.3 TIEMPO DE REVERBERACIÓN

Se define el **tiempo de reverberación** (de forma abreviada RT) a una frecuencia determinada como el tiempo (en segundos) que transcurre desde que el foco emisor se detiene, hasta el momento en que el nivel de presión sonora cae 60 dB (unidad que se utiliza para expresar la relación entre dos valores de presión sonora. Según la OMS, el nivel de ruido que el oído humano puede tolerar sin alterar su salud es de 55 dB) con respecto a su valor inicial.

Un recinto con un RT grande se denomina “vivo” (nave industrial, iglesia, etc.), mientras que si el RT es pequeño recibe el nombre de recinto “apagado” o “sordo” (locutorio, estudio de grabación, etc.).

Por lo general, el **RT varía con la frecuencia** (la frecuencia es el número de repeticiones por unidad de tiempo de cualquier evento periódico, se mide en Hz {1/s}), tendiendo a disminuir a medida que ésta aumenta. Ello es debido, en parte, a las características de mayor absorción con la frecuencia de los materiales comúnmente empleados como revestimientos, así como a la absorción del aire, especialmente manifiesta en recintos grandes y a altas frecuencias.

Cuando se establece un único valor recomendado de RT para un recinto, se suele hacer referencia al obtenido como **media aritmética** de los valores correspondientes a las bandas de 500 Hz y 1kHz. Se representa por RT_{mid} .

En general, el valor más adecuado de RT_{mid} **depende tanto del volumen del recinto como de la actividad a la que se haya previsto destinarlo**. Por ejemplo, cuando se trata de salas destinadas a la palabra, es conveniente que los valores de RT sean bajos, con objeto de conseguir una buena inteligibilidad, mientras que en el caso de salas de conciertos son recomendables unos valores apreciablemente más elevados a fin de que la audición musical resulte óptima.

En la siguiente tabla se dan los márgenes de valores recomendados de RT_{mid} para diferentes tipos de salas en el supuesto de que estén ocupadas.

TIPO DE SALA	RT_{mid} , SALA OCUPADA (EN s)
Sala de conferencias	0,7 – 1,0
Cine	1,0 – 1,2
Sala polivalente	1,2 – 1,5
Teatro de ópera	1,2 – 1,5
Sala de conciertos (música de cámara)	1,3 – 1,7
Sala de conciertos (música sinfónica)	1,8 – 2,0
Iglesia/catedral (órgano y canto coral)	2,0 – 3,0
Locutorio de radio	0,2 – 0,4

Márgenes de valores recomendados de RT_{mid} en función del tipo de sala (recintos ocupados).
 Fuente: “Diseño acústico de espacios arquitectónicos”. Carrión A.

La fórmula internacional para el cálculo teórico del RT, es la **denominada fórmula de Sabine**. La correspondiente expresión matemática, obtenida aplicando la teoría acústica estadística y despreciando el efecto de la absorción producida por el aire, es la siguiente:

$$RT = 0.161 V/A_{tot} \text{ (en segundos)}$$

Donde:

V = volumen del recinto (m³)

A_{tot} = absorción total del recinto (definida seguidamente)

El grado de absorción del sonido de un material cualquiera se representa mediante el llamado **coeficiente de absorción α**. Se define como la relación entre la energía absorbida por dicho material y la energía incidente sobre el mismo:

$$\alpha = \text{Energía absorbida} / \text{Energía incidente}$$

Sus valores están comprendidos entre 0 (correspondiente a un material totalmente reflectante) y 1 (caso de absorción total). El valor de α está directamente relacionado con las propiedades físicas del material y varía con la frecuencia.

COEFICIENTES DE ABSORCIÓN			ABERTURAS								Pag 1
MATERIAL		DESCRIPCION	mm	dens	125	250	500	1000	2000	4000	NRC
CORTINA	001	Cortina veneciana de metal			0.06	0.05	0.07	0.15	0.13	0.17	0.10
PUERTA	002	Puerta			0.15	0.10	0.06	0.08	0.10	0.05	0.09
VIDRIO	003	Vidrio pesado			0.18	0.06	0.04	0.03	0.02	0.02	0.04
	004	Ventanal de vidrios gruesos, grandes paños			0.18	0.06	0.04	0.03	0.02	0.02	0.04
	005	Ventana de vidrio simple	2		0.33	0.25	0.10	0.07	0.06	0.04	0.12
	006	Ventana de vidrio común	3		0.35	0.25	0.18	0.12	0.07	0.04	0.16
	007	Ventana de vidrio	4		0.30	0.20	0.10	0.07	0.05	0.02	0.11
	008	Ventana de vidrio	6		0.10	0.08	0.04	0.03	0.02	0.02	0.04
	009	Ventana de doble vidrio			0.25	0.10	0.07	0.06	0.04	0.02	0.07

Extracto de tabla de Coeficientes de absorción α de aberturas en un recinto.

Fuente: Facultad de arquitectura, diseño y urbanismo, Buenos aires, Argentina 2010

En cuanto a la denominada absorción A de un material cualquiera, ésta se obtiene como resultado de multiplicar su coeficiente de absorción α por su superficie S. La unidad de absorción es el sabin (1 sabin corresponde a la absorción de 1m² de ventana abierta).

Finalmente, y debido a que un recinto está constituido por distintas superficies recubiertas de materiales diversos, se define la absorción total A_{tot} **como la suma de todas y cada una de las absorciones individuales**, es decir:

$$A_{tot} = \alpha_1 S_1 + \alpha_2 S_2 + \dots + \alpha_n S_n$$

A partir de A_{tot} es posible calcular el coeficiente medio de absorción $\bar{\alpha}$ dividiendo la absorción total A_{tot} por la superficie total del recinto S_t:

$$\bar{\alpha} = A_{tot} / S_t$$

donde:

$S_t = S_1 + S_2 + \dots + S_n$ = superficie total del recinto (paredes + techo + suelo)

Con todo lo anterior, el tiempo de reverberación se puede expresar como sigue:

$$RT = 0,161 V / \bar{\alpha} S_t$$

Esta fórmula nos ayudará a determinar el RT de cada uno de los templos evangélicos que utilizaremos como estudio, y así determinar, de manera más precisa, los mejoramientos que necesita cada uno para tener un acondicionamiento acústico óptimo.

Según se observa, el RT calculado a cada frecuencia de interés **mediante dicha fórmula no tiene en cuenta la ubicación del receptor**, es decir, es único para cada recinto. Ello es consecuencia de que la misma surge exclusivamente de la aplicación de la acústica estadística.

Por otra parte, es preciso comentar que, a pesar de la utilización universal de esta fórmula, su validez se circunscribe al caso de recintos con las siguientes características:

- Decaimiento energético exponencial asociado a un campo sonoro perfectamente difuso (la energía se propaga con la misma probabilidad en todas las direcciones)
- Geometría regular de la sala
- Coeficiente medio de absorción $\bar{\alpha}$ inferior a, aproximadamente, 0,4

El RT resulta ser un parámetro fundamental en el diseño acústico de recintos. Ahora bien, en la práctica se utilizan una serie de parámetros complementarios que, por estar fundamentados en la acústica geométrica, dependen del tipo de emisión de sonido (exposición oral / música en vivo). En el apartado 2.3.3 de esta investigación, se busca relacionar las características necesarias de RT que se necesitan para satisfacer estas dos actividades, **y comprobar la coexistencia de ambas** para un mismo recinto como es necesario en los templos evangélicos.

Tiempo de Reverberación óptimo

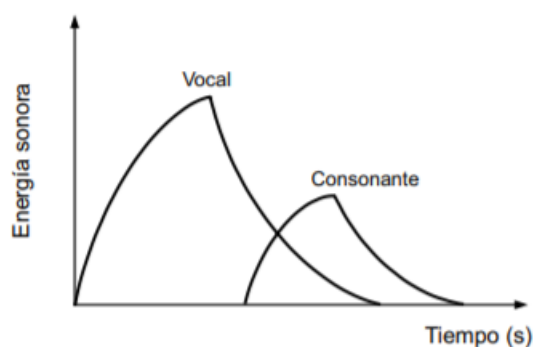
No existe una definición única de tiempo de reverberación óptimo, en la mayoría de los casos de análisis de expertos en acústica, se llega a conclusiones cuantitativas distintas, sin embargo, su proximidad es bastante cercana. En general, la palabra requiere unos tiempos de reverberación menores que la música, ya que las consonantes son más débiles y cortas que las vocales. Sin embargo, un tiempo de reverberación más grande favorece a la música, ya que da mayor continuidad a los sonidos, contribuye a disimular pequeñas imperfecciones en la ejecución musical y da una sensación más envolvente.

Para propósitos de esta investigación, **se determinará un tiempo de reverberación óptima para cada una de las situaciones acústicas ocurridas en un culto evangélico**. Para las actividades de exposición oral (predicación) se estimará un RT óptimo entre 0,8s a 1,2s y para las situaciones musicales se estimará un RT óptimo entre 1,8s a 2,2s.

2.3.1.4 INTELIGIBILIDAD DE LA PALABRA

Al emitir un mensaje oral, la duración de las vocales y su correspondiente nivel de presión sonora es mayor que el de las consonantes. Además, el contenido frecuencial de las vocales es más rico en bajas frecuencias, en tanto que las consonantes presentan un mayor contenido de altas frecuencias.

En una sala con un tiempo de reverberación alto, es decir, **un recinto muy “vivo” la palabra resulta ininteligible**, el decaimiento energético de una vocal emitida en la misma es apreciablemente más lento que su decaimiento propio (aquél que se observaría si la vocal se emitiese en el espacio libre). Tal hecho, junto con la mayor duración y nivel comentados anteriormente, provoca un solapamiento temporal de la vocal con la consonante emitida inmediatamente después, según se observa en la figura.



Evolución temporal de la energía sonora correspondiente a la emisión de una vocal seguida de una consonante en un recinto cerrado (según Kurtovic)
Fuente: “Diseño acústico de espacios arquitectónicos”. Carrión A.

La simultaneidad temporal de la vocal y de la consonante con sus correspondientes niveles, así como las características espectrales de ambos sonidos, son las causantes del enmascaramiento parcial o total de la consonante, producido por la vocal.

Finalmente, **el grado de inteligibilidad está estrechamente ligado a la correcta percepción de las consonantes** por su importante contenido de altas frecuencias, el enmascaramiento de estas debido a un exceso de reverberación provoca indefectiblemente una pérdida de inteligibilidad en el recinto.

2.3.2 MATERIALES ACÚSTICOS

El éxito en el diseño acústico de cualquier tipo de recinto, una vez fijado su volumen y definidas sus formas, radica en primer lugar en la elección de los materiales más adecuados para utilizar como revestimientos de este con objeto de obtener unos tiempos de reverberación óptimos. **Para el espacio que queremos determinar, resulta necesario potenciar la aparición de primeras reflexiones** (es el caso salas de concierto y auditorios).

En este capítulo **se describen los diferentes tipos de materiales y elementos utilizados a tal efecto**, así como sus características básicas. Cada uno de ellos produce principalmente uno de los siguientes efectos sobre la energía sonora:

- **Absorción del sonido:** debida mayoritariamente a la presencia en el recinto de materiales absorbentes, de elementos absorbentes selectivos (resonadores), del público y de las sillas.
- **Reflexión del sonido:** debida a la existencia de elementos reflectores utilizados para la generación de reflexiones útiles hacia la zona de público.
- **Difusión del sonido:** debida a la presencia de elementos difusores utilizados para dispersar, de forma uniforme y en múltiples direcciones, la energía sonora incidente.

Esto resultará en la caracterización material que poseen los distintos recintos evangélicos a estudiar, determinando su eficacia con respecto a las actividades requeridas, o en su defecto, la necesidad de replantear un prototipo tanto geométrico como material que funcione para optimizar el acondicionamiento acústico de los templos.

2.3.2.1 MATERIALES ABSORVENTES

La reducción de la energía asociada a las ondas sonoras en un recinto, tanto en su propagación a través del aire como cuando inciden sobre sus superficies límite, es determinante en la calidad acústica final del mismo.

Esta reducción de energía se debe a una absorción producida por:

- El público y las sillas
- Los materiales absorbentes y/o los absorbentes selectivos (resonadores), expresamente colocados sobre determinadas zonas a modo de revestimientos del recinto.
- Todas aquellas superficies límite de la sala susceptibles de entrar en vibración (como, por ejemplo, puertas, ventanas y paredes separadoras ligeras).
- El aire
- Los materiales rígidos y no porosos utilizados en la construcción de las paredes y techo del recinto (como, por ejemplo, el hormigón).

Las características de los materiales absorbentes y de los resonadores dependen no sólo de sus propiedades físicas, sino también en gran parte de una variedad de condiciones en la construcción de los recintos. Debido a esto, para realizar cualquier diseño acústico, resulta imprescindible **disponer de los coeficientes de absorción α** obtenidos mediante ensayos de laboratorio, según un procedimiento homologado (norma ISO 354 / UNE-EN 20354). Dichos coeficientes deberán ser solicitados, en cada caso, al correspondiente proveedor, que tendrá que acreditar su validez mediante el pertinente certificado.

Los coeficientes de absorción se llevan a cabo en una sala denominada cámara reverberante. Dicha sala es asimétrica, presenta unas superficies límite revestidas con materiales totalmente reflectantes y dispone de un conjunto de elementos convexos suspendidos del techo con una orientación y distribución irregulares, cuya misión es la de crear un campo sonoro difuso.

Debido a que la determinación de dichos coeficientes se lleva a cabo a partir de la medida de tiempos de reverberación y posterior utilización de la fórmula de Sabine, habitualmente se representan por el símbolo α_{SABINE} o, de forma abreviada, α_{SAB} .

Características de absorción de los materiales

Los materiales **muy rígidos y con porosidad nula**, por lo general, dan lugar a una **mínima absorción del sonido**. Desde un punto de vista físico, la disipación de energía en forma de calor (y por tanto la absorción del sonido) se produce en las capas de aire que posee cada material, dicho fenómeno habitualmente se representa en forma de coeficientes de absorción asignados a dichas superficies.

En la siguiente tabla se indican los valores de los coeficientes de absorción α_{SAB} de una serie de materiales utilizados comúnmente en la construcción de recintos.

FRECUENCIA (Hz)	125	250	500	1.000	2.000	4.000
Hormigón macizo	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04
Bloques de hormigón pintados	0,10	0,05	0,06	0,07	0,09	0,08
Ladrillo revestido con yeso	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04

Coefficientes de absorción α_{SAB} de materiales habitualmente utilizados en la construcción de recintos

Fuente: "Diseño acústico de espacios arquitectónicos". Carrión A.

La **absorción producida por el aire es solamente significativa en recintos de grandes dimensiones**, a frecuencias relativamente altas (≥ 2 kHz) y con porcentajes bajos de humedad relativa (del orden de un 10 a un 30%).

Las superficies límite **susceptibles de entrar en vibración** también producen cierta absorción, por ejemplo, puertas, ventanas y paredes separadoras ligeras.

El caso de una superficie vibrante, una parte de la energía es radiada hacia el exterior, el efecto es equivalente a una verdadera absorción, ya que dicha energía es sustraída de la energía sonora incidente. En este sentido, una ventana abierta puede considerarse como un absorbente muy efectivo, ya que actúa a modo de sumidero de la energía sonora incidente.

La expresión aproximada del coeficiente de absorción α de una superficie vibrante, en función de la frecuencia, es:

$$\alpha = (2\rho_0c / \omega M)^2$$

donde:

ρ_0 = densidad del aire = 1,18 Kg/m³

$\omega = 2\pi f$

f = frecuencia (en Hz)

M = masa por unidad de superficie (en Kg/m²)

(Válida en el caso habitual de que el numerador sea pequeño comparado con el denominador).

Se observa que, la absorción sólo puede llegar a ser mínimamente significativa a bajas frecuencias, aunque los valores habituales de α son siempre pequeños. A título de ejemplo, el coeficiente de absorción de un cristal de 4 mm de espesor ($M \approx 9$ Kg/m²) a la frecuencia de 125 Hz es únicamente de 0,01.

Materiales absorbentes

La absorción que sufren las ondas sonoras cuando inciden sobre los distintos materiales absorbentes utilizados como revestimientos de las superficies límite del recinto, **varían considerablemente de un material a otro**. Esto permitirá escoger cuidadosamente el material que se requiera para cada ocasión.

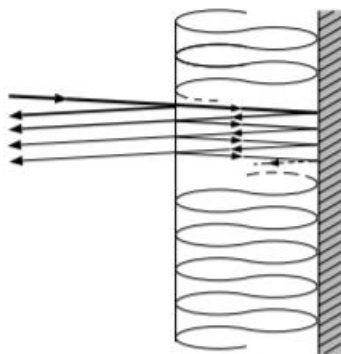
Existen dos tipos genéricos de elementos específicamente diseñados para producir una determinada absorción: **materiales absorbentes, y los absorbentes selectivos o resonadores**.

Los materiales absorbentes se utilizan generalmente para conseguir uno de los siguientes objetivos:

- Obtención de los tiempos de reverberación más adecuados en función de la actividad (o actividades) a la cual se haya previsto destinar el espacio objeto de diseño
- Prevención o eliminación de ecos
- Reducción del nivel de campo reverberante en espacios ruidosos (restaurantes, fábricas, estaciones, etc.)

Estos materiales presentan un gran número de canales a través de los cuales la onda sonora puede penetrar. Cuanto mayor sea el número de canales, mayor será la absorción producida. El correspondiente coeficiente de absorción α es asignado a la superficie del material.

En la siguiente figura se representa dicho proceso de forma gráfica y simplificada. Se parte de un material poroso y homogéneo, situado delante de una pared rígida.



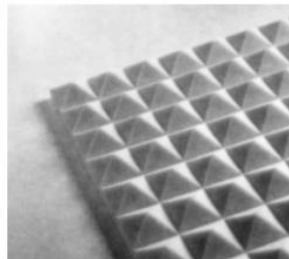
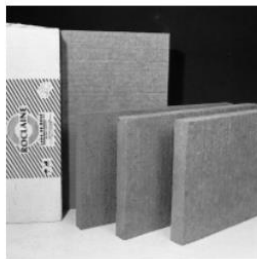
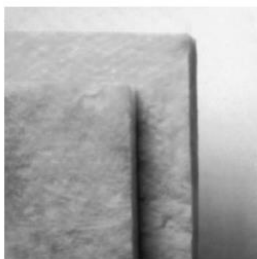
Proceso de disipación de la energía en el interior de un material poroso situado delante de una pared rígida

Fuente: "Diseño acústico de espacios arquitectónicos". Carrión A.

La onda sonora incidente es parcialmente reflejada. La energía sonora no reflejada penetra en el material, se atenúa y alcanza de nuevo su superficie después de reflejarse en la pared rígida posterior. La energía remanente se divide, nuevamente, en una parte que atraviesa la superficie del material y otra que vuelve a la pared posterior a través del material. (Carrión, A. 1998, p.76)

El mecanismo de absorción del sonido es propio de todos los materiales porosos, siempre y cuando **los poros sean accesibles desde el exterior**. Normalmente tales materiales están **formados por sustancias fibrosas o granulares** a las que se les confiere un grado suficiente de compacidad a través de un proceso de prensa o de tejeduría. Los materiales absorbentes comerciales de este tipo se manufacturan básicamente a partir de:

- Lana de vidrio
- Lana mineral
- Espuma a base de resina de melamina
- Espuma de poliuretano

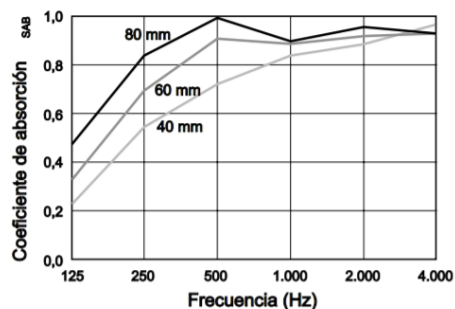


Material absorbente a base de lana de vidrio (Paneles PI-256 de Isover) – Material absorbente a base de lana mineral (Panel BX Spintex de Roclaine)
 Material absorbente a base de espuma de resina de melamina (Illsonic pirámide de Illbruck) – Material absorbente a base de espuma de poliuretano (Illsonic Sonex de Illbruck).

Fuente: “Diseño acústico de espacios arquitectónicos”. Carrión A.

Variación de la absorción en función del espesor del material

Al **aumentar el espesor del material** absorbente, también aumenta la absorción que produce, especialmente a frecuencias bajas y medias.

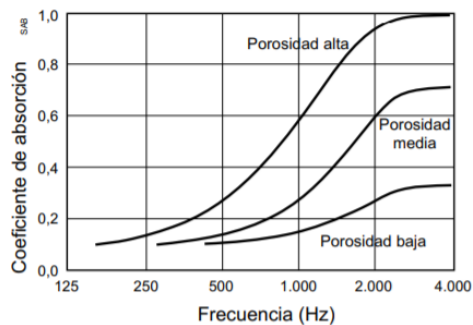


Variación de la absorción en función de la frecuencia para diferentes espesores de un material absorbente comercial a base de lana de vidrio

Fuente: “Diseño acústico de espacios arquitectónicos”. Carrión A.

Variación de la absorción en función de la porosidad del material

Al **aumentar su porosidad** también aumenta la absorción a todas las frecuencias. Este efecto era de esperar, ya que la penetración de la onda sonora incidente es mayor a medida que se incrementa el grado de porosidad.



Variación de la absorción en función de la frecuencia de un material absorbente con distintos grados de porosidad

Fuente: “Diseño acústico de espacios arquitectónicos”. Carrión A.

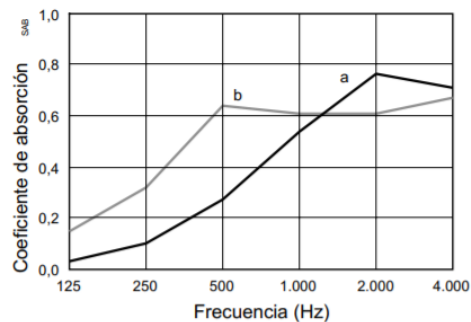
Variación de la absorción en función de la densidad del material

La absorción de un material es menor si la densidad del material es baja, ya que existe poca pérdida por fricción. A medida que la densidad va aumentando, se produce un incremento progresivo de absorción hasta llegar a un valor límite, a partir del cual la absorción disminuye.

Desde un punto de vista práctico, es aconsejable que los materiales absorbentes utilizados en el acondicionamiento acústico de recintos tengan una densidad situada entre, aproximadamente, 40 y 70 Kg/m³, no debiéndose superar en ningún caso los 100 Kg/m³.

Variación de la absorción en función de la distancia del material a la pared rígida

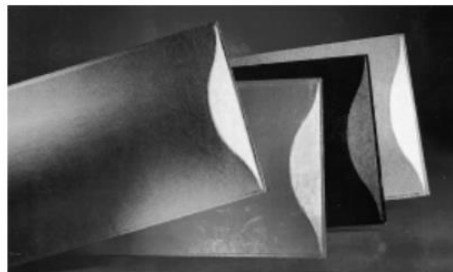
En la siguiente figura se muestran los coeficientes de absorción de una cortina fruncida al 180%, montada de dos formas distintas: adosada a la pared y con una separación media de 14 cm de esta.



Coefficientes de absorción en función de la frecuencia de una cortina fruncida al 180% montada: a) sobre una pared; b) separada, en promedio, 14cm de la misma Fuente: "Diseño acústico de espacios arquitectónicos". Carrión A.

Al separar la cortina de la pared aumenta la absorción a bajas frecuencias y, además, el alto porcentaje de fruncido suaviza la curva de absorción obtenida.

La distancia de este a la pared es variable en un material absorbente a base de lana de vidrio. Con este diseño se consiguen unos valores del coeficiente de absorción en función de la frecuencia más regulares que si el material fuese plano.



Material absorbente a base de lana de vidrio moldeada (Paneles Ipwan de Procustic, S.A., distribuidos por Wanner y Vinyas, S.A. y Metrasoni, S.L.) Fuente: "Diseño acústico de espacios arquitectónicos". Carrión A.

Absorción del público y de las sillas

La absorción producida por el público se debe principalmente al tipo de ropa utilizada y a su grado de porosidad. Debido a que la ropa no suele ser muy gruesa, la absorción a bajas frecuencias es relativamente pequeña, mientras que aumenta a frecuencias medias y altas. En la siguiente tabla se indican algunas absorciones (en sabin) calculadas por Kath y Kuhl.

FRECUENCIA (Hz)	125	250	500	1.000	2.000	4.000
Persona de pie con abrigo	0,17	0,41	0,91	1,30	1,43	1,47
Persona de pie sin abrigo	0,12	0,24	0,59	0,98	1,13	1,12
Músico sentado con instrumento	0,60	0,95	1,06	1,08	1,08	1,08

Ejemplos de absorción de una persona A_{pp} , en sabin (según Kath y Kuhl)
 Fuente: "Diseño acústico de espacios arquitectónicos". Carrión A.

Se observa que, efectivamente, la absorción a bajas frecuencias es escasa y que se produce un notable incremento de la absorción a medida que la frecuencia aumenta.

Donde las personas se hallan siempre sentadas de forma agrupada **se utilizan coeficientes de absorción unitarios** (por m^2). Se usan dos conjuntos de coeficientes de absorción en función de la frecuencia: los correspondientes a las sillas ocupadas y los asociados a las sillas vacías. Ello es debido a que las sillas, por sí mismas, presentan una notable absorción que hay que tener siempre en cuenta.

La absorción total de las sillas A_s se calcula de la siguiente forma:

$$A_s = S_A \alpha_s \text{ (en sabins)}$$

donde:

S_A = superficie acústica efectiva ocupada por las sillas (en m^2): formada por la superficie real S_s ocupada por las mismas + la superficie total de las bandas perimetrales de 0,5 m de anchura que bordean los diferentes bloques de sillas (exceptuando las zonas contiguas a una pared)

α_s = coeficiente de absorción unitario de las sillas, vacías u ocupadas

La absorción total A_{tot} del recinto considerado se obtiene sumando A_s con la absorción producida por sus superficies límite:

$$A_{tot} = \sum S_i \alpha_i + A_s$$

donde:

\sum = símbolo de sumatorio

S_i = superficie "i"

α_i = coeficiente de absorción de la superficie "i"

En el libro “*Analysis of Sabine and Eyring equations their application to concert hall audience and chair absorption*” (Leo L. Beranek, 2006) se publicaron los valores de coeficientes de absorción, que ha determinado a partir de mediciones realizadas en una serie de salas existentes. Los tres tipos de sillas considerados son:

- Sillas con un alto porcentaje de superficie tapizada
- Sillas con un porcentaje medio de superficie tapizada
- Sillas con un bajo porcentaje de superficie tapizada

Los nuevos coeficientes de absorción propuestos, tanto en el caso de **silla vacía como ocupada**, se muestran en las siguientes tablas respectivamente.

FRECUENCIA (Hz)	125	250	500	1.000	2.000	4.000
Sillas con un alto porcentaje de superficie tapizada	0,72	0,79	0,83	0,84	0,83	0,79
Sillas con un porcentaje medio de superficie tapizada	0,56	0,64	0,70	0,72	0,68	0,62
Sillas con un bajo porcentaje de superficie tapizada	0,35	0,45	0,57	0,61	0,59	0,55

Coeficientes de absorción de sillas vacías (según Beranek, 1996)
 Fuente: “Diseño acústico de espacios arquitectónicos”. Carrión A.

FRECUENCIA (Hz)	125	250	500	1.000	2.000	4.000
Sillas con un alto porcentaje de superficie tapizada	0,76	0,83	0,88	0,91	0,91	0,89
Sillas con un porcentaje medio de superficie tapizada	0,68	0,75	0,82	0,85	0,86	0,86
Sillas con un bajo porcentaje de superficie tapizada	0,56	0,68	0,79	0,83	0,86	0,86

Coeficientes de absorción de sillas ocupadas (según Beranek, 1996)
 Fuente: “Diseño acústico de espacios arquitectónicos”. Carrión A.

2.3.2.2 MATERIALES REFLECTANTES

Los elementos reflectores útiles para espacios arquitectónicos están constituidos por **materiales lisos, no porosos y totalmente rígidos** capaces de reflejar la mayor parte de la energía sonora que incide en ellos.

Si bien no todas las salas precisan de elementos reflectantes, **las salas destinadas a la palabra y a la música no amplificada** (como es el caso de algunos templos evangélicos) **requieren de estas características** para mayor comprensión sonora.

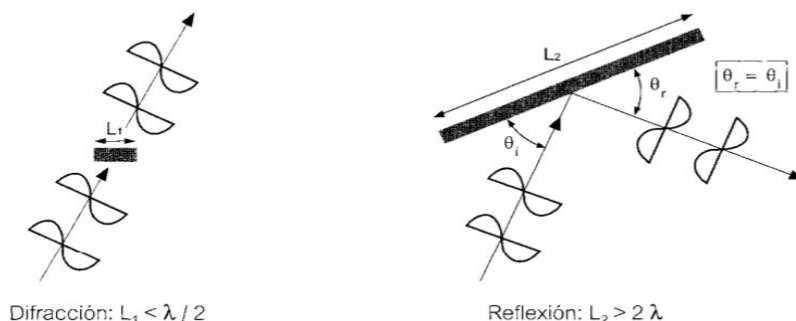
En el caso de una sala destinada a la palabra, se entiende por reflexiones útiles todas aquellas que llegan al receptor dentro de los primeros 50m desde la llegada del sonido directo. Estas reflexiones, al ser integradas por el oído humano junto con el sonido directo, mejoran la inteligibilidad de la palabra, lo que se determina como primeras reflexiones vistas con anterioridad.

En el caso de una sala de conciertos, se utiliza la misma explicación aumentando el rango a 80m desde la llegada del sonido directo.

Si bien la mayoría de las superficies generan reflexiones más o menos intentas, en función del grado de absorción que presenten, **tan solo algunas superficies están diseñadas para generar primeras reflexiones hacia la zona del público.**

Reflectores – Efecto de difracción del sonido

Un elemento reflector de dimensiones prefijadas actuará como tal dependiendo de la frecuencia del sonido incidente en ella. Todas aquellas frecuencias para la que se cumpla que las dimensiones del reflector sean menores que las correspondientes a la longitud de onda, tendrá lugar un efecto de difracción de la onda sonora incidente, es decir, **en lugar de ser reflejada la onda sonora, esta rodeará el reflector y seguirá su camino como si el elemento no existiera.**

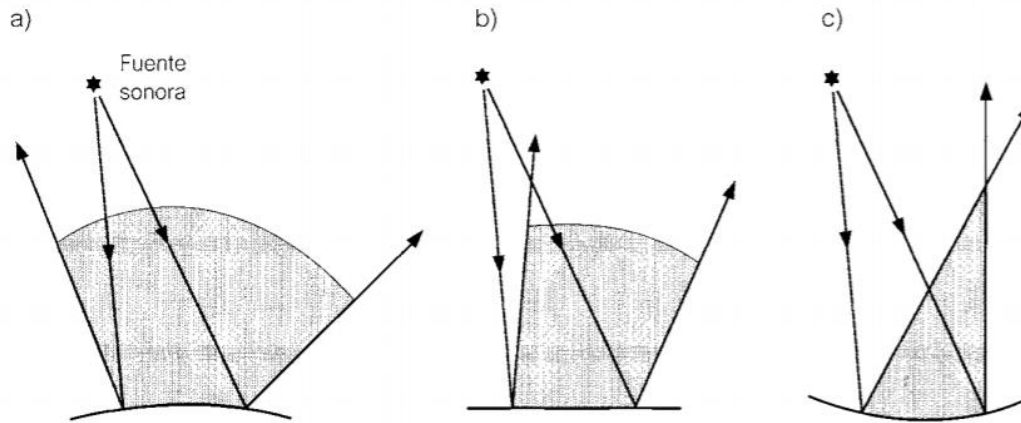


Visualización de los efectos de difracción y reflexión del sonido de dos superficies reflectantes de distintas dimensiones para la misma onda sonora de longitud de onda λ
Fuente: "Diseño acústico de espacios arquitectónicos". Carrión A.

La difracción se produce a bajas frecuencias (sonidos graves) y disminuye gradualmente a medida que la frecuencia aumenta. Esto se puede generalizar de la siguiente manera: la existencia de un obstáculo entre una fuente ruidosa y un receptor atenúa de forma considerable los componentes

de alta frecuencia del ruido (agudo), pero no así las de baja frecuencia (graves), que siguen siendo percibidas a menos que las dimensiones del obstáculo sean extremadamente grandes.

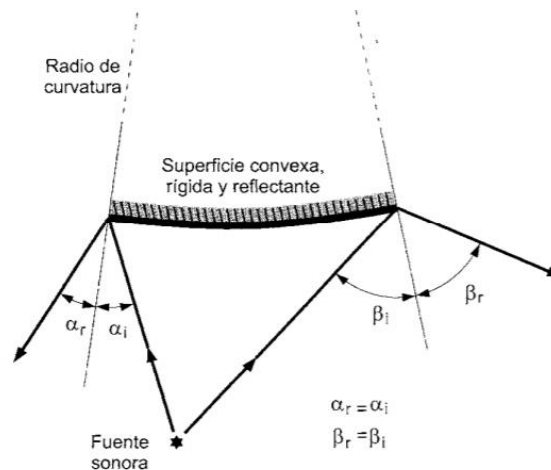
Reflectores curvos



Zonas de cobertura asociadas a diferentes superficies reflectantes: S. Convexa – S. Plana – S. Cóncava
Fuente: "Diseño acústico de espacios arquitectónicos". Carrión A.

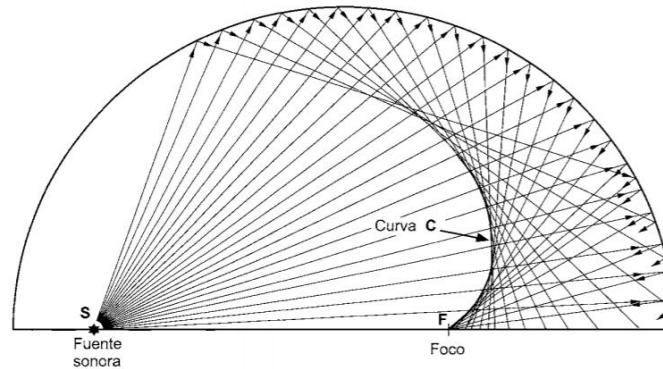
Los **reflectores de perfil convexo dispersan el sonido en mayor proporción que los reflectores planos**, es decir, abarcan una mayor zona de cobertura y, por lo tanto, en cada punto de dicha zona el nivel del sonido reflejado es menor. Para que un reflector convexo cumpla su función, **debe tener un radio de curvatura aproximadamente de 5m**, si el radio es menor, el elemento tiende a comportarse como difusor de sonido y no reflector.

Desde un punto de vista geométrico, la dirección del sonido reflejado desde una superficie curva coincide con la dirección de la reflexión especular sobre el plano tangente al punto de reflexión. Esto se puede mostrar en el siguiente esquema:



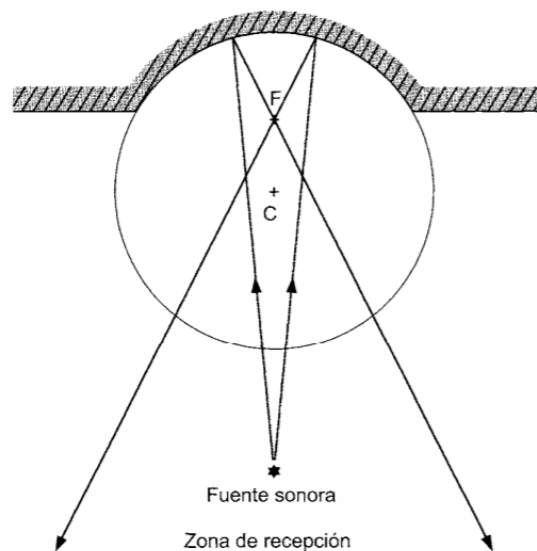
Forma gráfica de determinar las direcciones de las reflexiones especulares
Fuente: "Diseño acústico de espacios arquitectónicos". Carrión A.

Por el contrario, **los elementos cóncavos generan un efecto de focalización del sonido reflejado**, es decir, una concentración de este en una zona reducida, si bien con un nivel mucho más elevado. Esto se denomina como “sonido focalizado” y por lo general se evita, debido a que a menudo ocurre que la energía asociada a dicho sonido es incluso superior a la correspondiente al sonido directo.



Ejemplo de focalización del sonido en una sala semiesférica
Fuente: “Diseño acústico de espacios arquitectónicos”. Carrión A.

Sin embargo, **no todas las superficies cóncavas generan focalizaciones**, las superficies con un elevado grado de concavidad y suficientemente separadas del escenario actúan normalmente como difusoras o dispersoras del sonido. Para saber si una superficie cóncava genera dispersión y no focalización, **es cuando ni la fuente sonora ni el receptor están situados dentro de la esfera creada a partir de la continuación del elemento cóncavo** (ver esquema).

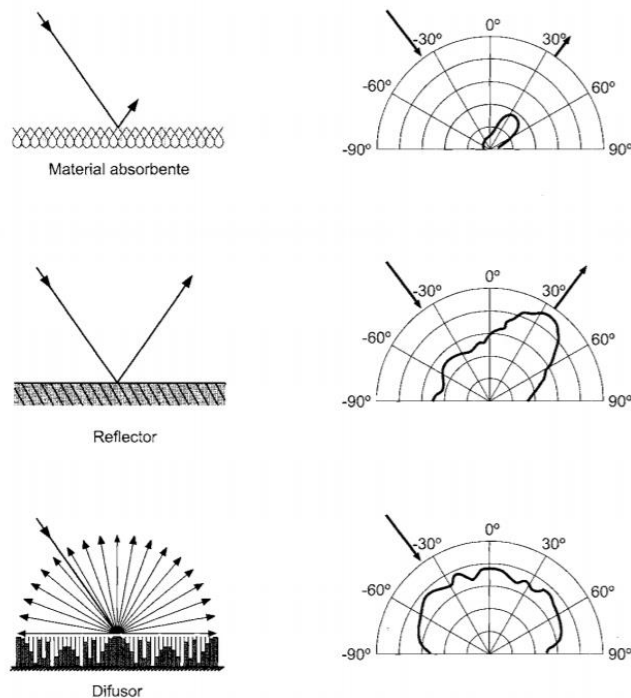


Superficie cóncava actuando como dispersor del sonido debido a que la fuente y la zona de recepción se hallan fuera de la esfera creada a partir de dicha superficie (F es el punto focal y C es el centro de la esfera)
Fuente: “Diseño acústico de espacios arquitectónicos”. Carrión A.

2.3.2.3 MATERIALES DIFUSORES

La difusión del sonido en un recinto **se consigue mediante la colocación de elementos diseñados para dispersar**, de forma uniforme y en múltiples direcciones, la energía sonora que incide sobre los mismos.

En la siguiente imagen se muestra la comparación entre los efectos producidos por un elemento absorbente, reflectante y uno difusor.

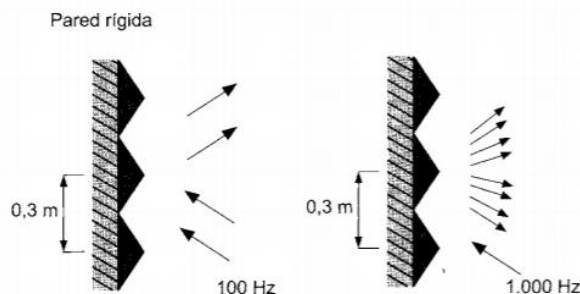


Comparativa entre efectos de absorción, reflexión especular y difusión del sonido
Fuente: "Diseño acústico de espacios arquitectónicos". Carrión A.

Se infiere que:

- En el caso del material absorbente, la energía reflejada es mínima.
- En el caso del elemento reflector, la energía reflejada es mucho mayor y está concentrada alrededor de la dirección de reflexión especular.
- En el caso del elemento difusor, **la energía reflejada es elevada y está repartida de forma uniforme en todas las direcciones de reflexión** (ideal para nuestro recinto de estudio).

Aunque cualquier superficie produce un cierto grado de difusión, la existencia de ornamentación, nichos, irregularidades y relieves en la superficie de un recinto provoca un notable incremento de difusión.



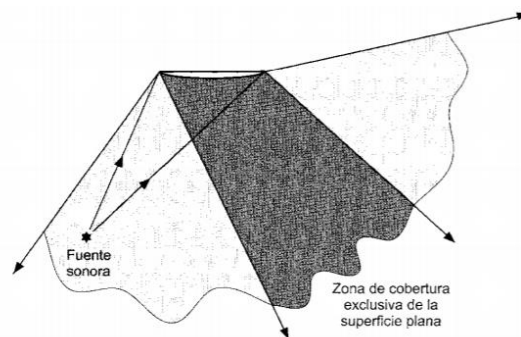
Ejemplo de difusión del sonido producida por un conjunto de pirámides colocadas sobre una pared rígida
Fuente: "Diseño acústico de espacios arquitectónicos". Carrión A.

Según se observa en la imagen, a la frecuencia de 100Hz, las reflexiones generadas son especulares, es decir, a efectos de la onda sonora incidente es como si las pirámides no existiesen. Esto debido a que la longitud de onda asociada es mucho mayor que la máxima dimensión de cada pirámide. Por el contrario, a la frecuencia de 1000Hz, el grado de difusión es mayor, ya que la máxima dimensión de cada pirámide es del mismo orden de magnitud que la longitud de onda.

Difusores policilíndricos

Estos difusores consisten en un **conjunto de superficies lisas de forma convexa dispuestas secuencialmente y con un radio de curvatura inferior, aproximadamente, a 5m**. Habitualmente están hecho en madera.

Al reducir el radio de curvatura por debajo de los 5m, la zona de cobertura aumenta de tal manera que el sonido reflejado ya no puede ser concentrado sobre la zona de público, el reflector se convierte en difusor.



Comparativa entre zonas de cobertura asociadas a un reflector plano y a una superficie convexa integrante de un difusor policilíndrico
Fuente: "Diseño acústico de espacios arquitectónicos". Carrión A.

Difusores de Schroeder

Estos elementos se colocan por delante de las superficies límites de un recinto (paredes o techos) y están específicamente diseñados para actuar como superficies difusoras del sonido, en un margen

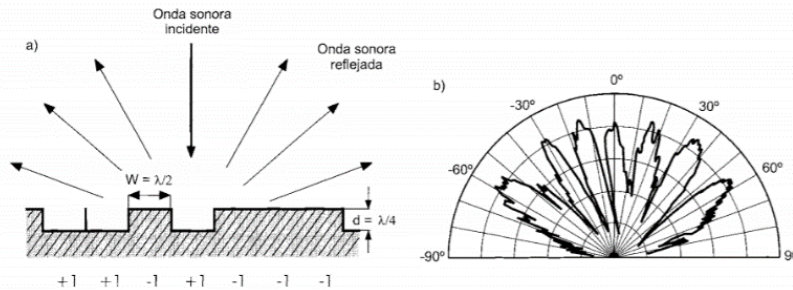
de frecuencias determinados. Todos ellos tienen su origen en la denominada teoría de los números, desarrollada por el investigador alemán Manfred R Schroeder. Se denomina genéricamente como RPG (Reflection Phase Grating), y están contruidos habitualmente en madera.

Los tipos de difusores RPG más relevantes son:

a) Difusores MLS (Maximum Length Sequence)

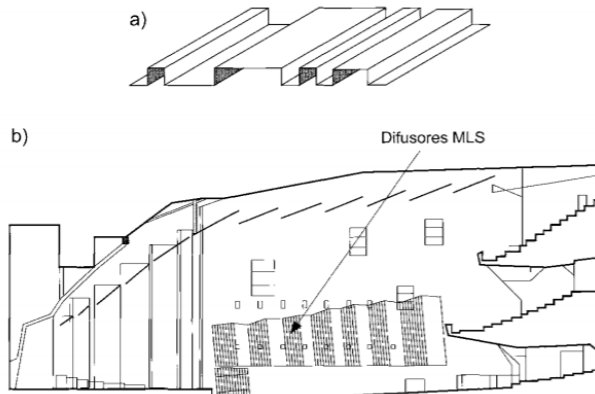
Basado en secuencias pseudoaleatorias periódicas, denominadas de longitud máxima o de Galois, que solo pueden adquirir dos valores: -1 y +1.

Este consiste en una **superficie dentada, partiendo de una superficie lisa y reflectante**, subdividiéndola en tramos de igual anchura y creando sobre la misma, ranuras de igual profundidad. A cada tramo se le asigna un valor de la secuencia pseudoaleatoria.



Difusores MLS: a) perfil de un difusor con la indicación de la dirección de la onda incidente y de las direcciones en las que la energía reflejada es máxima; b) diagrama de difusión a la frecuencia de diseño
Fuente: "Diseño acústico de espacios arquitectónicos". Carrión A.

Un ejemplo de estos difusores está en las paredes de la Sala Pléyel, Paris en 1994. La profundidad de las ranuras es de 6.35cm, lo cual implica que la frecuencia de diseño es de 1.358Hz y que el margen útil de frecuencias se halla, aproximadamente, entre 1 y 2 kHz. Sin embargo, en la práctica estos difusores son poco usados.

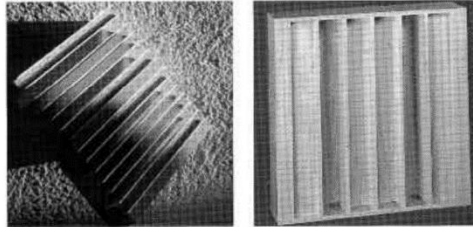


Difusores MLS instalados en las paredes laterales de la Sala Pléyel, Paris Francia: a) muestra unitaria; b) Sección longitudinal de la sala con indicaciones de la ubicación de los difusores
Fuente: "Diseño acústico de espacios arquitectónicos". Carrión A.

b) Difusores QRD (Quadratic-Residue Diffusor)

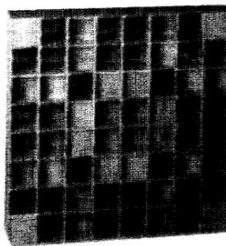
Los difusores de residuos cuadráticos se dividen en dos tipos, los **unidimensionales** y los **bidimensionales**.

Los **unidimensionales** son los más utilizados en salas de concierto o estudios de grabación. Consiste en una **serie de ranuras paralelas de forma rectangular, de igual anchura y diferentes profundidades**. Generalmente dichas ranuras están separadas por unos divisores delgados y rígidos.



Ejemplo de difusores unidimensionales QRD
Fuente: "Diseño acústico de espacios arquitectónicos". Carrión A.

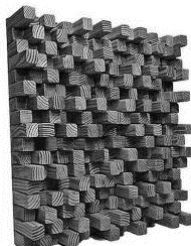
Los **bidimensionales** están **constituidos por pozos dispuestos en paralelos, de profundidad variable y de forma habitualmente cuadrada**. Estos difusores aparecen como una generalización de los anteriores con el objetivo de obtener una óptima difusión del sonido incidente en todas las direcciones del espacio.



Ejemplo de difusor bidimensional QRD
Fuente: "Diseño acústico de espacios arquitectónicos". Carrión A.

c) Difusores PRD (Primitive-Root diffusor)

Denominados difusores de raíz primitiva, análogos a los difusores QRD, con la diferencia de que la profundidad de cada ranura se obtiene a partir de una secuencia generadora distinta.



Ejemplo de difusor PRD
Fuente: "Diseño acústico de espacios arquitectónicos". Carrión A.

2.3.3 ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO DE RECINTOS

En el siguiente capítulo se busca realizar una aproximación más acertada de un recinto evangélico y sus condiciones acústicas, exponiendo la variedad de factores implicados en ellos descritos en los apartados anteriores de esta investigación.

Considerando la precariedad de información relaciona a los recintos de carácter evangélicos y sus condiciones acústicas, **se considera la iglesia evangélica como un recinto auditorio con características de una sala de concierto**, es decir, una sala multiuso. Con la información otorgada por el libro de acústica de Carrión, A. 1998, "*Diseño acústico de espacios arquitectónicos*", se inferirá la creación de un recinto destinado al culto evangélico que posea las cualidades geométricas y acústicas similares a la realidad, aplicando las distintas características acústicas explicadas con anterioridad. De esta manera se busca comprender las cualidades que posee un recinto evangélico y realizar un estudio en el acondicionamiento acústico óptimo.

Se tomará como **referencia geométrica un modelo** (paralelepípedo) que simule el interior de un recinto tipo, construido en el software Rhinoceros, y que ayude a graficar de mejor manera lo explicado en el capítulo. De esta manera obtener la información necesaria que funcione como base para la experimentación acústica posterior.

Diseño acústico de Sala multiuso

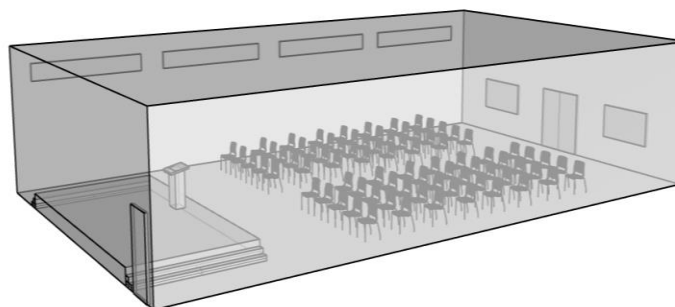
El diseño acústico más complejo basado en una acústica variable es el de una sala multiuso pensada para su utilización como teatro y, alternativamente, como sala de conciertos. Ello es debido a que **ambos usos exigen unas condiciones acústicas distintas en cuanto a los valores de los tiempos de reverberación óptimos**. En efecto, en la utilización como teatro, el tiempo de reverberación RT_{mid} debe ser del orden de 0,8s a 1,2s, mientras que para música tiene que estar situado alrededor de 1,8s a 2,2s según los parámetros de esta investigación. La obtención de un tiempo de reverberación bajo incide favorablemente en el grado de inteligibilidad de la palabra, pero, en cambio, no es beneficioso para la música, puesto que la sala resulta excesivamente apagada. Por contra, la disponibilidad de un tiempo de reverberación alto provoca un aumento de la “viveza” de la sala, a la vez que una disminución apreciable de la inteligibilidad de la palabra.

La mencionada complejidad en el diseño se debe, además, a que existen una serie de criterios de diseño específicos para cada uso, según se ha visto en los capítulos anteriores. Por ejemplo, en la utilización como teatro, interesa disponer de una gran cantidad de energía asociada a **las primeras reflexiones** en comparación con la correspondiente a las reflexiones tardías (cola reverberante), con independencia de la dirección de donde provengan. Sin embargo, en el uso como sala de conciertos, tal relación debe ser menor y, además, **las primeras reflexiones deben proceder preferentemente de las paredes laterales** con objeto de incrementar la denominada impresión espacial del sonido. Otro ejemplo de dicha disparidad de criterios lo constituye la difusión del sonido: mientras que en la utilización como sala de conciertos es extremadamente importante disponer de un elevado grado de difusión del sonido, en el uso como teatro la difusión es totalmente irrelevante.

A continuación, se ejemplificará el **cálculo de RT en una iglesia tipo** con la fórmula de Sabine expuesta en el capítulo anterior de acústica, y con esto dejar en evidencia el funcionamiento acústico de un recinto evangélico tipo en Chile.

La siguiente imagen muestra una iglesia “tipo” diseñada con el software Rhinoceros con las siguientes especificaciones:

Volumen: 25m x 15m x 5m	= 1.875m ³
Puerta principal: 2,3m x 2,3m	= 5,59m ²
Puerta secundaria: 2,3m x 1.2m	= 2,76m ²
Ventanas frontales (2): 2,5m x 1,2m	= 3m ²
Ventanas laterales (4): 5m x 0,6m	= 3m ²
Espacio del público (2): 12m x 5m	= 60m ²
Tarima: 5m x 10m	= 50m ²



Ejemplo de iglesia tipo de geometría en paralelepípedo
Fuente: Elaboración propia, Software Rhinoceros.

Podemos obtener los valores de **coeficiente de absorción α** de la tabla de datos de la Facultad de arquitectura, diseño y urbanismo (Buenos aires, Argentina) impuestos en el 2010, para cada material presente en el recinto tipo.

MATERIALES	COEFICIENTES DE ABSORCIÓN					
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Puerta madera pino oregón	0.15	0.10	0.06	0.08	0.10	0.05
Ventana de vidrio simple	0.33	0.25	0.10	0.07	0.06	0.04
Área de audiencia en asientos de tapizado ligero	0.56	0.68	0.79	0.83	0.86	0.86
Pared de hormigon pintado	0.10	0.09	0.08	0.09	0.10	0.04
Piso de paquet madera sobre contrapiso	0.02	0.03	0.04	0.05	0.05	0.05
Entarimado de madera	0.09	0.09	0.08	0.09	0.10	0.07
Techo cielorraso de fibra en placas de 19mm Armstrong	0.38	0.29	0.39	0.56	0.71	0.78

Tabla de materiales empleados en el recinto tipo y sus coeficientes de absorción α

Fuente: Elaboración propia, obtenida de la edición 2010 del catálogo de Coef. De absorción de la Facultad de arquitectura, diseño y urbanismo de Buenos aires, Argentina.

Del capítulo 2.3.1.3 “*Tiempo de reverberación*” se obtiene la fórmula de Sabine para calcular el tiempo de reverberación (RT) del recinto tipo.

$$RT = 0.161 V/A_{tot} \text{ (en segundos)}$$

Donde:

- V = volumen del recinto (m^3)
- A_{tot} (absorción total del recinto) = $\alpha_1 S_1 + \alpha_2 S_2 + \dots + \alpha_n S_n$

Aplicando los datos a la formula obtenemos:

$$RT_{150} = \frac{0.161 \times 1875}{0.15 \times 8.35m^2 + 0.33 \times 18m^2 + 0.56 \times 120m^2 + 0.10 \times 373.65m^2 + 0.02 \times 325m^2 + 0.09 \times 50m^2 + 0.38 \times 375m^2}$$

$$RT_{250} = \frac{0.161 \times 1875}{0.10 \times 8.35m^2 + 0.25 \times 18m^2 + 0.68 \times 120m^2 + 0.09 \times 373.65m^2 + 0.03 \times 325m^2 + 0.09 \times 50m^2 + 0.29 \times 375m^2}$$

$$RT_{500} = \frac{0.161 \times 1875}{0.06 \times 8.35m^2 + 0.10 \times 18m^2 + 0.79 \times 120m^2 + 0.08 \times 373.65m^2 + 0.04 \times 325m^2 + 0.08 \times 50m^2 + 0.39 \times 375m^2}$$

$$RT_{1000} = \frac{0.161 \times 1875}{0.08 \times 8.35m^2 + 0.07 \times 18m^2 + 0.83 \times 120m^2 + 0.09 \times 373.65m^2 + 0.05 \times 325m^2 + 0.09 \times 50m^2 + 0.56 \times 375m^2}$$

$$RT_{2000} = \frac{0.161 \times 1875}{0.10 \times 8.35 \text{m}^2 + 0.06 \times 18 \text{m}^2 + 0.86 \times 120 \text{m}^2 + 0.04 \times 373.65 \text{m}^2 + 0.05 \times 325 \text{m}^2 + 0.07 \times 50 \text{m}^2 + 0.78 \times 375 \text{m}^2}$$

$$RT_{4000} = \frac{0.161 \times 1875}{0.05 \times 8.35 \text{m}^2 + 0.04 \times 18 \text{m}^2 + 0.86 \times 120 \text{m}^2 + 0.10 \times 373.65 \text{m}^2 + 0.02 \times 325 \text{m}^2 + 0.09 \times 50 \text{m}^2 + 0.38 \times 375 \text{m}^2}$$

Resultados:

$$RT_{150} = 1,13 \text{ s}$$

$$RT_{250} = 1,23 \text{ s}$$

$$RT_{500} = 1,23 \text{ s}$$

$$RT_{1000} = 0,82 \text{ s}$$

$$RT_{2000} = 0,69 \text{ s}$$

$$RT_{4000} = 1,03 \text{ s}$$

$$RT_{\text{mid}} = 1,02 \text{ s}$$

Los resultados indican **bajos niveles en los tiempos de reverberación**, inclinándose significativamente a 1s, esto dejaría al recinto en la categorización de “sala de conferencias”. Sin embargo, para saber si el recinto es óptimo para sostener las actividades estudiadas se requiere de uno o más emisores y receptores que muestren un nuevo análisis en RT el cual no debería variar entre los dos emisores distintos, lo que sostendría la hipótesis expuesta de que las dos actividades que ocurren normalmente en un culto de carácter evangélico no son sostenibles acústicamente de manera óptima en el recinto.

En general, se puede afirmar que, si mediante una acústica variable es posible hacer un diseño correcto para ambos casos extremos, la sala funcionará de forma igualmente correcta para cualquier otro uso, ya que los condicionantes acústicos son intermedios.

Es por esta razón que **se requiere de una propuesta que permita resolver el funcionamiento de un recinto para ambas situaciones acústicas** en su máximo potencial. El objetivo básico perseguido consiste en la modificación adecuada del tiempo de reverberación en función del uso previsto en cada ocasión.

Para lograr este objetivo se plantea generar una un **prototipo adaptable al interior de cualquier recinto**, a través de un sistema mecánico que permita reconfigurar el espacio interior, para generar una situación acústica acorde al programa en cuestión.

2.3.4 SELECCIÓN DE IGLESIAS

Para el proceso de experimentación prototipada se elegirán 3 templos evangélicos de distinta geometría estructural, materialidad y distinto estilo musical de la comuna de la Florida, con el propósito de estudiar la geometría acústica de dichos recintos, a modo de comparación, determinando diferencias y similitudes que aporten al acondicionamiento acústico óptimo para cada actividad. De esta manera, generar un modelo más exacto que funcione para cualquier recinto con estas características acústicas.

A continuación, se explicará el proceso de selección de iglesias utilizadas para el proceso de análisis y experimentación de esta investigación. La tabla muestra 107 iglesias evangélicas registradas en la oficina nacional de asuntos religiosos en la comuna de la florida, apoyadas debida y territorialmente.

CATÁLOGO DE IGLESIAS EN LA COMUNA DE LA FLORIDA (ENTIDADES CON PERSONALIDAD JURÍDICA REGISTRADAS DEBIDAMENTE EN LA OFICINA NACIONAL DE ASUNTOS RELIGIOSOS 2001 - 2017)										
	IGLESIA	UBICACIÓN	INFORMACIÓN WEB	INFORMACIÓN TEMPLO	TIPOLOGÍA	ESTILO MUSICAL	SUPERFICIE	NIVELES	ALTURA MÁXIMA INTERIOR	FORMA
			Si/No	Si/No	Reformado/Misionero/Pentecostal	Coro de Voces/Nuevo Congregacional/Glosalálico	A*L (m2 aprox.)	(Cantidad)	h (m aprox.)	Paralelepípedo/Triangular/Irregular
1	CONGREGACION EVANGELISTICA PENTECOSTAL TIEMPO DE COSECHA	MARIA ELENA 1638, POBLACION LOS NAVIOS - LA FLORIDA	No	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
2	IGLESIA CRISTIANA EKKLESIA	PASAJE SANTA ANA 10979, LA FLORIDA	No	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
3	IGLESIA EVANGÉLICA EL CONQUISTADOR	CALLE PATRIA VIEJA 9311, LA FLORIDA	Si	Si	Pentecostal	Nuevo Congregacional	352	2	6	Triangular
4	CAPILLA EL REDENTOR	CALLE FEDERICO GARCIA LORCA 7482	No	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
5	MISION EVANGELISTICA TABERNAculo DE SALVACION	CALLE LAS QUINCHAS 10826	No	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
6	IGLESIA DE JESUCRISTO LUZ DEL MUNDO DIRIGIDA POR EL ESPÍRITU SANTO	AVDA. SANTA RAQUEL 8588, VILLA O'HIGGINS	No	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
7	IGLESIA MISIONERA CRISTIANA - MENSAJES DEL AMOR DE DIOS	VILLA LOS SAUCES DOS, PASAJE LA ARCILLA 17	No	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
8	IGLESIA CRISTIANA METODISTA PENTECOSTAL	MARIA ELENA 697, LA FLORIDA	Si	No	Pentecostal	Nuevo Congregacional	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
9	MINISTERIO PROFETICO INTERNACIONAL LA GLORIA POSTRERA	PASAJE LAS NOBELIAS 1943, VILLA LAS ARAUCARIAS	Si	Si	Pentecostal	Nuevo Congregacional	331,25	2	7,5	Triangular
10	IGLESIA EVANGÉLICA UNIDOS POR EL ESPÍRITU SANTO	CALLE EL GUERRILLERO 9351	No	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
11	IGLESIA INTERNACIONAL DE GUERREROS DE ORACION, CHILE	CALLE MARIA ELENA 1365 - LA FLORIDA	Si	Si	Pentecostal	Nuevo Congregacional	390	1	5	Irregular
12	IGLESIA DE ALCANCE MUNDIAL DE CHILE	CALLE VICUÑA MACKENNA 11350 - LA FLORIDA	No	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
13	IGLESIA REVELACION DE JESUCRISTO MISIONERA - LA SIGLA IREJEM	CALLE LAS ANEMONAS 1416	No	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica

REVERBERACIÓN PARAMÉTRICA
METODOLOGÍA PARAMÉTRICA PARA EL MEJORAMIENTO EN EL ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO DE LOS
TEMPLOS EVANGÉLICOS.

1 4	IGLESIA CRISTIANA EVANGÉLICA NUEVA BET-EL	CALLE VALENTINA LEPPE 10536 - LETRA A	No	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
1 5	IGLESIA APOSTÓLICA Y PROFÉTICA ANTIOQUIA	CALLE BOSQUE CHILENO 2436, CONJUNTO TIERRA DEL SOL	No	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
1 6	IGLESIA BIBLICA BAUTISTA RENACER	SANTA VICTORIA 9588	Si	Si	Misionero	Nuevo Congregacional	149.5	1	4	Irregular
1 7	MISION EVANGÉLICA PENTECOSTAL LAS BIENAVENTURAN ZAS	PASAJE MARIANO LATORRE 9301, POBL. VILLA NUEVA	No	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
1 8	IGLESIA DE JESUCRISTO RENOVADA DE CHILE	CALLE CENTRAL ORIENTE 561, POBL. LA ALBORADA	No	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
1 9	IGLESIA EVANGÉLICA PENTECOSTAL TIEMPO DE CRISTO	CALLE LAS LOMAS 1440, POBLACION PEUMO	No	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
2 0	PRIMERA IGLESIA MISIONERA BET - EL	CALLE JHON KENNEDY 1295	No	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
2 1	MINISTERIO EVANGÉLICO JESÚS LA ROCA DE PODER	PASAJE DIEZ 186, VILLA LA FLORIDA	No	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
2 2	IGLESIA DE CRISTO EN CHILE	CALLE LOS PIONEROS 069	Si	Si	No Definido	No Definido	70	1	2,3	Paralelepípedo
2 3	IGLESIA EVANGÉLICA EJERCITO MISIONERO DE JESUCRISTO	GENOVA 7261, VILLA ITALIA	No	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
2 4	IGLESIA EVANGÉLICA PENTECOSTAL, EL REMANENTE DE ISRAEL	CALLE JASPE 1553	No	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
2 5	IGLESIA RENACIMIENTO POR EL CAMINO DE LA GRACIA. (IGLESIA RENACIMIENTO)	CALLE PANAMA 8765	Si	Si	No Definido	Nuevo Congregacional	130	1	3,5	Paralelepípedo
2 6	IGLESIA EVANGÉLICA MINISTERIO JESÚS ES VICTORIA	CALLE VOLCAN PUNTAQUI 5384, VILLA NUEVO AMANECER	No	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
2 7	IGLESIA MISIONERA EL ES EL PRIMERO Y EL ULTIMO	CALLE LAS MALVAS 1832, VILLA LOS COPHUES	No	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
2 8	IGLESIA EVANGÉLICA EL REMANENTE DE LAS SENDAS ANTIGUAS	VILLA EL SENDERO, CALLE GENERAL ARRIAGADA 1389	No	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
2 9	IGLESIA UNION CON CRISTO	CALLE SAN JORGE 747	No	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
3 0	MISION EVANGÉLICA DEL PENTECOSTES CATEDRAL DE LA FLORIDA - SIGLA MPCF	AVENIDA UNO 10199, LA FLORIDA	Si	No	Pentecostal	Nuevo Congregacional	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
3 1	IGLESIA LA MISION	PASAJE SALAMANCA 6690, VILLA ESPAÑA	Si	Si	Misionero	Nuevo Congregacional	60	1	3	Irregular
3 2	MINISTERIO EVANGÉLICO EXPANSION CRISTIANA	JOSE VICTORINO LAS TARREAS 11630, LA FLORIDA	No	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
3 3	IGLESIA EVANGÉLICA JESUCRISTO MI REDENTOR PENTECOSTES	CALLE ESMERALDA 6, LA FLORIDA	No	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica

REVERBERACIÓN PARAMÉTRICA
METODOLOGÍA PARAMÉTRICA PARA EL MEJORAMIENTO EN EL ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO DE LOS
TEMPLOS EVANGÉLICOS.

3 4	IGLESIA CRISTIANA EVANGÉLICA VOLVER A VIVIR	AVDA. TRINIDAD 1767 - LA FLORIDA	Si	Si	No Definido	Nuevo Congregacional	96	1	2,6	Irregular
3 5	CENTRO CRISTIANO DE "SANTIAGO"	CAMINO DE LA VOCACION 6060 - LA FLORIDA	No	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
3 6	IGLESIA CENTRO MISIONERO "LOS DOS OLIVOS"	CALLE SAN PABLO 10808	Si	Si	Misionero	Nuevo Congregacional	1720	1	10	Triangular
3 7	IGLESIA EVANGÉLICA BAUTISTA NUEVO AMANECER EN CRISTO	CALLE EL VOLCAN TOLHUACA 5827, POBLACION NUEVO AMANECER	No	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
3 8	IGLESIA BAUTISTA MISIONERA LA FLORIDA	HONDURAS 9102	Si	No	Misionero	No Definido	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
3 9	IGLESIA EVANGÉLICA PLENITUD EN JESUCRISTO	PASAJE PEULLA 464 VILLA BLEST GANA PARAD. 24 VICUÑA MACKENNA	No	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
4 0	IGLESIA CELULAR CRISTIANA DE JESUCRISTO	PASAJE CALEUCHE 9478	No	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
4 1	IGLESIA FAMILIA CON PROPOSITO	CALLE EL CIRCULAR 191 VILLA LUZ	No	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
4 2	IGLESIA EVANGÉLICA FE Y ESPERANZA	AVDA CENTRAL 0715	No	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
4 3	IGLESIA EVANGÉLICA FRUTOS DEL ESPÍRITU SANTO	PASAJE 3, 2843, COMUNA DE LA FLORIDA	No	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
4 4	IGLESIA CRISTIANA EL TABERNACULO	EL LIBERTADOR 10845	No	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
4 5	CENTRO EVANGÉLICO EL REDENTOR	SOTERO DEL RIO 1178, VILLA O'HIGGINS	No	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
4 6	GENERACION DIFERENTE	APOLO 9375	Si	No	Pentecostal	Nuevo Congregacional	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
4 7	MINISTERIO PENTECOSTAL PROFETICO A LAS NACIONES	CALLE PATRIA VIEJA 9344	No	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
4 8	MINISTERIO DE RESTAURACION INTERNACIONAL - IGLESIA CRISTIANA TU ENLACE FAMILIAR, CONGREGACION TEF	ESTADOS UNIDOS 8646, LA FLORIDA	Si	Si	No Definido	Nuevo Congregacional	431,25	1	5	Irregular
4 9	MISION EVANGELISTA RENACIMIENTO DE LA FE	SANTA RAQUEL CON TRONCAL SAN FRANCISCO 1076	No	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
5 0	IGLESIA CRISTIANA TEMPLO RENACER	CALLE SANTA RAQUEL 9845	No	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
5 1	MINISTERIO APOSTÓLICO Y PROFETICO RESTAURACIÓN DEL TEMPLO DE JESUCRISTO	PASAJE TURMALINA 10416	Si	Si	Misionero	Nuevo Congregacional	119	1	2,3	Paralelepipedo
5 2	IGLESIA DE JESUCRISTO ADONAI	PASAJE NAVE BLANCA 1903, LOS NAVIOS	No	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
5 3	IGLESIA CRISTO PARA LAS NACIONES	PASEO LA FLORIDA 2, 10551, VILLA PASEO DOS	No	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica

REVERBERACIÓN PARAMÉTRICA
METODOLOGÍA PARAMÉTRICA PARA EL MEJORAMIENTO EN EL ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO DE LOS
TEMPLOS EVANGÉLICOS.

54	MINISTERIO IGLESIA PENTECOSTAL SEMBRADORES DE CRISTO	AVENIDA SANTA RAQUEL	No	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
55	IGLESIA EVANGÉLICA BAUTISTA EL LIRIO DE LOS VALLES	CALLE LOS VALLES 7751	Si	Si	Misionero	Nuevo Congregacional	170,5	1	5	Triangular
56	CENTRO APOSTÓLICO NACION DEL REY	CALLE SAN PEDRO 22993	No	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
57	IGLESIA EVANGÉLICA LUZ Y ESPERANZA	PASAJE CERRO TOLOLO 5880, VILLA LOS CERROS	No	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
58	IGLESIA CRISTIANA REMANENTE MISIONERO INTERNACIONAL	CAMILO HENRIQUEZ 776	No	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
59	IGLESIA CRISTIANA DIVINA GRACIA	CARTAGENA DE INDIAS 1156	No	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
60	IGLESIA EVANGÉLICA DEL NUEVO REMANENTE PENTECOSTAL	CALLE LIMACHE 476	No	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
61	IGLESIA CRISTIANA TIEMPOS DE CAMBIO	SAN GABRIEL 11407	No	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
62	CENTRO CRISTIANO COMPARTIENDO EL PAN DE VIDA	EL GUERRILLERO 9458	No	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
63	MINISTERIO CRISTIANO PENTECOSTAL JESUCRISTO ES MI AMIGO	PASAJE CINCO 4405	Si	Si	Pentecostal	Nuevo Congregacional	105	1	2,5	Paralelepipedo
64	IGLESIA APOSTÓLICA MONTE SION	CALLE LOS CLARINES 9689	No	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
65	IGLESIA UNA LUZ EN EL CAMINO	CALLE MARIGEN 9784	No	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
66	IGLESIA MINISTERIO URBANO AMOR SIN REGLAS	CALLE WILLIAM KING 8180	No	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
67	IGLESIA PENTECOSTAL MINISTERIO DESPERTANDO CON CRISTO	CALLE JACARANDA 2032, VILLA LAS ARAUCARIAS	No	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
68	IGLESIA RAIZ CENTRO CRISTIANO Y SOCIAL	LOS CEIBOS ORIENTE 9256, VILLA LOS JARDINES DE LA VIÑA	No	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
69	MINISTERIO DE ORACION INTERNACIONAL GRUPO G.O.I.F.E	AVENIDA SANTA RAQUEL 4582	No	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
70	IGLESIA CASA DEL PADRE	AVENIDA ESTADOS UNIDOS 8724	Si	Si	Pentecostal	Nuevo Congregacional	260	1	3	Paralelepipedo
71	IGLESIA MINISTERIOS TIEMPO DE LIBERTAD	AVENIDA VICUÑA MACKENNA 8260	Si	Si	No Definido	Nuevo Congregacional	71,25	1	4	Triangular
72	GENERACION DE FE UNA IGLESIA DE ALCANCE MUNDIAL	CALLE ESTADOS UNIDOS 9061	Si	Si	No Definido	Nuevo Congregacional	170	1	4	Triangular
73	MINISTERIO EVANGELÍSTICO INTERNACIONAL EL NUEVO PACTO	SAN JOSE DE LA ESTRELLA 921	No	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
74	IGLESIA CRISTIANA EVANGÉLICA JESÚS SEÑOR Y REY	AVENIDA DIEGO PORTALES 770	Si	Si	No Definido	Nuevo Congregacional	210	1	4	Irregular

REVERBERACIÓN PARAMÉTRICA
METODOLOGÍA PARAMÉTRICA PARA EL MEJORAMIENTO EN EL ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO DE LOS
TEMPLOS EVANGÉLICOS.

7 5	MINISTERIO RENUOVO DEL ESPÍRITU	AVENIDA WALKER MARTINEZ 2295	No	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
7 6	IGLESIA MINISTERIO MEVINCO	CALLE PLATANATIVA 10603, LA FLORIDA	No	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
7 7	MINISTERIO TIERRA DE GOSEN	JOSE VICTORINO LASTARRIA 11630	Si	Si	No Definido	Nuevo Congregacional	42	1	4	Irregular
7 8	IGLESIA DE DIOS VISION DEL MUNDO	PASAJE MONZA 995	No	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
7 9	IGLESIA EVANGÉLICA PENTECOSTAL MISIONERA TEMPLO FUENTE DE AGUA VIVA	CALLE EL PROGRESO 10925	No	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
8 0	IGLESIA EVANGELICA PENTECOSTAL LA FLORIDA (IEP)	FRESIA 6891, LA FLORIDA	Si	Si	Pentecostal	Coro de Voces	204	2	6	Irregular
8 1	IGLESIA ADVENTISTA LA FLORIDA	WALKER MARTÍNEZ 320, LA FLORIDA	Si	Si	Misionero	Coro de Voces	237,5	1	6	Triangular
8 2	PRIMERA IGLESIA "IGLESIAS UNIDAS MÉTODISTA PENTECOSTAL" LA FLORIDA	ROJAS MAGALLANES 870, LA FLORIDA	No	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
8 3	IGLESIA WESLEYANA LA FLORIDA	ROJAS MAGALLANES 642-590, LA FLORIDA	Si	No	Misionero	Nuevo Congregacional	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
8 4	IGLESIA DEL SEÑOR DE LA FLORIDA	CHAITÉN 8945, LA FLORIDA	Si	Si	No Definido	Nuevo Congregacional	558	1	5	Irregular
8 5	IGLESIA ALIANZA CRISTIANA Y MISIONERA LA FLORIDA	VICUÑA MACKENNA 8866, LA FLORIDA	Si	Si	Misionero	Nuevo Congregacional	324	1	7	Paralelepipedo
8 6	IGLESIA BIBLICA BAUTISTA LA FLORIDA	PERÚ 9065, LA FLORIDA	Si	Si	Misionero	Nuevo Congregacional	204	1	5	Triangular
8 7	IGLESIA CRISTIANA LA VIÑA LA FLORIDA (VLF)	ROJAS MAGALLANES 1122, LA FLORIDA	Si	No	No Definido	Nuevo Congregacional	42	1	4	Paralelepipedo
8 8	IMP LA FLORIDA	AV. MEXICO 9412, LA FLORIDA	Si	Si	Pentecostal	Nuevo Congregacional	340,75	1	5	Irregular
8 9	IGLESIA LA CASA DEL SEÑOR	LA FLORIDA 9354, LA FLORIDA	Si	No	No Definido	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
9 0	IGLESIA MÉTODISTA DE LA FLORIDA	JOSÉ MIGUEL CARRERA 1076, LA FLORIDA	Si	No	Misionero	Nuevo Congregacional	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
9 1	IGLESIA ISA LA FLORIDA	AV. CENTRAL 250, LA FLORIDA	Si	Si	Misionero	Nuevo Congregacional	209	1	5	Irregular
9 2	IGLESIA DEL PLENO EVANGELIO	LOS RAYOS DEL SOL 1982-1912, LA FLORIDA	No	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
9 3	IGLESIA DE JESUCRISTO DE LOS SANTOS DE LOS ÚLTIMOS DÍAS	PALENA 3360, LA FLORIDA	Si	No	No Definido	No Definido	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
9 4	IGLESIA PENTECOSTAL DE CHILE	LOS CACTUS 1935, LA FLORIDA	No	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
9 5	IGLESIA FAMILIAR DE ADORACIÓN	GARCÍA HURTADO DE MENDOZA 8240, LA FLORIDA	Si	Si	Misionero	Nuevo Congregacional	99	1	6	Paralelepipedo

REVERBERACIÓN PARAMÉTRICA
METODOLOGÍA PARAMÉTRICA PARA EL MEJORAMIENTO EN EL ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO DE LOS
TEMPLOS EVANGÉLICOS.

96	IGLESIA BAUTISTA FUENTE DE BENDICIONES	VARAS MENA 49	No	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
97	IGLESIA BAUTISTA CRISTIANA	VECINAL 5920	No	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
98	IGLESIA BAUTISTA LA FLORIDA	DON PEPE 103, LA FLORIDA	Si	Si	Misionero	Coro de Voces	178,81	1	6	Triangular
99	IGLESIA BAUTISTA GRACIA SOBERANA	WALKER MARTÍNEZ 2295, LA FLORIDA	Si	Si	Misionero	Coro de Voces	250	1	3	Irregular
100	IGLESIA CRISTIANA PENTECOSTAL GETSEMANI TEMPLO JEHOVA ELOHIM	LOS QUILOS 1213, 213, LA FLORIDA	Si	Si	Pentecostal	Nuevo Congregacional	130	1	6	Triangular
101	IGLESIA BAUTISTA EL CAMINO	EL DORADO 148, LA FLORIDA	Si	Si	Misionero	Nuevo Congregacional	140	1	6	Triangular
102	IGLESIA BÍBLICA EL SEMBRADOR	CARLOS MEZA 119, LA FLORIDA	Si	No	No Definido	Nuevo Congregacional	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
103	IGLESIA BAUTISTA TRINIDAD	TRINIDAD 1398, LA FLORIDA	Si	Si	Misionero	Coro de Voces	108	1	4	Irregular
104	IGLESIA RENACER	AV. DIEGO PORTALES 795, LA FLORIDA	No	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
105	IGLESIA CRISTIANA RENACER LA FLORIDA	AVENIDA CENTRAL 248	Si	Si	No Definido	Nuevo Congregacional	220	1	5	Irregular
106	TEMPLO IGLESIA DULCE REFUGIO	SAN JORGE 135, LA FLORIDA	Si	Si	Pentecostal	Nuevo Congregacional	220	1	7	Irregular
107	FAMILIA DE DIOS LA FLORIDA	BAHÍA CATALINA 11195, LA FLORIDA	Si	Si	No Definido	Nuevo Congregacional	77	1	2,3	Paralelepípedo

Tabla de iglesias de la comuna de Florida

Fuente: Elaboración propia. Información mixta obtenida de la oficina nacional de asuntos religiosos y Google earth como apoyo locativo.

Se configuró una serie de datos a cada iglesia con el fin de confeccionar una serie de filtros relevantes a la investigación acústica que permitieran reducir el conjunto de iglesias, y así seleccionar de 3 a 4 iglesias que serán templos de experimentación acústica posteriormente.

Debido a la contingencia vivida durante 2020 y este año 2021, se realizó un filtro de información web que reemplazara la información física obtenida en cada uno de estos recintos, respetando la cuarentena vigente por COVID-19, 2021.

Se filtraron **34 iglesias a través de los dos filtros de información web** dispuestos en la tabla (INFORMACIÓN WEB – INFORMACIÓN TEMPLO) los cuales acotaron la tabla de la siguiente manera:

REVERBERACIÓN PARAMÉTRICA
METODOLOGÍA PARAMÉTRICA PARA EL MEJORAMIENTO EN EL ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO DE LOS
TEMPLOS EVANGÉLICOS.

CATÁLOGO REDUCIDO DE IGLESIAS EN LA COMUNA DE LA FLORIDA (ENTIDADES CON PERSONALIDAD JURIDICA REGISTRADAS DEBIDAMENTE EN LA OFICINA NACIONAL DE ASUNTOS RELIGIOSOS 2001 - 2017)										
	IGLESIA	UBICACIÓN	INFORMACIÓN WEB	INFORMACIÓN TEMPLO	TIPOLOGÍA	ESTILO MUSICAL	SUPERFICIE	NIVELES	ALTURA MÁXIMA INTERIOR	FORMA
			Si/No	Si/No	Reformado/Misionero/Pentecostal	Coro de Voces/Nuevo Congregacional/Glosalálico	A*L (m2 aprox.)	(Cantidad)	h (m aprox.)	Paralelepípedo/Triangular/Irregular
3	IGLESIA EVANGÉLICA EL CONQUISTADOR	CALLE PATRIA VIEJA 9311, LA FLORIDA	Si	Si	Pentecostal	Nuevo Congregacional	352	2	6	Triangular
9	MINISTERIO PROFETICO INTERNACIONAL LA GLORIA POSTRERA	PASAJE LAS NOBELIAS 1943, VILLA LAS ARAUCARIAS	Si	Si	Pentecostal	Nuevo Congregacional	331,25	2	7,5	Triangular
11	IGLESIA INTERNACIONAL DE GUERREROS DE ORACION, CHILE	CALLE MARIA ELENA 1365 - LA FLORIDA	Si	Si	Pentecostal	Nuevo Congregacional	390	1	5	Irregular
16	IGLESIA BIBLICA BAUTISTA RENACER	SANTA VICTORIA 9588	Si	Si	Misionero	Nuevo Congregacional	149.5	1	4	Irregular
22	IGLESIA DE CRISTO EN CHILE	CALLE LOS PIONEROS 069	Si	Si	No Definido	No Definido	70	1	2,3	Paralelepípedo
25	IGLESIA RENACIMIENTO POR EL CAMINO DE LA GRACIA. (IGLESIA RENACIMIENTO)	CALLE PANAMA 8765	Si	Si	No Definido	Nuevo Congregacional	130	1	3,5	Paralelepípedo
31	IGLESIA LA MISION	PASAJE SALAMANCA 6690, VILLA ESPAÑA	Si	Si	Misionero	Nuevo Congregacional	60	1	3	Irregular
34	IGLESIA CRISTIANA EVANGÉLICA VOLVER A VIVIR	AVDA. TRINIDAD 1767 - LA FLORIDA	Si	Si	No Definido	Nuevo Congregacional	96	1	2,6	Irregular
36	IGLESIA CENTRO MISIONERO "LOS DOS OLIVOS"	CALLE SAN PABLO 10808	Si	Si	Misionero	Nuevo Congregacional	1720	1	10	Triangular
48	MINISTERIO DE RESTAURACION INTERNACIONAL - IGLESIA CRISTIANA TU ENLACE FAMILIAR, CONGREGACION TEF	ESTADOS UNIDOS 8646, LA FLORIDA	Si	Si	No Definido	Nuevo Congregacional	431,25	1	5	Irregular
51	MINISTERIO APOSTÓLICO Y PROFETICO RESTAURACIÓN DEL TEMPLO DE JESUCRISTO	PASAJE TURMALINA 10416	Si	Si	Misionero	Nuevo Congregacional	119	1	2,3	Paralelepípedo
55	IGLESIA EVANGÉLICA BAUTISTA EL LIRIO DE LOS VALLES	CALLE LOS VALLES 7751	Si	Si	Misionero	Nuevo Congregacional	170,5	1	5	Triangular
63	MINISTERIO CRISTIANO PENTECOSTAL JESUCRISTO ES MI AMIGO	PASAJE CINCO 4405	Si	Si	Pentecostal	Nuevo Congregacional	105	1	2,5	Paralelepípedo
70	IGLESIA CASA DEL PADRE	AVENIDA ESTADOS UNIDOS 8724	Si	Si	Pentecostal	Nuevo Congregacional	260	1	3	Paralelepípedo
71	IGLESIA MINISTERIOS TIEMPO DE LIBERTAD	AVENIDA VICUÑA MACKENNA 8260	Si	Si	No Definido	Nuevo Congregacional	71,25	1	4	Triangular
72	GENERACION DE FE UNA IGLESIA DE ALCANCE MUNDIAL	CALLE ESTADOS UNIDOS 9061	Si	Si	No Definido	Nuevo Congregacional	170	1	4	Triangular
74	IGLESIA CRISTIANA EVANGÉLICA JESÚS SEÑOR Y REY	AVENIDA DIEGO PORTALES 770	Si	Si	No Definido	Nuevo Congregacional	210	1	4	Irregular

REVERBERACIÓN PARAMÉTRICA
METODOLOGÍA PARAMÉTRICA PARA EL MEJORAMIENTO EN EL ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO DE LOS
TEMPLOS EVANGÉLICOS.

7 7	MINISTERIO TIERRA DE GOSEN	JOSE VICTORINO LASTARRIA 11630	Si	Si	No Definido	Nuevo Congregacional	42	1	4	Irregular
8 0	IGLESIA EVANGELICA PENTECOSTAL LA FLORIDA (IEP)	FRESIA 6891, LA FLORIDA	Si	Si	Pentecostal	Coro de Voces	204	2	6	Irregular
8 1	IGLESIA ADVENTISTA LA FLORIDA	WALKER MARTÍNEZ 320, LA FLORIDA	Si	Si	Misionero	Coro de Voces	237,5	1	6	Triangular
8 4	IGLESIA DEL SEÑOR DE LA FLORIDA	CHAITÉN 8945, LA FLORIDA	Si	Si	No Definido	Nuevo Congregacional	558	1	5	Irregular
8 5	IGLESIA ALIANZA CRISTIANA Y MISIONERA LA FLORIDA	VICUÑA MACKENNA 8866, LA FLORIDA	Si	Si	Misionero	Nuevo Congregacional	324	1	7	Paralelepípedo
8 6	IGLESIA BIBLICA BAUTISTA LA FLORIDA	PERÚ 9065, LA FLORIDA	Si	Si	Misionero	Nuevo Congregacional	204	1	5	Triangular
8 8	IMP LA FLORIDA	AV. MEXICO 9412, LA FLORIDA	Si	Si	Pentecostal	Nuevo Congregacional	340,75	1	5	Irregular
9 1	IGLESIA ISA LA FLORIDA	AV. CENTRAL 250, LA FLORIDA	Si	Si	Misionero	Nuevo Congregacional	209	1	5	Irregular
9 5	IGLESIA FAMILIAR DE ADORACIÓN	GARCÍA HURTADO DE MENDOZA 8240, LA FLORIDA	Si	Si	Misionero	Nuevo Congregacional	99	1	6	Paralelepípedo
9 8	IGLESIA BAUTISTA LA FLORIDA	DON PEPE 103, LA FLORIDA	Si	Si	Misionero	Coro de Voces	178,81	1	6	Triangular
9 9	IGLESIA BAUTISTA GRACIA SOBERANA	WALKER MARTÍNEZ 2295, LA FLORIDA	Si	Si	Misionero	Coro de Voces	250	1	3	Irregular
1 0 0	IGLESIA CRISTIANA PENTECOSTAL GETSEMANI TEMPLO JEHOVA ELOHIM	LOS QUILOS 1213, 213, LA FLORIDA	Si	Si	Pentecostal	Nuevo Congregacional	130	1	6	Triangular
1 0 1	IGLESIA BAUTISTA EL CAMINO	EL DORADO 148, LA FLORIDA	Si	Si	Misionero	Nuevo Congregacional	140	1	6	Triangular
1 0 3	IGLESIA BAUTISTA TRINIDAD	TRINIDAD 1398, LA FLORIDA	Si	Si	Misionero	Coro de Voces	108	1	4	Irregular
1 0 5	IGLESIA CRISTIANA RENACER LA FLORIDA	AVENIDA CENTRAL 248	Si	Si	No Definido	Nuevo Congregacional	220	1	5	Irregular
1 0 6	TEMPLO IGLESIA DULCE REFUGIO	SAN JORGE 135, LA FLORIDA	Si	Si	Pentecostal	Nuevo Congregacional	220	1	7	Irregular
1 0 7	FAMILIA DE DIOS LA FLORIDA	BAHÍA CATALINA 11195, LA FLORIDA	Si	Si	No Definido	Nuevo Congregacional	77	1	2,3	Paralelepípedo

Tabla filtrada por información web e información templo de iglesias de la comuna de Florida

Fuente: Elaboración propia. Información mixta obtenida de la oficina nacional de asuntos religiosos y Google earth como apoyo locativo.

Para los filtros de superficie y altura máxima interior se realizó una categorización en 3 aspectos: Superficie $0 \text{ m}^2 < 150 \text{ m}^2 < 300 \text{ m}^2$, Altura máxima interior $0 \text{ m} < 3 \text{ m} < 5 \text{ m}$. De esto y de la tabla se infiere que:

- Existe mayor número de entidades evangélicas Misioneras en la comuna de la Florida.
- Existe mayor número de iglesias con estilo musical “Nuevo Congregacional”.
- La mayoría de las iglesias posee un solo piso en el templo.

- Mayoritariamente las iglesias poseen de 0 a 150 m².
- Mayoritariamente las iglesias poseen de 3 a 5 m de altura máxima al interior del templo.
- Existe mayor inclinación hacia una forma irregular en la geometría del templo.

Selección

Gracias a estos datos se obtiene que la iglesia que ejemplifica el templo común de iglesias en la florida es **el templo 16. Iglesia bíblica bautista Renacer**, por lo que se convierte en la primera iglesia como templo de estudio para esta investigación.

De la categorización de estilos musicales, se encontraron dos tipos solamente: Nueva congregacional y Coro de voces. Al ser el emisor y el receptor un factor importante para el estudio acústico de templos evangélicos, se emplea este filtro para obtener iglesias distintas que logren ampliar el alcance del estudio. Debido a que la iglesia bíblica bautista Renacer posee un estilo musical Nueva Congregacional, en oposición se busca un templo donde se incorpore música a través de un Coro de voces (multiplicidad de emisores musicales).

La iglesia N°98 Iglesia Bautista La Florida, se presenta como la iglesia más representativa, y distinta a la anterior, dentro de las cinco iglesias que poseen un Coro de voces, por lo que se convierte en la segunda iglesia a utilizar en esta investigación.

Para completar el espectro de recintos que se puedan abarcar en este estudio, se busca una iglesia que posea geometría rectangular (paralelepípedo), una altura igual o inferior a 3 m, y tenga una superficie mayor 300m² (Distinto a las anteriores). Debido a que no hay tal iglesia se disminuye la superficie en el rango de 150m² a 300m². La iglesia que posee estas características es la **N°70, Iglesia Casa Del Padre**, lo que la convierte en la tercera y última iglesia a utilizar para esta investigación.

En conclusión, las 3 iglesias utilizadas para el estudio de acondicionamiento acústico de templos evangélicos son:

IGLESIA	UBICACIÓN	TIPOLOGÍA	ESTILO MUSICAL	SUPERFICIE	NIVELES	ALTURA MÁXIMA INTERIOR	FORMA
		Reformado/Misionero/Pentecostal	Coro de Voces/Nuevo Congregacional/Glosalálico	A*L (m2 aprox.)	(Cantidad)	h (m aprox.)	Paralelepípedo/Triangular/Irregular
IGLESIA BIBLICA BAUTISTA RENACER	SANTA VICTORIA 9588	Misionero	Nuevo Congregacional	149.5	1	4	Irregular
IGLESIA CASA DEL PADRE	AVENIDA ESTADOS UNIDOS 8724	Pentecostal	Nuevo Congregacional	260	1	3	Paralelepípedo
IGLESIA BAUTISTA LA FLORIDA	DON PEPE 103, LA FLORIDA	Misionero	Coro de Voces	178.81	1	6	Triangular

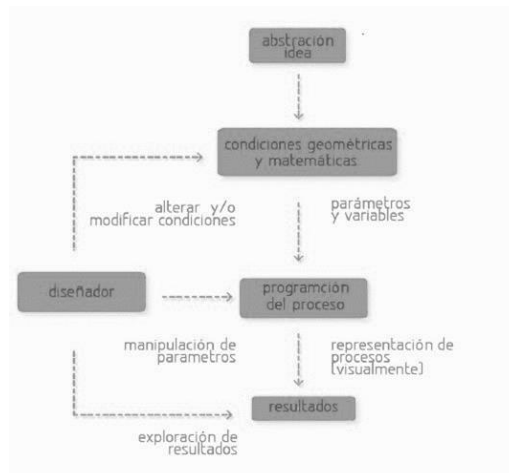
2.4 DISEÑO PARAMÉTRICO

“Se trata de la abstracción de una idea o concepto, relacionado con los procesos geométricos y matemáticos, que permiten manipular con mayor precisión el diseño para llegar a resultados óptimos” (Molinare, A. 2011, s/n). Este se consigue a través de una técnica avanzada de diseño digital, donde el operador **inserta una serie de parámetros en un software especializado**, de esta manera controla diversas propiedades como la altitud, la longitud, la ubicación, la anchura, etc. Gracias a esto, **se pueden crear ilimitados volúmenes geométricos** que transmiten movimiento y fluidez.

Su directa relación con las matemáticas permite obtener resultados precisos, generando formas mediante funciones matemáticas que varían en función de estos parámetros. Es un **diseño dinámico, por tanto, flexible y adaptable a dichos parámetros**, lo que permite una simbiosis entre disciplinas, la cual integra criterios estructurales, sociales, simulaciones de flujo, etc., con la finalidad de que el modelo tridimensional no sea solo una maqueta virtual sino una herramienta capaz de dar información para lograr diseños que proponen **resultados concretos**.

Características:

- **Diseñar un proceso:** se desarrolla una variedad de relaciones matemáticas y geométricas creando algoritmos, los cuales nos permiten explorar más de un resultado, con ciertas premisas de diseño establecidas previamente.
- **Relacionar variables (parámetros):** Teniendo un proceso de diseño y no una forma preestablecida se pueden manipular sus variables y propiedades, las cuales pueden ser modificadas en tiempo real, y así variar resultados.
- **Resultados paramétricos a condiciones establecidas previamente:** A partir del diseño paramétrico se puede generar diseños inteligentes y/o responsivos estableciendo un criterio de diseño (exploración de formas), permitiendo adaptarse a cualquier situación, contexto, tectónico, etc.
- **Fabricación digital:** este tipo de diseño permite integrar la fabricación digital directamente al diseño, ya que se integra la producción digital por medio de máquinas de control numérico o impresoras 3D.



2.4.1 HERRAMIENTA INVESTIGATIVA DE MODELACIÓN

RHINOCEROS / GRASSHOPPER

Por lo general, los softwares que se implementan para la modelación avanzada en 3D y diseño paramétrico son **Rhino** y **Grasshopper**, entre otros.



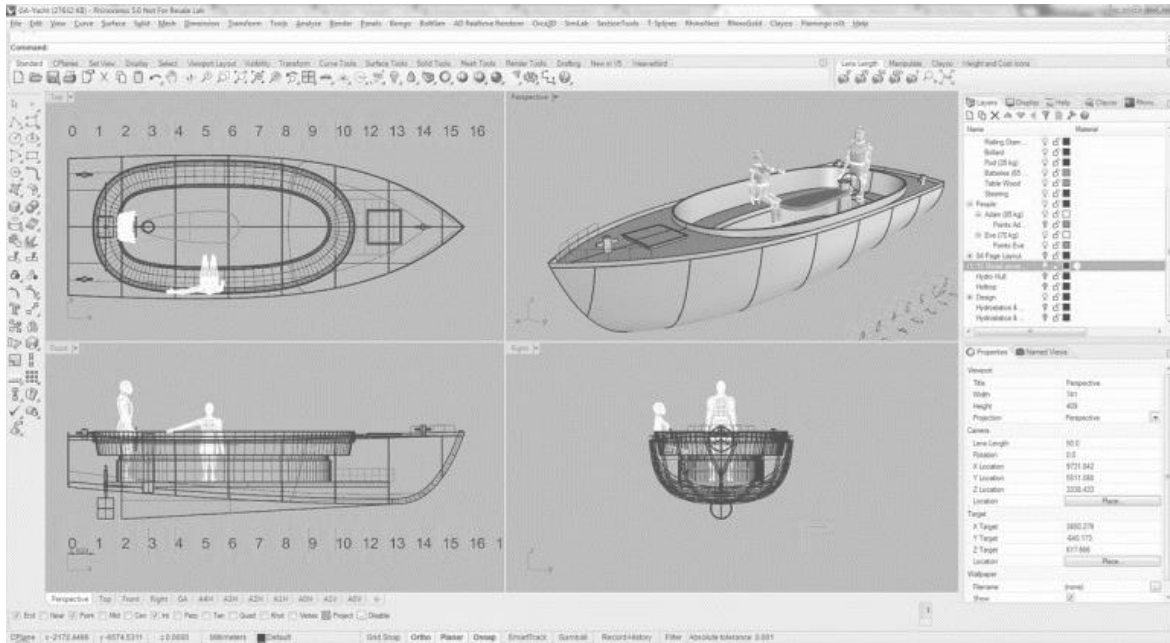
Rhino es un software orientado al **diseño basado en la geometría de modelado**. Su función principal es la de facilitar todas las herramientas posibles para la generación de geometría digital de un modo intuitivo. Se utiliza en una variedad de industrias: desde la construcción naval hasta el diseño mecánico, pasando por el diseño industrial. Aunque es cierto afirmar que es en la **industria del diseño** donde ha encontrado un lugar privilegiado debido, sobre todo, al **poderoso motor de programación que contiene**, así como a los **plugins adicionales** que permiten una amplia gama de diferentes tipos de geometría digital y diversas orientaciones en sectores diferenciados y especializados. En el caso de Rhino, los tipos de geometría que utiliza se definen por su descripción matemática en el ordenador, por lo que la elección del tipo de geometría correcta es, en este programa, de una importancia fundamental al enfrentarse con el diseño. Rhino es compatible con los dos tipos de geometría principales: Brep y NURBS.

Los Brep y NURBS son los dos tipos de geometría estándar utilizados en el diseño debido a que permiten una descripción matemática exacta de las formas y, en el caso de NURBS, por la posibilidad que brinda de crear formas complejas. Algunos elementos que son influenciados por la descripción matemática son:

- La **precisión de la geometría** (importante para la fabricación)
- Las **formas** que pueden generar, por ejemplo, superficies de doble curvatura, panelización de planos, etc.
- La **capacidad para ajustar** la forma, ya que al trabajar con el software paramétrico los elementos quedan vinculados permitiendo modificaciones según las variables en tiempo real a la forma.
- El **flujo de trabajo** de la generación de las formas, debido a los plugins que permiten calcular y actualizar la forma dependiendo de la performance de los elementos evaluados.

La descripción matemática de la geometría define el flujo de trabajo sobre cómo generar geometría 3D en el ordenador. En su mayor parte, tanto en la interfaz como en el funcionamiento interno, **Rhino es similar a los diferentes softwares** que utilizan este tipo de geometría. Esto significa que, si se está utilizando cualquier otro programa de generación geométrica, en Rhino se encontrará una apariencia similar y todo resultará familiar.

REVERBERACIÓN PARAMÉTRICA
METODOLOGÍA PARAMÉTRICA PARA EL MEJORAMIENTO EN EL ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO DE LOS
TEMPLOS EVANGÉLICOS.



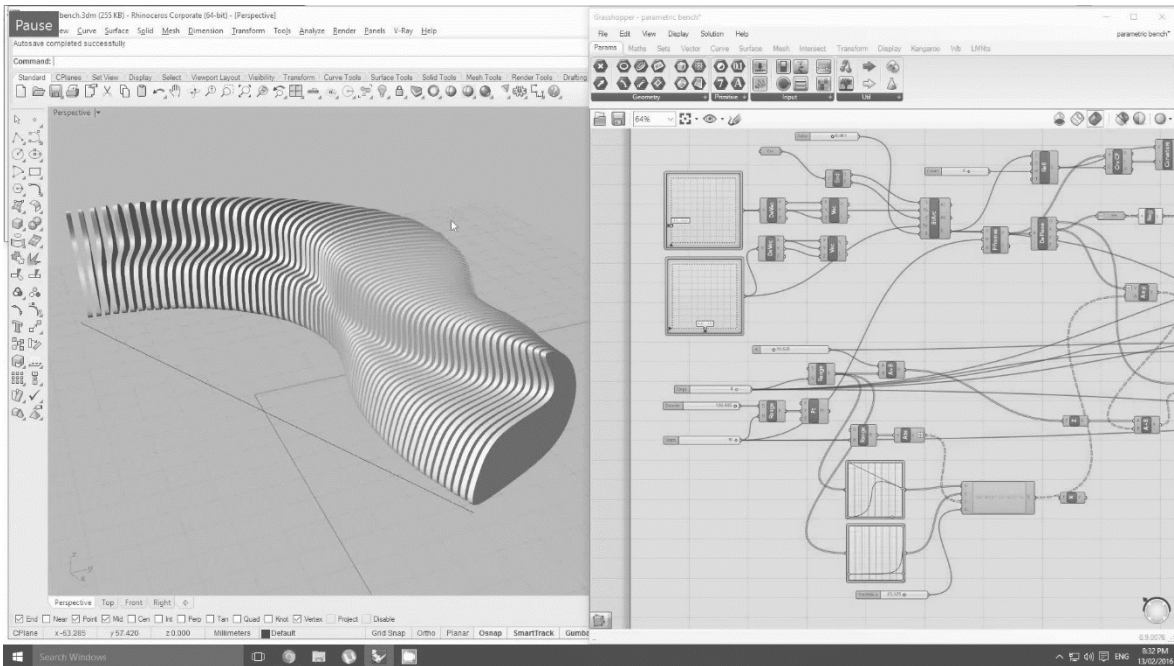
Ejemplo software Rhinoceros en uso.

Uno de los plugins que ha tenido mayor impacto y ha conseguido proyectar a Rhinoceros a la vanguardia del software de diseños es, sin duda, **Grasshopper, orientado al diseño arquitectónico** de cualquier tipo de proyecto: construcción no residencial, viviendas tradicionales, casas prefabricadas, etc.

Grasshopper, plugin gratuito, ha sido desarrollado para hacer frente a la falta de apoyo paramétrico existente en Rhinoceros. La solución consiste en generar un entorno de programación visual que permite al usuario tener un **amplio control sobre las relaciones entre los objetos y sus parámetros**. Esto es de suma importancia para el diseño ya que permite al usuario generar rápidamente diferentes variaciones del diseño sin tener que construir cada elemento y ajustarlo desde cero para crear relaciones complejas entre los objetos. Por poner un ejemplo: digamos que tenemos, en un entorno de diseño, una ventana en una pared; si movemos la ventana, el agujero de la pared también deberá moverse y no quedarse en su ubicación original. Ventana y agujero son dos objetos diferentes, pero cuando están vinculados paramétricamente, el ordenador *comprende* que el agujero de la pared está vinculado a la ventana y que, por lo tanto, se moverán juntos.

Este principio de la creación de las relaciones entre los objetos y sus parámetros puede apoyar eficazmente la **búsqueda de encontrar mejores soluciones para las complejas relaciones entre los objetivos y las limitaciones que encontramos en el diseño arquitectónico**. Estudios afamados de arquitectura como "Unstudio" y "Zaha Hadid" están utilizando Rhinoceros y Grasshopper en su proceso de diseño

REVERBERACIÓN PARAMÉTRICA
METODOLOGÍA PARAMÉTRICA PARA EL MEJORAMIENTO EN EL ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO DE LOS
TEMPLOS EVANGÉLICOS.



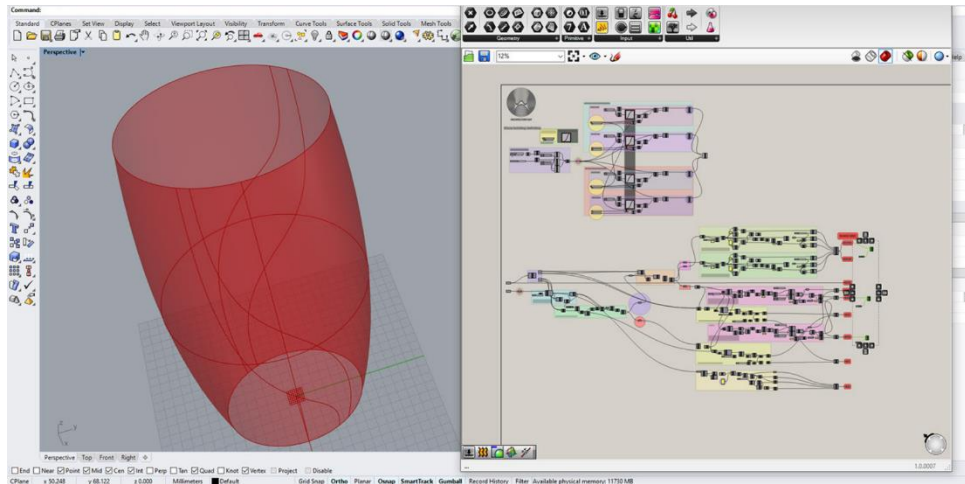
Ejemplo software Rhinoceros y Grasshopper en uso.

A modo de ejemplo se muestra la torre **Leeza SOHO** diseñada **por Zaha Hadid Architects**, rascacielos en Pekín, China en el 2019. Ilustrada por la asociación de arquitectos “*Architecture Way*” donde ejemplifican la creación de esta torre utilizando principalmente los softwares Rhinoceros y Grasshopper.

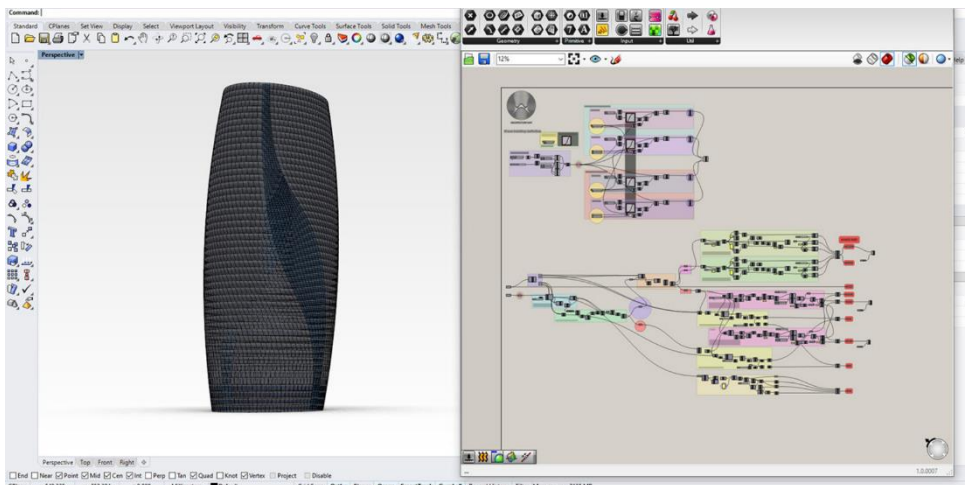


Torre Leeza SOHO (2019), Pekin, China. Zaha Hadid Architects.
Fuente: Galería Architecture Way

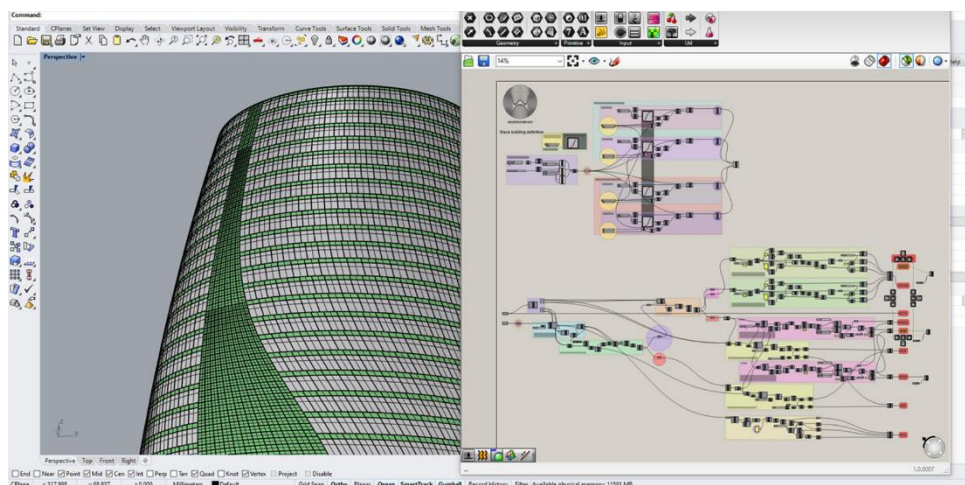
REVERBERACIÓN PARAMÉTRICA
METODOLOGÍA PARAMÉTRICA PARA EL MEJORAMIENTO EN EL ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO DE LOS
TEMPLOS EVANGÉLICOS.



Proceso de creación en Rhino y Grasshopper de la Torre Leeza SOHO, China.
Fuente: Galería Architecture Way

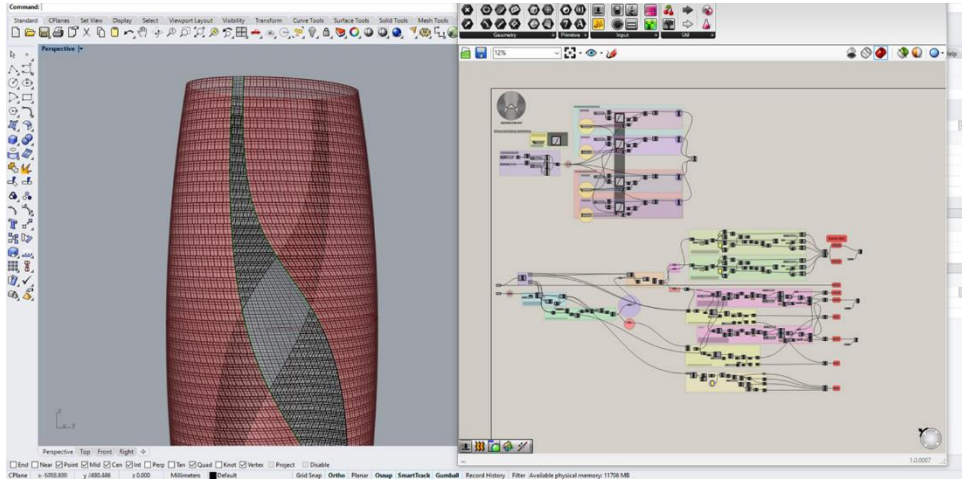


Proceso de creación en Rhino y Grasshopper de la Torre Leeza SOHO, China.
Fuente: Galería Architecture Way



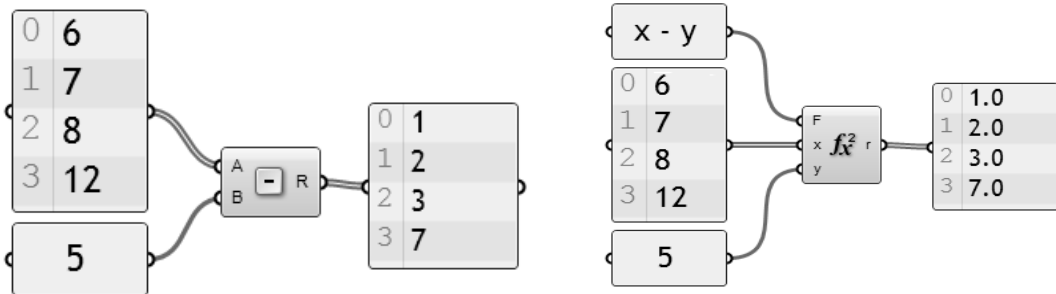
Proceso de creación en Rhino y Grasshopper de la Torre Leeza SOHO, China.
Fuente: Galería Architecture Way

REVERBERACIÓN PARAMÉTRICA
METODOLOGÍA PARAMÉTRICA PARA EL MEJORAMIENTO EN EL ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO DE LOS
TEMPLOS EVANGÉLICOS.



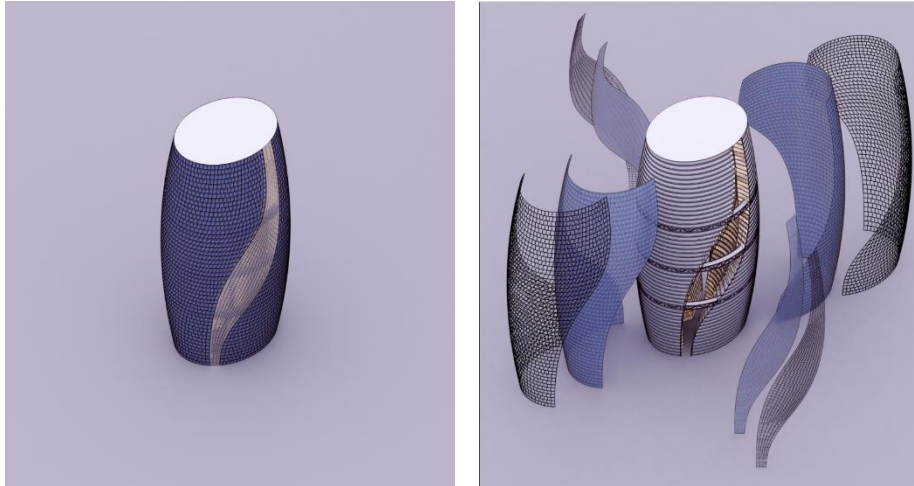
Proceso de creación en Rhinoceros y Grasshopper de la Torre Leeza SOHO, China.
Fuente: Galería Architecture Way

Este proyecto de *Zaha Hadid Architects* modelado por *Architecture Way* muestra de manera muy simplificada **la forma de proceder durante la creación del modelo** utilizando parámetros precisos a través del software Grasshopper, cuya principal **interfaz para el diseño de algoritmos es el editor basado en nodos**. La información, va de componente en componente por medio de cables que conectan salidas con entradas, puede ser también definida de manera local como una constante, y puede ser importada desde un documento existente de Rhinoceros.



Ejemplos de interfaz de componentes utilizados en Grasshopper
Fuente: Google imágenes

Diseñando una específica y completa cantidad de parámetros a través de esta interfaz de nodos, se puede genera un modelo paramétrico de fácil acceso, que posee la **calidad de ser modificada a voluntad alterando alguno de estos parámetros**. Luego de realizar los cambios necesarios, se exporta la creación de manera real al software Rhinoceros dejando sus componentes registrados en la interfaz del software, de este modo, completar el diseño del modelo con las herramientas que ofrece Rhinoceros.



Proceso de visualización del modelo en Rhinoceros de la Torre Leeza SOHO, China.
Fuente: Galería Architecture Way

El uso de Grasshopper **no necesita conocimientos ni experiencia previa** en programación o scripting para poder trabajar de forma generativa y paramétrica, lo que **simplifica la cantidad de tiempo invertido** en aprender el programa, y **aumenta las posibilidades de la creación de variados modelos** para las etapas posteriores de comparación acústica de los recintos. Esto hace de Rhinoceros y Grasshopper los **softwares principales de modelación para esta investigación** en particular. Además, posee las cualidades de ser **compatible con el software de modelación acústica Pachyderm** considerado en el capítulo siguiente de esta investigación.

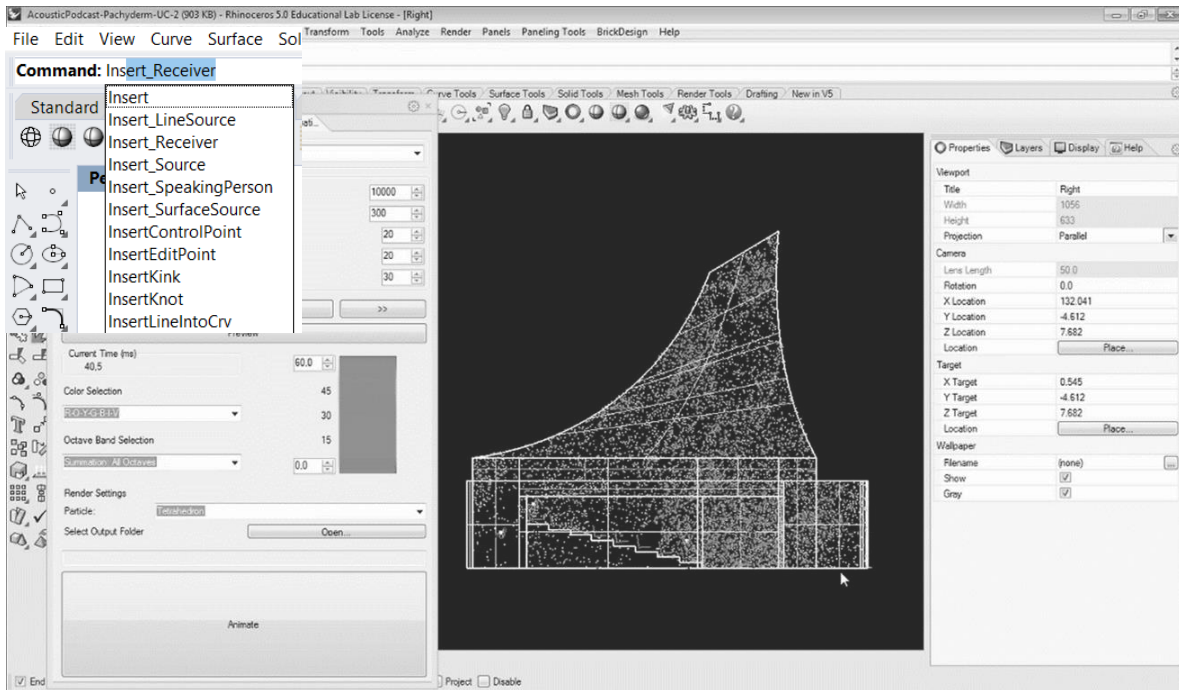
2.4.2 HERRAMIENTA INVESTIGATIVA DE ACÚSTICA

PACHYDERM ACOUSTIC SIMULATION

Pachyderm Acoustic Simulation, Plugins nuevo y gratuito de **Rhinceros y Grasshopper**, es una colección de **algoritmos de simulación acústica** que se pueden utilizar para predecir el ruido, visualizar la propagación del sonido y escuchar críticamente los espacios diseñados.

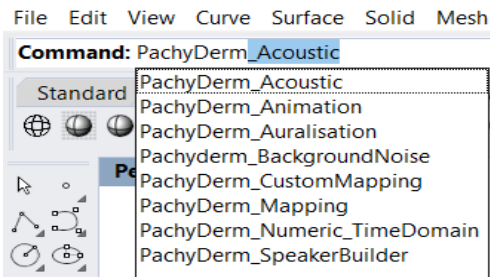


El software *Pachyderm* selecciona técnicas de simulación nuevas y antiguas en acústica física, al tiempo que ayuda a profesionales y estudiantes a comprender el papel del sonido en el entorno construido.



Ejemplo software Rhinceros y Pachyderm en uso.

Luego de generar un modelo en Rhinceros que esté cerrado correctamente, se inserta uno o varios emisores y recetores, estos serán fundamentales para generar una acústica en el recinto modelado. Se selecciona la opción en *Command* y se inserta dentro del modelo directamente, los cuales recibirán un numero dependiendo el orden de incorporación al modelo.

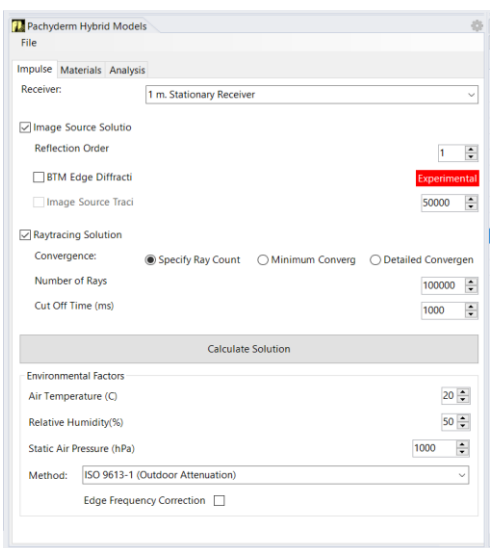


Imágenes del programa Pachyderm Acoustic Simulation
Fuente: Elaboración propia

Una vez insertado un receptor y un emisor al menos, se introduce el nombre en *Command* y se despliega una serie de alternativas las cuales están sujetas a *Pachyderm Acoustic*.

Estas alternativas acústicas permiten visualizar el sonido por medio de una animación, mapear zonas de ruido, escuchar el sonido interior, etc.

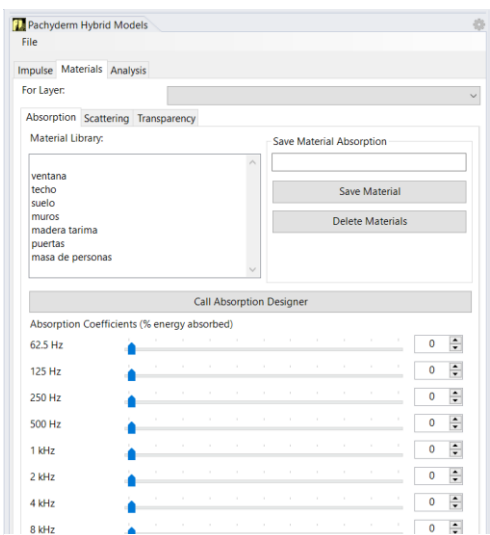
La ventana principal de *Pachyderm Acoustic* despliega una serie de datos a ingresar necesarios para la obtención de cálculos acústicos.



Imágenes del programa Pachyderm Acoustic Simulation
Fuente: Elaboración propia

Posee 3 pestañas incluidas en la ventana: la primera es el impulso que estimula la llegada auditiva del receptor en el espacio creado, así como la cantidad de rayos necesarios para realizar la convergencia y traducirlos a datos acústicos.

Luego de insertar los datos necesarios en la ventana, se escoge el tipo de resolución de rayos con el que se quiera trabajar en el recinto modelo. *Pachyderm* otorga tres alternativas: *Specific Ray Cut*, el cual permite ingresar el número de rayos según cada proyecto; *Minimum Conver* y *Detailed Convergen*, los cuales son estimaciones que el software realiza según cada proyecto.

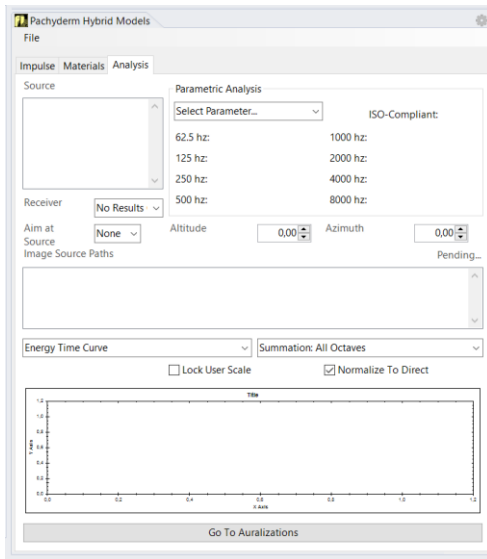


Imágenes del programa Pachyderm Acoustic Simulation
Fuente: Elaboración propia

La segunda pestaña muestra los materiales y sus características acústicas que deben tener para la medición de variables en la convergencia.

Idealmente en el modelo en *Rhinoceros*, se separan las materialidades por *Layers* (capas) las cuales serán ingresadas en el compartimiento "For Layer" y posteriormente, se le asignara un material disponible en la pestaña de librería de materiales. En caso de no estar el material requerido, se añade un nuevo material y se ingresan los datos de absorción, dispersión y transparencia en cada banda acústica (62.5Hz...8KHz).

REVERBERACIÓN PARAMÉTRICA
METODOLOGÍA PARAMÉTRICA PARA EL MEJORAMIENTO EN EL ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO DE LOS
TEMPLOS EVANGÉLICOS.



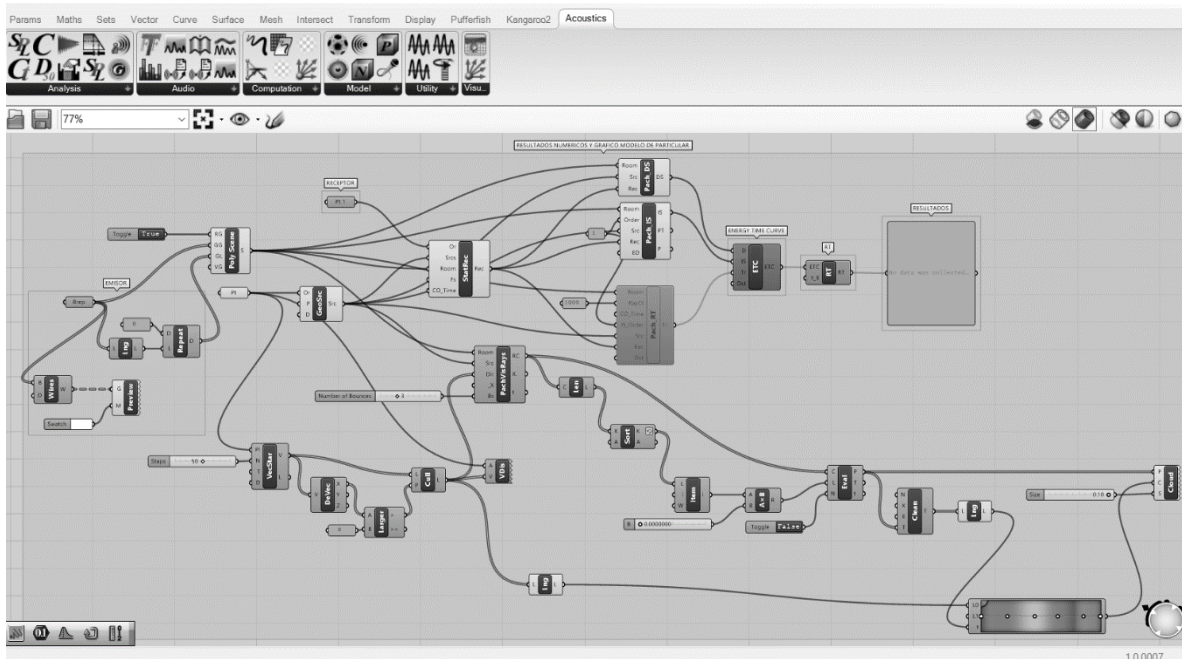
Parametric Analysis
Select Parameter...
Early Decay Time
T-15
T-30
Center Time (TS)
Clarity (C-50)
Clarity (C-80)
Definition (D-50)
Strength/Loudness (G)
Sound Pressure Level (SPL)
Initial Time Delay Gap (ITDG)
Speech Transmission Index (Exp)
Modulation Transfer Index (MTI)
Lateral Fraction (LF)
Lateral Efficiency (LE)
Echo Criterion (Music, 10%)
Echo Criterion (Music, 50%)
Echo Criterion (Speech, 10%)
Echo Criterion (Speech, 50%)

La tercera pestaña corresponde a la representación del análisis realizado en la pestaña impulse. El emisor o *source* se verá en su respectivo rectángulo, así como el receptor que se asigne visualizar.

El tipo de resultados se escoge en *Parametric Analysis* y serán visualizados, debajo de la selección, numéricamente por bandas de sonido, y gráficamente en la parte inferior de la pestaña en un gráfico lineal (*Energy Time Curve E.T.C.*) seleccionando la banda acústica que se desea ver o en su defecto, de su conjunto total.

Imágenes del programa Pachyderm Acoustic Simulation
Fuente: Elaboración propia

En *Grasshopper*, el software funciona de manera similar. Se insertan las baterías o componentes necesarios que logren llegar a los resultados a través de un panel de datos y/o se logra visualizar el movimiento de partículas de sonidos en su distribución por el espacio dentro del modelo. *Pachyderm* es un *plugin* de *Rhinoceros* al igual de *Grasshopper*, por lo que al descargar he instalar, GH asimila los componentes de *Pachyderm* en una pestaña acústica de forma inmediata.



Imágenes del programa Pachyderm Acoustic Simulation en GH: conjunto de componentes para el cálculo número y visualización de partículas del recinto modelado
Fuente: Elaboración propia

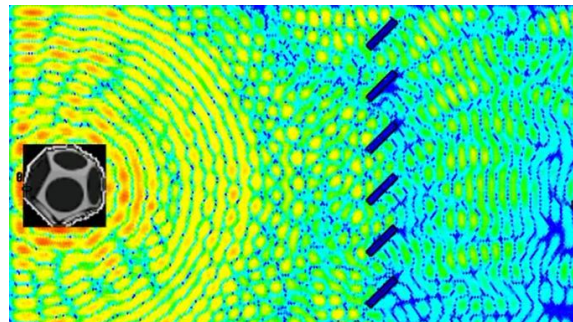
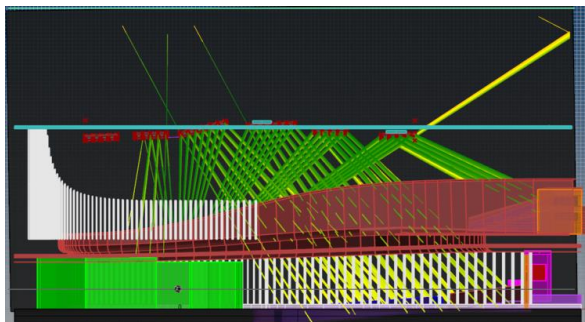
A continuación, se mostrarán algunos **ejemplos** y posibilidades donde se puede utilizar el software Pachyderm, obtenidos de la página oficial del software orase.org. La página contiene ejemplos prácticos que demuestran cómo ORASE emplea la ciencia para servir a las artes y al bien público en general utilizando los softwares *Pachyderm Acoustical Simulation* y ORASE.

Proyecto: Escuela de música de la Universidad Texas A&M, Kingsville, TX (2019)

Se exploraron varias innovaciones clave en el entorno de Pachyderm, incluida la geometría de la sala y una configuración para rejillas de madera verticales que minimiza el impacto del acabado de madera en la acústica de la sala. y el rendimiento de acabados absorbentes ajustables como cortinas.



Imágenes de la Universidad de Texas A&M, Kingsville, TX, 2019.
Fuente: Página oficial del programa "Orase.org"

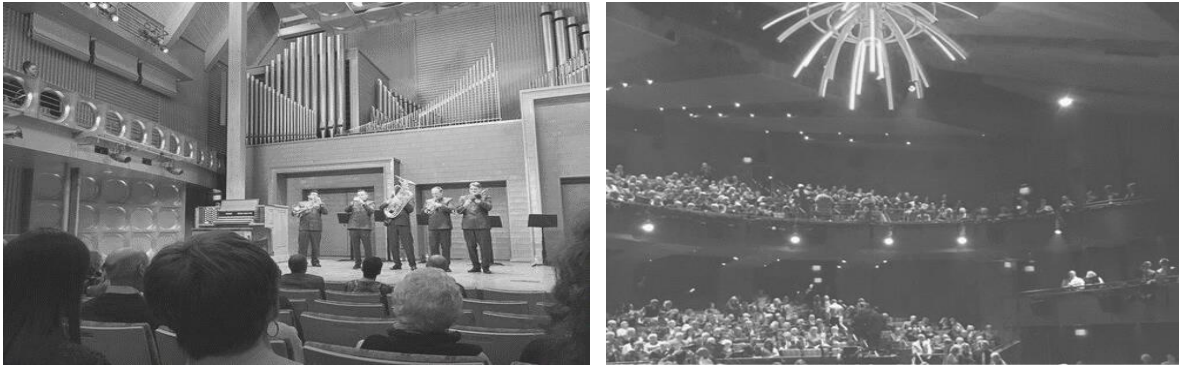


Imágenes del programa Pachyderm Acoustic Simulation que muestran las ondas sonoras de distintas maneras dentro del recinto de la Universidad de Texas A&M, Kingsville, TX, 2019.
Fuente: Página oficial del programa "Orase.org"

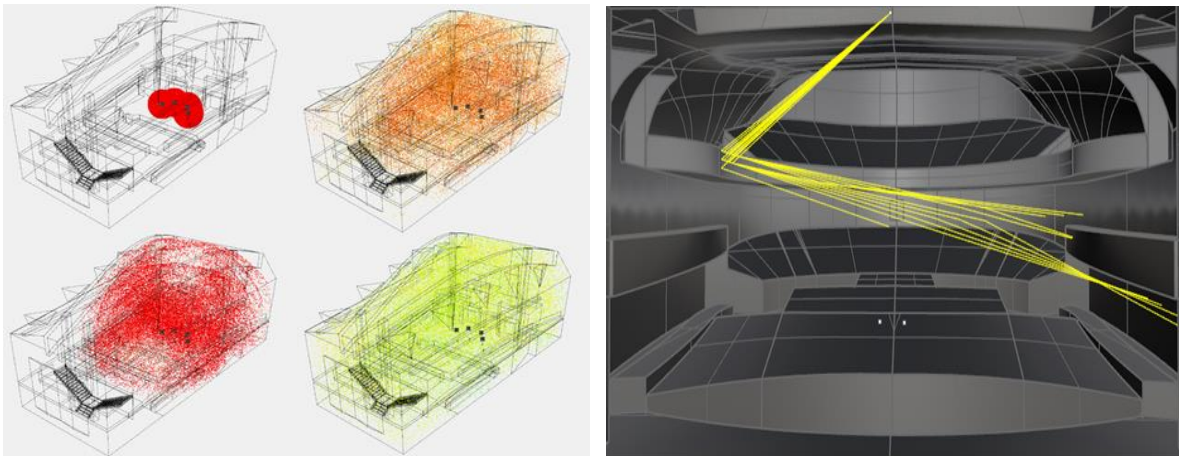
Proyecto: Escuela de música de la Universidad estatal de Dakota del sur

La Fase II de la Escuela de Música de la Universidad Estatal de Dakota del Sur en Brookings Dakota del Sur se inauguró en 2018. Se utilizó Pachyderm para **diseñar la forma de la sala y la articulación de la superficie en la nueva sala de recitales y espacios de teatro.**

REVERBERACIÓN PARAMÉTRICA
METODOLOGÍA PARAMÉTRICA PARA EL MEJORAMIENTO EN EL ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO DE LOS
TEMPLOS EVANGÉLICOS.



Imágenes de la Escuela de Música de la Universidad Estatal de Dakota del Sur en Brookings Dakota del Sur, 2018.
Fuente: Página oficial del programa "Orase.org"



Imágenes del programa Pachyderm Acoustic Simulation que muestran las ondas sonoras de distintas maneras dentro del recinto de la Escuela de Música de la Universidad Estatal de Dakota del Sur.
Fuente: Página oficial del programa "Orase.org"

Proyecto: Recinto cultural Melbourne Southbank por Arm Architects y Kirkegaard Associates

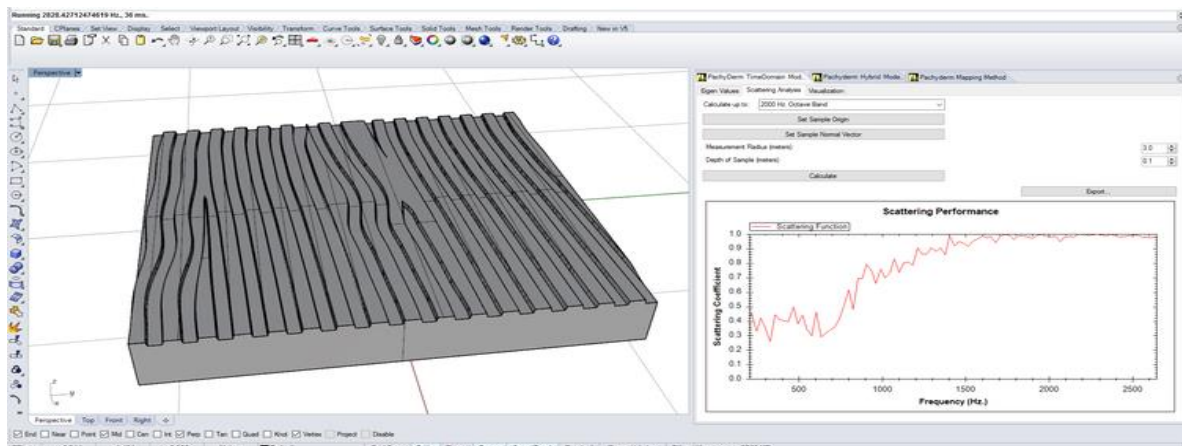
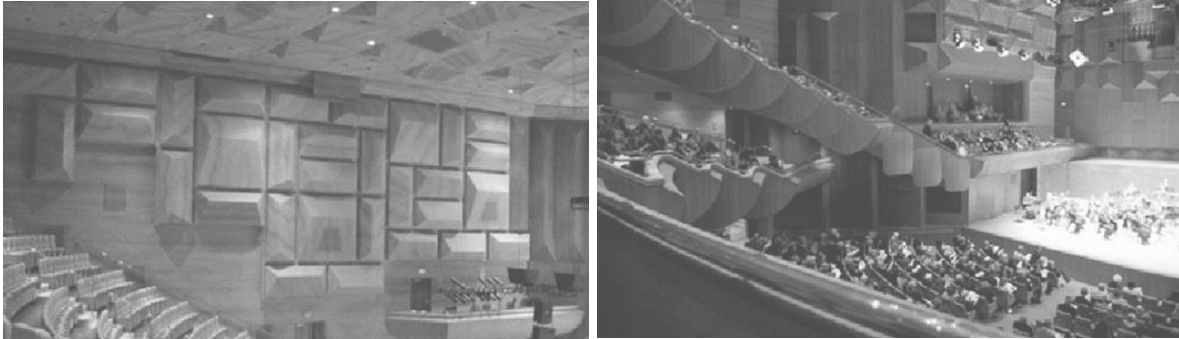
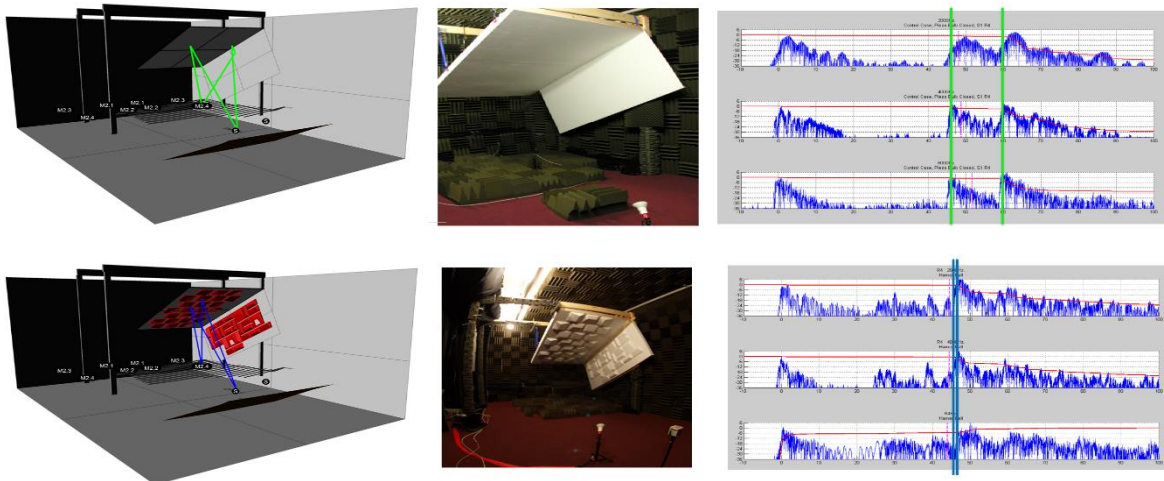


imagen del programa Pachyderm Acoustic Simulation y Rhinoceros que muestra un material y sus características acústicas, utilizado dentro del recinto.
Fuente: Página oficial del programa "Orase.org"

Pachyderm Acoustical Simulation se utilizó en la búsqueda de un fenómeno acústico en el auditorio original de Melbourne Southbank, Australia en 2010. En el balcón superior, la música sonaba con dureza. La característica más distintiva de la habitación son los elementos de hormigón cristalino en las paredes laterales superiores. Para **determinar si los cristales eran parte de este fenómeno, se utilizó *Pachyderm Acoustical Simulation*** en una serie de estudios. Una parte de la habitación se modeló en Rhinoceros y se construyó a escala 1:10 utilizando espuma sellada con yeso y pintura. Los cálculos de la fuente de imagen realizados en *Pachyderm Acoustical Simulation* se **compararon con las medidas de respuesta al impulso** tomadas en la maqueta de la escala. Con estos datos, los consultores pudieron recomendar un tratamiento selectivo de frecuencia para las paredes laterales.



Imágenes del Recinto cultural Melbourne Southbank, Australia en 2010.
Fuente: Página oficial del programa “Orase.org”



imágenes del programa Pachyderm Acoustic Simulation y Rhinoceros que muestra materiales y sus características acústicas, utilizados en muros y paredes dentro del recinto.
Fuente: Página oficial del programa “Orase.org”

3 METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

En este capítulo se explicará la **metodológica** del trabajo investigativo, de manera ordenada y sistemática para llevar a cabo los distintos objetivos planteados al inicio de la investigación. De esta manera se plantean 7 pasos a seguir que ayuden a proyectar, simular y evaluar de manera más eficiente un mejoramiento en la acústica de los templos evangélicos.

3.1 PASO A PASO

1. Realizar una **recopilación de datos** básicos de datos para cada una de las iglesias seleccionadas con anterioridad, a través de las plataformas oficiales de cada una de las iglesias, y en contacto con un representante dispuesto a colaborar. Datos por recopilar:
 - Medir volumen del interior del recinto
 - Materialidad en muros, suelo y cielo del recinto
 - Vanos presentes en el interior del recinto
 - Capacidad de personas / Número de participantes
 - Instrumentos musicales / Cantidad de músicos
 - Posición espacial del(los) emisor(es) y receptores
2. Con estos datos particulares se puede **obtener el tiempo de reverberación** que posee la sala con la fórmula de Sabine, que se encuentra descrita en el libro de acústica de Carrión, A. 1998, *“Diseño acústico de espacios arquitectónicos”*. Con esto analizar que variables se podrían reconfigurar para cambiar los tiempos de reverberación.

$$RT = 0,161 \frac{V}{A_{tot}} \text{ (en segundos)}$$

donde:

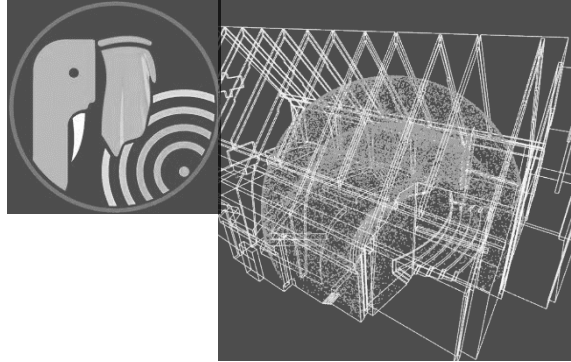
V = volumen del recinto (en m³)

A_{tot} = absorción total del recinto (definida seguidamente)

3. Llevar los datos recopilados al **software de modelación 3D** Rhinoceros / Grasshopper, para visualizar de manera digital los diferentes recintos.

4. **Evaluar y experimentar** las distintas variables que se le pueden otorgar a cada recinto en un **software de digitalización acústica**, interviniendo cada modelo hasta llegar al tiempo de reverberación óptimo para las funciones musicales del culto evangélico y exposición oral. Software acústico:

- Pachyderm – Rhinoceros y Grasshopper



5. Elaborar una **estrategia de intervención** para determinar las distintas posibilidades acústicas que podrían generarse en cada situación.
6. **Desarrollar una serie experimental** que permita la potencial comparación de los resultados dispuestos en el paso anterior, y así determinar la mejor opción acústicamente óptima.
7. Generar un **prototipo de fabricación digital** confeccionado al templo evangélico de manera paramétrica, obtenido de experimentación acústica, que funcione de manera **adaptable a las distintas solicitudes acústicas** de los distintos templos evangélicos.

4 EXPERIMENTACIÓN

4.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se abordará el proceso de experimentación, comenzando por la **obtención de variables acústicas del modelo de prueba** elaborado en el capítulo anterior: 2.3.3 “Acondicionamiento acústico de templos evangélicos” (Iglesia Tipo). De esta manera, **reconocer las características que el software acústico ofrece** dependiendo de cada recinto que se le asigne.

Luego se continuará con la **modelación y experimentación de cada una de las iglesias seleccionadas** de la comuna de la Florida, y se ejecutará el proceso de **obtención de datos acústicos** a través del software, para conocer el estado actual de su acústica espacial. De esta manera, se obtienen estadísticas base **que buscarán ser alteradas a través de una serie de modificaciones espaciales por medio de la experimentación prototipada** posteriormente, cuya intención será la de mantener activa una acústica óptima para sostener actividades opuestas acústicamente: exposición oral y actividad musical.

4.2 OBTENCIÓN DE DATOS IGLESIA TIPO

En el capítulo 2.3.3 Acondicionamiento acústico de templos evangélicos, se explica la importancia del diseño espacial de un recinto para la obtención de variables acústicas como el tiempo de reverberación (RT), el cual es una variable decisiva a la hora de categorizar un recinto según su tipo de actividad. Resumiendo, **si el recinto se utiliza para la exposición oral, el tiempo de reverberación RT_{mid} debe ser del orden de 1s aproximadamente, mientras que para música tiene que estar situado alrededor de 2s aproximadamente.**

A través del **cálculo de RT de una iglesia tipo** con la fórmula de Sabine expuesta en el capítulo 2.3.1.3 Tiempo de reverberación, en un recinto de “iglesia tipo” modelado en el software *Rhinoceros*, se obtuvieron los siguientes resultados:

$$RT_{150} = 1,13 \text{ s}$$

$$RT_{250} = 1,23 \text{ s}$$

$$RT_{500} = 1,23 \text{ s}$$

$$RT_{1000} = 0,82 \text{ s}$$

$$RT_{2000} = 0,69 \text{ s}$$

$$RT_{4000} = 1,03 \text{ s}$$

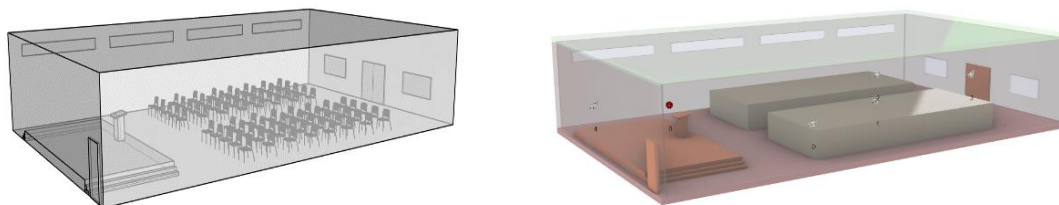
$$RT_{mid} = 1,02 \text{ s}$$

Los resultados indican que el RT_{mid} se inclina significativamente a 1s, lo que catalogaría al recinto en la descripción de “sala de conferencias”.

A continuación, se dará a conocer el **proceso y los resultados de la experimentación del recinto tipo** en el software acústico *Pachyderm*, de esta manera obtener los análisis para distintos emisores dentro del recinto: Persona exponiendo y banda sonora.

Pachyderm Acoustic Simulation

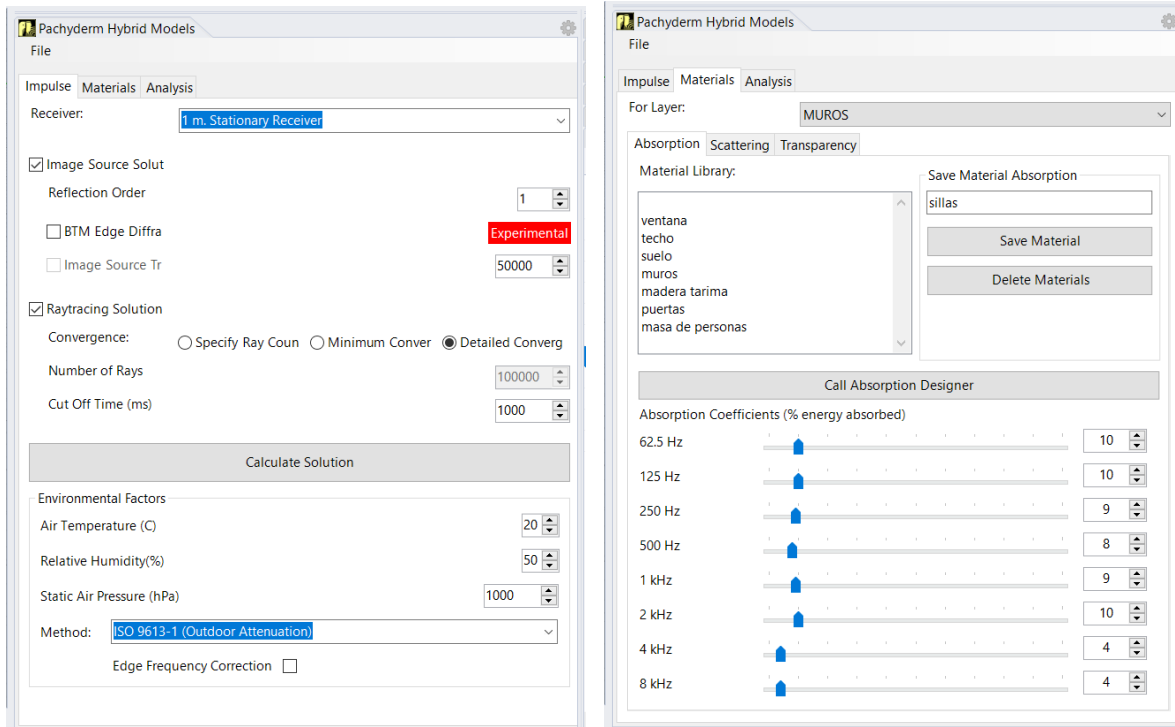
Al descargar e instalar el plugins *Pachyderm Acoustic Simulation* para *Rhinoceros*, se realizó una serie de modificaciones al recinto tipo modelado anteriormente debido a las exigencias que necesitaba para efectuar los datos necesarios.



Ejemplo de iglesia tipo de geometría en paralelepípedo e iglesia tipo con materialidades definidas respectivamente.
Fuente: Elaboración propia, Software *Rhinoceros*.

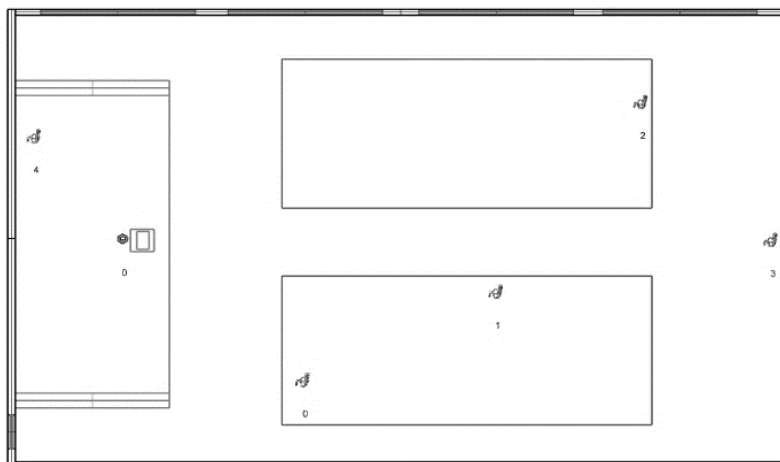
Se añadieron superficies con espesores y materialidades definidas, y se configuró el espacio del público como un volumen general que contuviera las características de una audiencia en sus asientos.

Se configuró la elección de una conversión detallada para la obtención de cálculos más precisos, comprobado en 3 ocasiones con diferencias mínimas que bordeaban los 0.01s aproximadamente. Además, **se insertaron los datos de absorción y dispersión** en la pestaña de materiales para cada una de las superficies del modelo, según los materiales descritos en el capítulo 2.3.3 Acondicionamiento acústico de templos evangélicos (iglesia tipo). Con esto, se generaron nuevos materiales, listos para ser utilizados en la convergencia de datos.



Imágenes del programa Pachyderm Acoustic Simulation. Datos para la Iglesia tipo.
Fuente: Elaboración propia

Se incorporó **un emisor** de banda sonora en el espacio del púlpito y **5 receptores** distribuidos en el espacio interior del recinto como se muestran en la siguiente imagen.

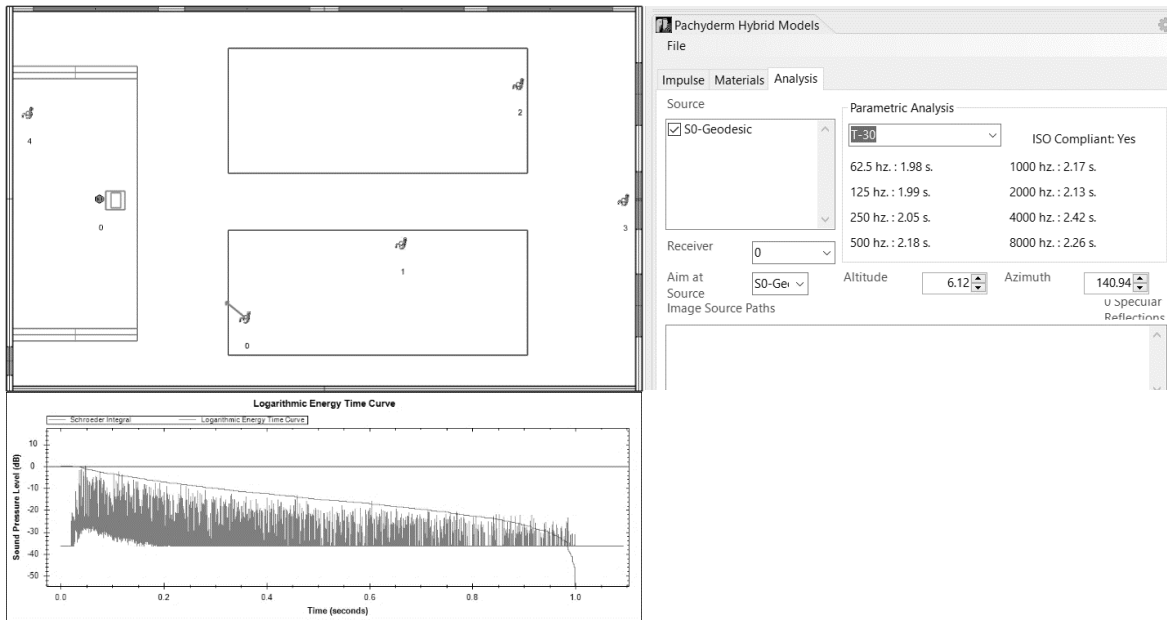


Planta iglesia tipo con emisor (0) y 5 receptores distribuidos del 0 a 4.
Fuente: Elaboración propia

Luego de realizar el cálculo de convergencia, **se configuró el análisis paramétrico para que se visualizara el tiempo de reverberación RT**, el cual determina, en mayor grado, el estado espacial acústico del recinto. De esta manera se catalogará el recinto dentro de las dos actividades predispuestas en esta investigación.

Resultados:

- **Receptor 0**



Planta iglesia tipo obtenida del software Rhinoceros e Imágenes del programa Pachyderm Acoustic Simulation con los resultados del RT para el receptor 0.

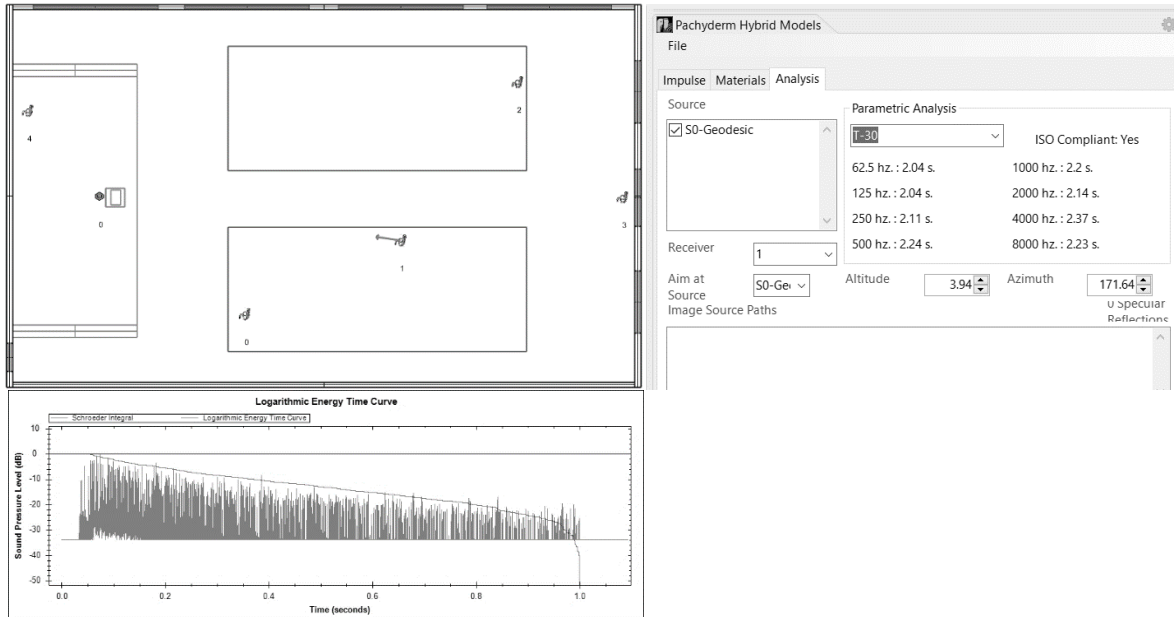
Fuente: Elaboración propia

El Receptor 0, arrojó tiempos reverberación de 1.98s para la banda acústica más baja (62.5Hz) y 2.26s para la banda acústica más alta (8KHz). Se Logra una curva suave y continua en la gráfica de *Energy Time Curve* (E.T.C.) lo que corrobora que los datos obtenidos sean legítimos.

Como se explicó en el capítulo anterior 2.3.1.3 Tiempo de reverberación, el RT_{mid} es el promedio aritmético de banda entre los 500Hz y los 1KHz, el cual se determina como valor único para un recinto. **En este caso, para el receptor 0, el RT_{mid} sería 2,17s.**

Luego de obtener todos promedios de RT_{mid} para cada receptor, se realizará un promedio general el cual presentaría un valor estimado de RT del recinto completo. Cabe mencionar que mientras más receptores se tengan presentes en el modelo, mayor será la aproximación real del tiempo de reverberación para el recinto. En este caso, debido a las dimensiones del recinto, se estimó un total de 5 receptores como sujetos de prueba suficiente para determina un adecuado RT.

• **Receptor 1**

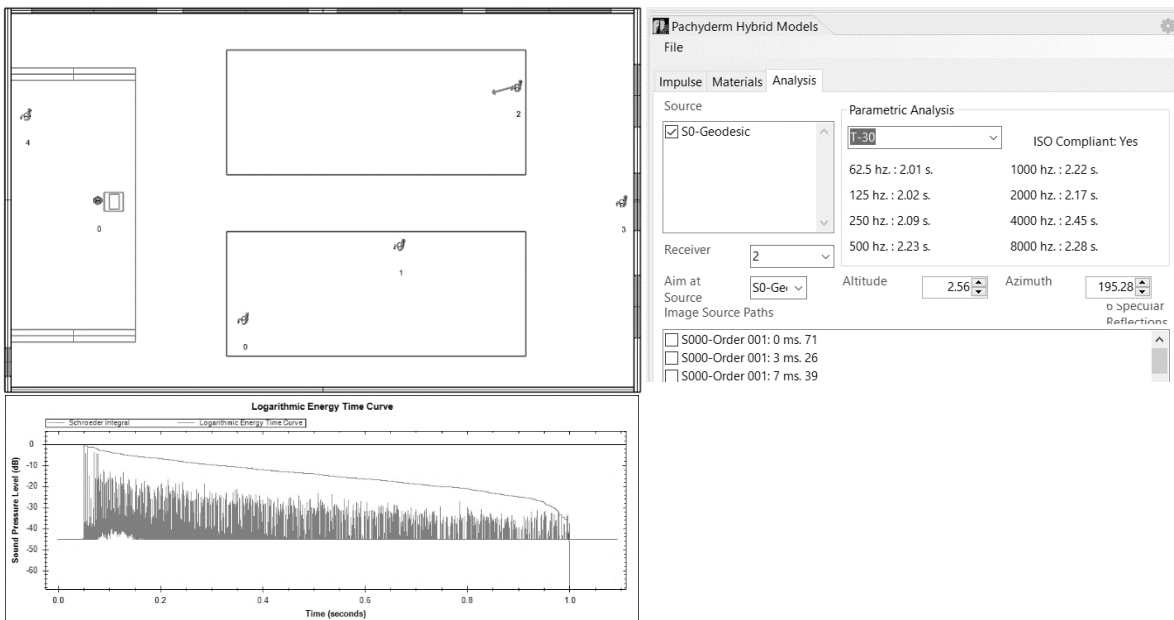


Planta iglesia tipo obtenida del software Rhinoceros e Imágenes del programa Pachyderm Acoustic Simulation con los resultados del RT para el receptor 1.

Fuente: Elaboración propia

El Receptor 1, arrojó tiempos reverberación de 2.04s para la banda acústica más baja (62.5Hz) y 2.23s para la banda acústica más alta (8KHz). Curva suave y continua en la gráfica de ETC lo que corrobora que los datos obtenidos. **Se obtiene un RTmid de 2.22s para el receptor 1.**

• **Receptor 2**

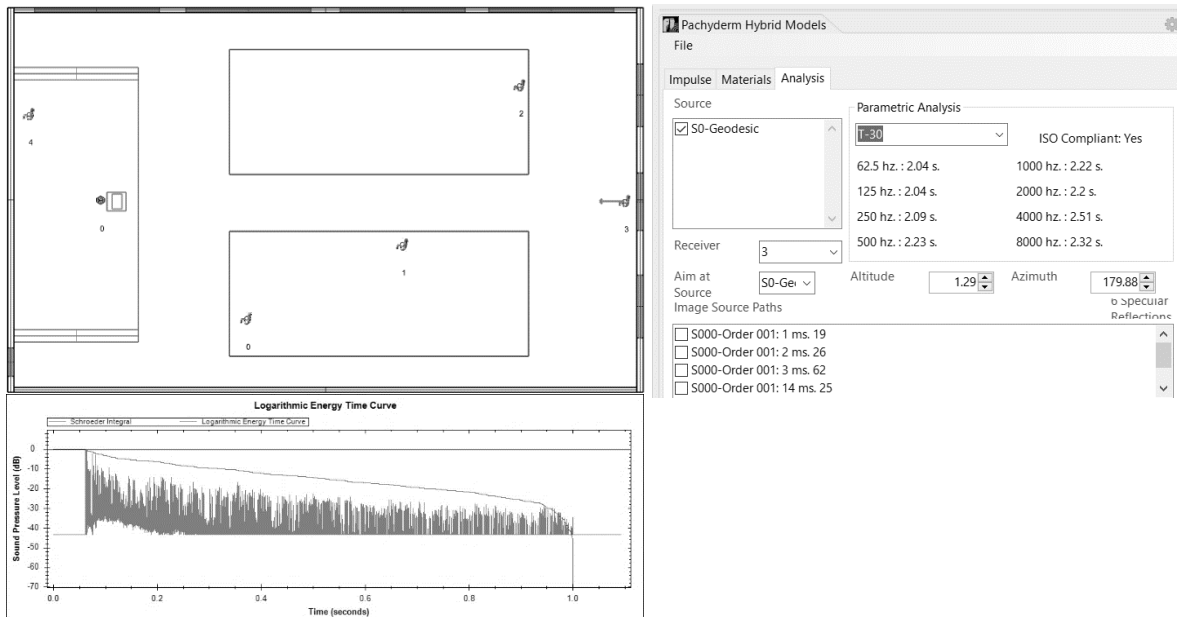


Planta iglesia tipo obtenida del software Rhinoceros e Imágenes del programa Pachyderm Acoustic Simulation con los resultados del RT para el receptor 2.

Fuente: Elaboración propia

El Receptor 2, arrojó tiempos reverberación de 2.01s para la banda acústica más baja (62.5Hz) y 2.28s para la banda acústica más alta (8KHz). Curva suave y continua en la gráfica de ETC lo que corrobora que los datos obtenidos. **Se obtiene un RTmid de 2.22s para el receptor 2.**

- **Receptor 3**

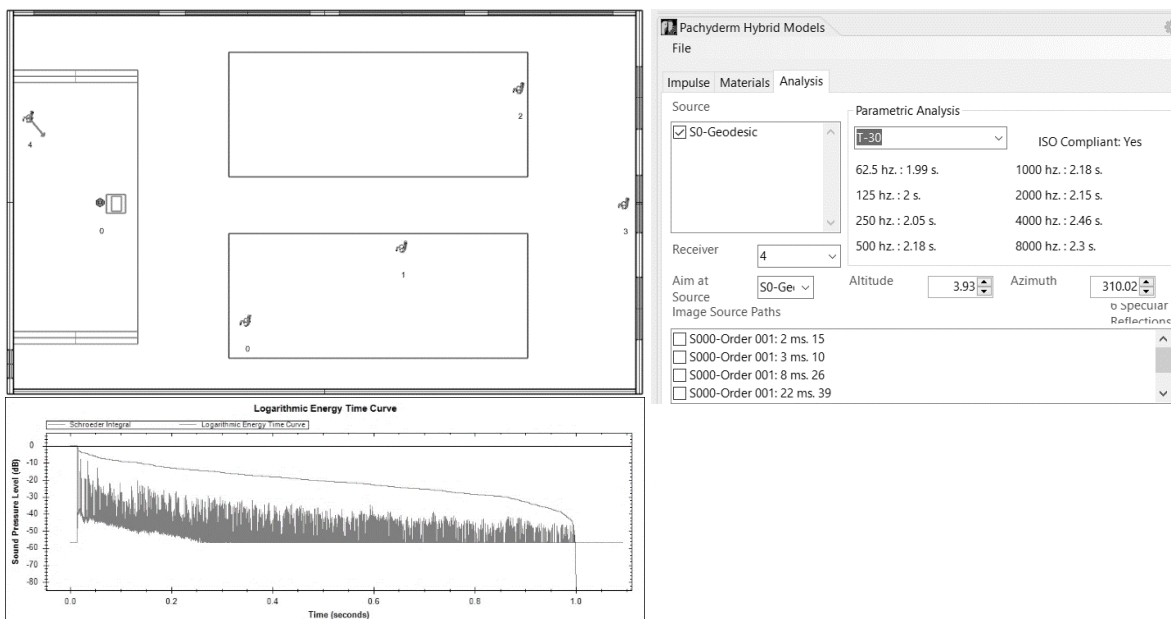


Planta iglesia tipo obtenida del software Rhinoceros e Imágenes del programa Pachyderm Acoustic Simulation con los resultados del RT para el receptor 3.

Fuente: Elaboración propia

El Receptor 3, arrojó tiempos reverberación de 2.04s para la banda acústica más baja (62.5Hz) y 2.32s para la banda acústica más alta (8KHz). Curva suave y continua en la gráfica de ETC lo que corrobora que los datos obtenidos sean legítimos. **Se obtiene un RTmid de 2.22s para el receptor 3.**

• **Receptor 4**



Planta iglesia tipo obtenida del software Rhinoceros e Imágenes del programa Pachyderm Acoustic Simulation con los resultados del RT para el receptor 3.

Fuente: Elaboración propia

El Receptor 4, arrojó tiempos reverberación de 1.99s para la banda acústica más baja (62.5Hz) y 2.30s para la banda acústica más alta (8KHz). Curva suave y continua en la gráfica de ETC lo que corrobora que los datos obtenidos. **Se obtiene un RT_{mid} de 2.18s para el receptor 4.**

Al obtener los resultados de RT_{mid} para cada receptor, se puede inferir que el promedio entre estos datos dará como resultado el RT_{mid} con mayor certeza del recinto Iglesia Tipo a través del plugin *Pachyderm Acoustical Simulation* a través del software *Rhinoceros*.

Resultados:

$$RT_{mid} (R0) = 2.17 \text{ s}$$

$$RT_{mid} (R1) = 2.22 \text{ s}$$

$$RT_{mid} (R2) = 2.22 \text{ s}$$

$$RT_{mid} (R3) = 2.22 \text{ s}$$

$$RT_{mid} (R4) = 2.18 \text{ s}$$

$$RT_{Total} = 2.20 \text{ s}$$

Evaluación final:

Formula de Sabine: $RT_{mid} = 1,02 \text{ s}$

Software Pachyderm: $RT_{mid} = 2.20 \text{ s}$

El software determinó que **la sala es más adecuada para sostener una actividad con emisor musical** y no una actividad de exposición oral debido a su proximidad a los 2s en el RT_{mid} del análisis con emisor específico.

Para demostrar esto, se realizó otro análisis a través de Pachyderm donde se cambió el emisor de banda sonora por un expositor. Los resultados fueron los siguientes:

Resultados:

$$RT_{\text{mid}}(R0) = 2.14 \text{ s}$$

$$RT_{\text{mid}}(R1) = 2.16 \text{ s}$$

$$RT_{\text{mid}}(R2) = 2.22 \text{ s}$$

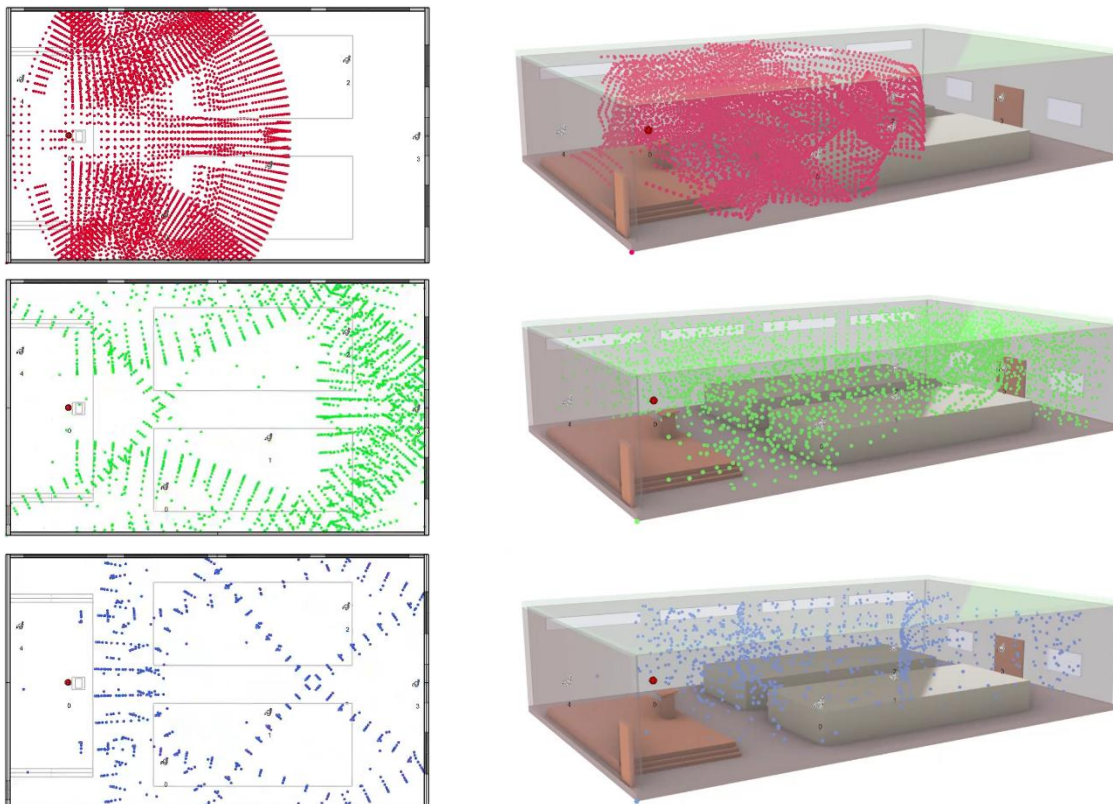
$$RT_{\text{mid}}(R3) = 2.19 \text{ s}$$

$$RT_{\text{mid}}(R4) = 2.19 \text{ s}$$

$$RT_{\text{Total}} = 2.18 \text{ s}$$

Los resultados indican una proximidad a los 2s similar a los análisis realizados con un emisor de banda sonora, lo que corroboraría la aseveración anterior que afirma que la sala está más capacitada para sostener una actividad musical y no una actividad expositiva.

Utilizando el plugin *Grasshopper* se corroboran los datos obtenidos por el software, además de graficar el movimiento de las partículas de sonido emitidas por el emisor al interior del recinto. Del movimiento acústico **se puede describir la intensidad sonora a través de la gama de colores** utilizada, donde el color **rojo** sería la **mayor intensidad**, hasta el color **azul** donde el **sonido sería cada vez menos audible** hasta perderse completamente.



Simulación acústica en partículas de sonido en distintos momentos del recinto Iglesia Tipo obtenidos del software Rhinoceros utilizando GH en conjunto a Pachyderm Acoustic Simulation

Fuente: Elaboración propia

4.3 MODELADO DE IGLESIAS SELECCIONADAS

En el capítulo 2.3.4 Selección De Iglesias, se determinaron las 3 iglesias a considerar para el proceso de experimentación según una variedad de parámetros referenciales, los cuales fueron:

IGLESIA	UBICACIÓN	TIPOLOGÍA	ESTILO MUSICAL	SUPERFICIE	NIVELES	ALTURA MÁXIMA INTERIOR	FORMA
		Reformado/Misionero/Pentecostal	Coro de Voces/Nuevo Congregacional/Glosalático	A*L (m2 aprox.)	(Cantidad)	h (m aprox.)	Paralelepípedo/Triangular/Irregular
IGLESIA BIBLICA BAUTISTA RENACER	SANTA VICTORIA 9588	Misionero	Nuevo Congregacional	149.5	1	4	Irregular
IGLESIA CASA DEL PADRE	AVENIDA ESTADOS UNIDOS 8724	Pentecostal	Nuevo Congregacional	260	1	3	Paralelepípedo
IGLESIA BAUTISTA LA FLORIDA	DON PEPE 103, LA FLORIDA	Misionero	Coro de Voces	178,81	1	6	Triangular

A continuación, **comenzará el proceso de modelado** de cada una de las iglesias seleccionadas a través del software *Rhinoceros*. Para esto será importante tener los conocimientos geométricos del recinto, las materialidades al interior de él y los emisores y receptores presentes durante un culto normal.

Se repetirá el proceso utilizado para el análisis de la “iglesia tipo” utilizada en el capítulo anterior y posteriormente se obtendrán los datos de RT_{mid} para cada uno de los recintos. De esta manera **se categorizará el recinto según el tiempo de reverberación óptimo** y se realizará un análisis posterior con los dos tipos de emisores de esta investigación para determinar su correspondencia acústica. Se debe tener en consideración que **para las actividades de exposición oral (predicación) se estimará un RT óptimo entre 0,8s a 1,2s y para las situaciones musicales se estimará un RT óptimo entre 1,8s a 2,2s.**

Para ello se reutiliza la tabla de clasificaciones de recintos según el tiempo de reverberación explicada en el capítulo 2.3.1.3 Tiempo de Reverberación.

TIPO DE SALA	RT_{mid} , SALA OCUPADA (EN s)
Sala de conferencias	0,7 – 1,0
Cine	1,0 – 1,2
Sala polivalente	1,2 – 1,5
Teatro de ópera	1,2 – 1,5
Sala de conciertos (música de cámara)	1,3 – 1,7
Sala de conciertos (música sinfónica)	1,8 – 2,0
Iglesia/catedral (órgano y canto coral)	2,0 – 3,0
Locutorio de radio	0,2 – 0,4

Márgenes de valores recomendados de RT_{mid} en función del tipo de sala (recintos ocupados).
Fuente: “Diseño acústico de espacios arquitectónicos”. Carrión A.

4.3.1 IGLESIA BIBLICA BAUTISTA RENACER

La iglesia bíblica bautista Renacer, es una iglesia misionera de carácter Bautista ubicada en Santa Victoria 9588, La Florida. Actualmente lleva 11 años en el mismo recinto donde se congrega la iglesia, el cual posee una capacidad de 95 receptores en el sector de público. Posee una tarima al frente donde se realizan las actividades musicales (nueva congregacional) y la predicación a través de un expositor por culto.



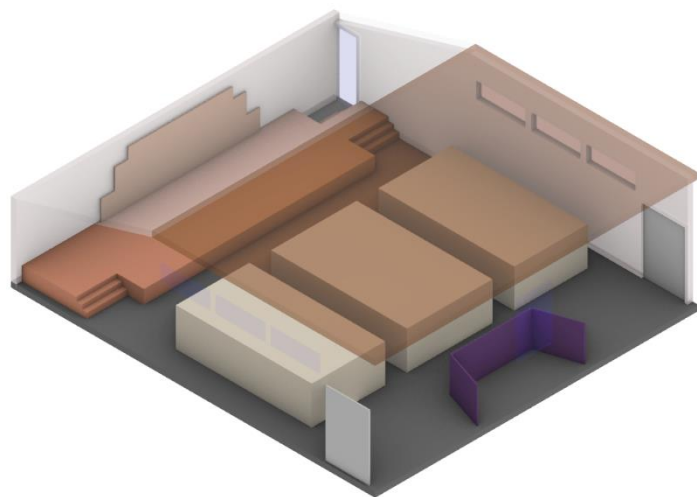
Imágenes interiores de la iglesia bíblica bautista Renacer durante un culto normal.

Fuente: página oficial de la congregación www.facebook.com/ibbrenacer

Para obtener el tiempo de reverberación de la Iglesia Renacer, se necesitan los datos geométricos del recinto, materialidad y coeficiente de absorción de cada uno de los materiales empleados en el interior del recinto.

La siguiente imagen muestra la iglesia Renacer diseñada en *Rhinoceros* con las siguientes especificaciones:

Volumen	= 554,87m ³
Paredes:	= 135,66m ²
Techo yeso	= 60,03m ²
Techo madera	= 92m ²
Piso	= 76,75m ²
Sobre pared delantero	= 8,42m ²
Puerta principal (2): 2,4m x 1,6m	= 5,59m ²
Puerta secundaria: 2,4m x 0.8m	= 2,76m ²
Ventana trasera: 2,5m x 1,2m	= 3m ²
Ventanas laterales (6): 1,8m x 0,6m	= 6,48m ²
Espacio del público	= 108,72m ²
Tarima madera: 10,5m x 3,5m	= 36,75m ²
Panel trasero: 1,3m x 6,16	= 16m ²



Modelo representativo de la iglesia bíblica bautista Renacer

Fuente: Elaboración propia, Software Rhinoceros.

Obtenemos los valores del **coeficiente de absorción α** de la tabla de datos de la Facultad de arquitectura, diseño y urbanismo (Buenos aires, Argentina) impuestos en el 2010, para cada material presente en el recinto tipo.

MATERIALES	COEFICIENTES DE ABSORCIÓN					
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Puerta madera pino Oregón	0.15	0.10	0.06	0.08	0.10	0.05
Ventana de vidrio simple	0.33	0.25	0.10	0.07	0.06	0.04
ventana placas de vidrio pesado	0.18	0.06	0.04	0.03	0.02	0.02
Puerta de Vidrio	0.30	0.20	0.10	0.07	0.05	0.02
Área de audiencia en asientos de tapizado ligero	0.56	0.68	0.79	0.83	0.86	0.86
Pared paneles de contrachapado (OSB)	0.20	0.30	0.12	0.07	0.04	0.04
Revestimiento de madera	0.25	0.34	0.18	0.10	0.10	0.06
Piso cerámico sobre hormigón	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02
Entarimado de madera	0.09	0.09	0.08	0.09	0.10	0.07
Techo placa de yeso 25mm	0.10	0.08	0.05	0.05	0.04	0.04
Techo contrachapado madera	0.20	0.30	0.12	0.07	0.04	0.04
Alfombra sobre panel trasero	0.09	0.08	0.21	0.27	0.27	0.37

Tabla de materiales empleados en la iglesia Renacer y sus coeficientes de absorción α

Fuente: Elaboración propia, obtenida de la edición 2010 del catálogo de Coef. De absorción de la Facultad de arquitectura, diseño y urbanismo de Buenos aires, Argentina.

Se aplica la Formula de Sabine explicada en el capítulo 2.3.1.3 Tiempo de reverberación para calcular el tiempo de reverberación (RT) de la iglesia.

$$RT = 0.161 V/A_{tot} \text{ (en segundos)}$$

Donde:

- V = volumen del recinto (m^3)
- A_{tot} (absorción total del recinto) = $\alpha_1 S_1 + \alpha_2 S_2 + \dots + \alpha_n S_n$

Aplicando los datos a la formula obtenemos:

Resultados:

$RT_{150} = 0,72 \text{ s}$

$RT_{250} = 0,56 \text{ s}$

$RT_{500} = 0,71 \text{ s}$

$RT_{1000} = 0,74 \text{ s}$

$RT_{2000} = 0,76 \text{ s}$

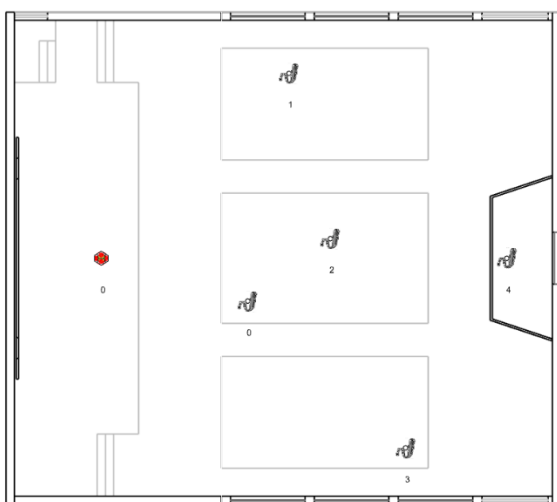
$RT_{4000} = 0,77 \text{ s}$

$RT_{mid} = 0,72 \text{ s}$

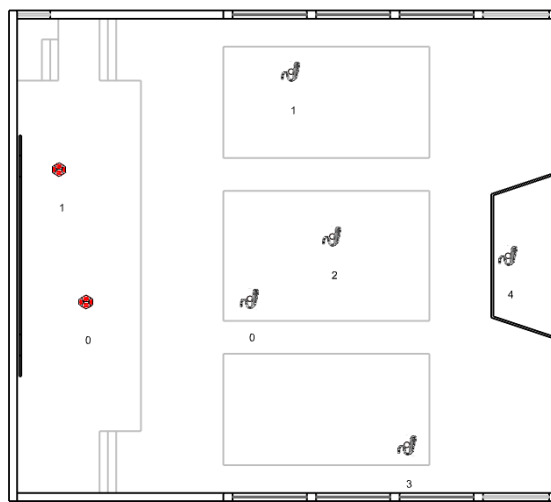
Los resultados indican que el RT_{mid} se encuentra entre 0,7s y 1s, inclinándose significativamente al primer intervalo, lo que **catalogaría al recinto en la descripción de "sala de conferencias"**, debido a tu tamaño y materiales empleados en el recinto.

Para obtener el tiempo de reverberación de la sala para las actividades musicales y las actividades de exposición oral (predicación), se requiere de emisores y receptores dentro del recinto que otorguen un análisis lo más completo posible de acuerdo con su distribución espacial dentro de la iglesia.

Para ello **se utilizaron 5 receptores** enumerados de 0 a 4 y distribuidos al interior del recinto según su disposición real a la hora del culto congregacional. Además, se utilizaron **dos tipos de emisores (banda musical y expositor)** en su posición original como muestran las siguientes plantas.



Planta iglesia Renacer con emisor expositor (0) y 5 receptores distribuidos del 0 al 4.
Fuente: Elaboración propia

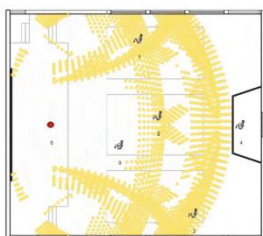


Planta iglesia Renacer con emisor cantante (0) e instrumental (1) y 5 receptores distribuidos del 0 al 4.
Fuente: Elaboración propia

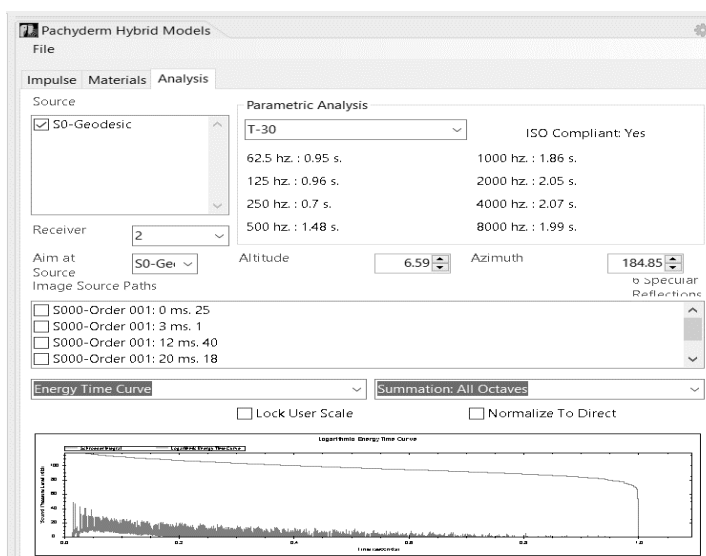
Al realizar la convergencia de los datos explicados al análisis estadístico de *Pachyderm* se especificó el tiempo de reverberación RT_{mid} para cada uno de los receptores en los dos casos acústicos. Los resultados fueron los siguientes:

Resultados (emisor expositor):

- $RT_{mid} (R0) = 1,63 \text{ s}$
- $RT_{mid} (R1) = 1,66 \text{ s}$
- $RT_{mid} (R2) = 1,67 \text{ s}$
- $RT_{mid} (R3) = 1,66 \text{ s}$
- $RT_{mid} (R4) = 1,66 \text{ s}$
- $RT_{Total} = 1,65 \text{ s}$



Extracto de simulación acústica en partículas de sonido del emisor expositor en la iglesia Renacer.
Fuente: Elaboración propia



Extracto del análisis acústico de la iglesia Renacer en Pachyderm Acoustic Simulation con los resultados de RT para el emisor expositor y el receptor 2.
Fuente: Elaboración propia

Resultados (emisor banda musical):

$$RT_{mid} (R0) = 1,64 \text{ s}$$

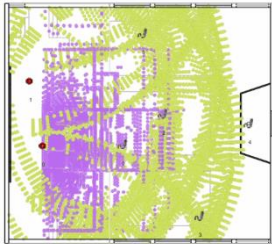
$$RT_{mid} (R1) = 1,67 \text{ s}$$

$$RT_{mid} (R2) = 1,67 \text{ s}$$

$$RT_{mid} (R3) = 1,68 \text{ s}$$

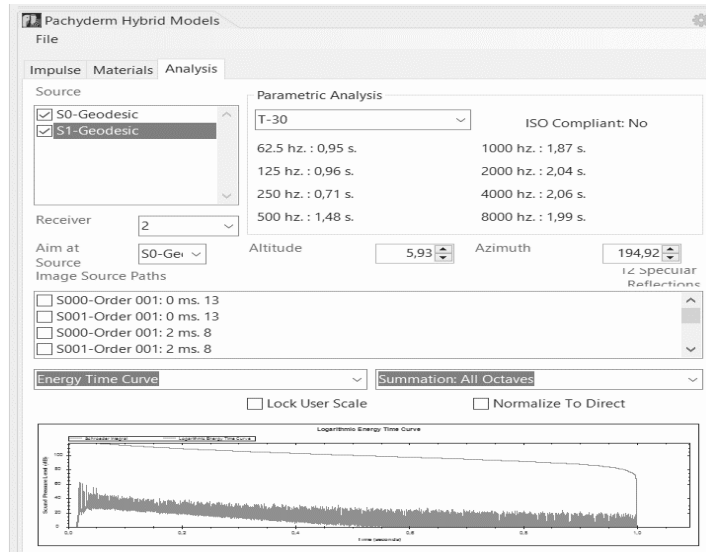
$$RT_{mid} (R4) = 1,66 \text{ s}$$

$$RT_{Total} = 1,67 \text{ s}$$



Extracto de simulación acústica en partículas de sonido de emisores musicales en la iglesia Renacer.

Fuente: Elaboración propia



Extracto del análisis acústico de la iglesia Renacer en Pachyderm Acoustic Simulation con los resultados de RT para dos emisores musicales y el receptor 2.

Fuente: Elaboración propia

4.3.2 IGLESIA CASA DEL PADRE

La iglesia Casa del Padre, es una iglesia Pentecostal ubicada en Av. Estados Unidos 8724, La Florida. Posee una capacidad de 112 espectadores aproximadamente y al igual que la iglesia anterior, posee una tarima al frente donde se realizan las actividades musicales (nueva congregacional) y la predicación a través de un expositor por culto.

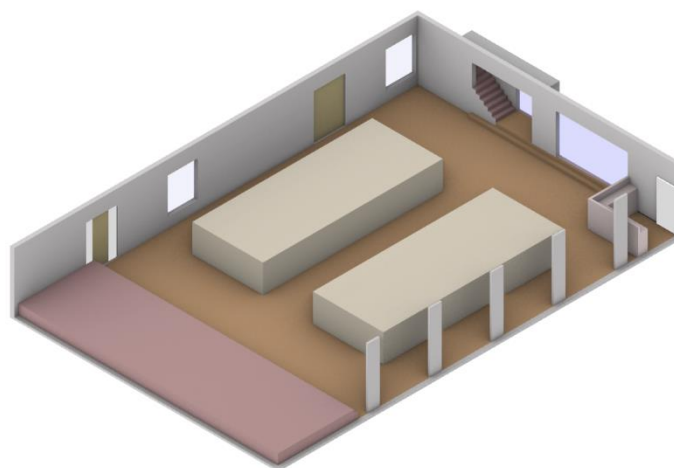


Imágenes interiores de la iglesia bíblica bautista Renacer durante un culto normal.
 Fuente: página oficial de la congregación www.facebook.com/casadelpadrechile/

Para obtener el tiempo de reverberación de la Iglesia Casa del Padre, se necesitan los datos geométricos del recinto, materialidad y coeficiente de absorción de cada uno de los materiales empleados en el interior del recinto.

La siguiente imagen muestra la iglesia Casa del Padre diseñada en *Rhinoceros* con las siguientes especificaciones:

Volumen	= 785,36m ³
Paredes	= 161m ²
Techo	= 263,8m ²
Piso	= 145,7m ²
Puerta principal: 2,3m x 1,6m	= 3,68m ²
Puerta secundaria: 0,8m x 2,3m	= 3,62m ²
Puerta corredera: 2m x 1m	= 2m ²
Ventanas	= 6.84m ²
Puertas de vidrio	= 10,4m ²
Espacio del público	= 133m ²
Superficie Alfombrada	= 61,02m ²
Panel trasero	= 12,61m ²
Vano trasero: 3m x 2m	



Modelo representativo de la iglesia Casa del Padre
 Fuente: Elaboración propia, Software Rhinoceros.

Obtenemos los valores del **coeficiente de absorción α** de la tabla de datos de la Facultad de arquitectura, diseño y urbanismo (Buenos aires, Argentina) impuestos en el 2010, para cada material presente en el recinto tipo.

MATERIALES	COEFICIENTES DE ABSORCIÓN					
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Puerta madera pino Oregón	0.15	0.10	0.06	0.08	0.10	0.05
Ventana de vidrio simple	0.33	0.25	0.10	0.07	0.06	0.04
Puerta de Vidrio	0.30	0.20	0.10	0.07	0.05	0.02
Puerta de acero	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Área de audiencia en asientos de tapizado ligero	0.56	0.68	0.79	0.83	0.86	0.86
Pared paneles de contrachapado (OSB)	0.20	0.30	0.12	0.07	0.04	0.04
Revestimiento alfombra (tarima/escalera)	0.09	0.08	0.21	0.27	0.27	0.37
Techo cielorraso de fibra en placas de 19mm Armstrong	0.38	0.29	0.39	0.56	0.71	0.78
Piso flotante	0.04	0.04	0.07	0.06	0.06	0.07
Pared de hormigón pintado	0.10	0.09	0.08	0.09	0.10	0.04

Tabla de materiales empleados en la iglesia Casa del Padre y sus coeficientes de absorción α

Fuente: Elaboración propia, obtenida de la edición 2010 del catálogo de Coef. De absorción de la Facultad de arquitectura, diseño y urbanismo de Buenos aires, Argentina.

Se aplica la Formula de Sabine explicada en el capítulo 2.3.1.3 Tiempo de reverberación para calcular el tiempo de reverberación (RT) de la iglesia.

$$RT = 0.161 V/A_{tot} \text{ (en segundos)}$$

Donde:

- V = volumen del recinto (m^3)
- A_{tot} (absorción total del recinto) = $\alpha_1 S_1 + \alpha_2 S_2 + \dots + \alpha_n S_n$

Aplicando los datos a la formula obtenemos:

Resultados:

$RT_{150} = 1,10 \text{ s}$

$RT_{250} = 1,18 \text{ s}$

$RT_{500} = 1,27 \text{ s}$

$RT_{1000} = 1,21 \text{ s}$

$RT_{2000} = 1,14 \text{ s}$

$RT_{4000} = 1,63 \text{ s}$

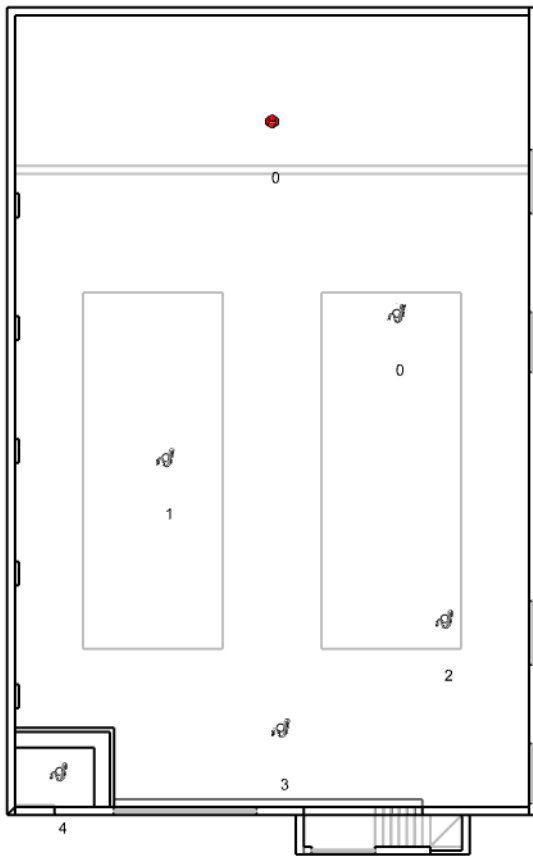
$RT_{mid} = 1,24 \text{ s}$

Los resultados indican que el RT_{mid} se encuentra entre 1,2s y 1,5s, inclinándose significativamente al primer intervalo, lo que **catalogaría al recinto en la descripción de "teatro de ópera", "sala**

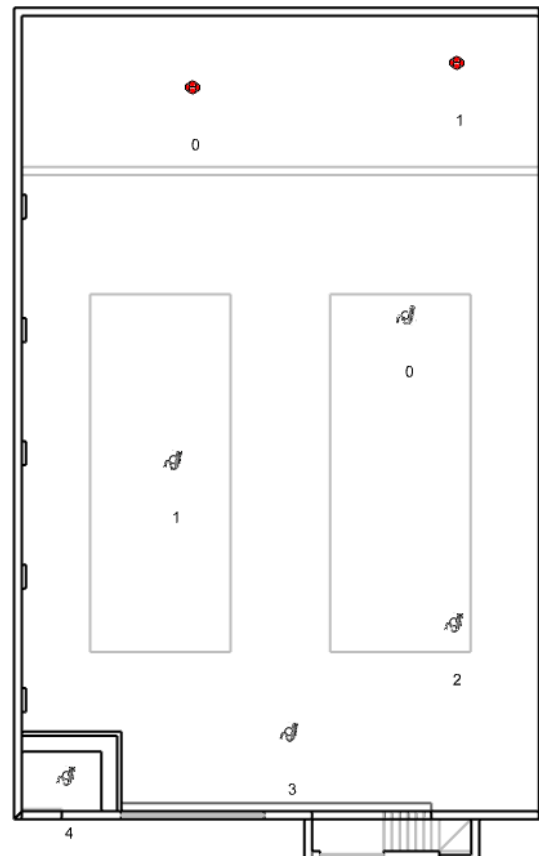
polivalente” y/o “sala de conciertos (música de cámara)”, debido a tu tamaño y materiales empleados en el recinto.

Para obtener el tiempo de reverberación de la sala para las actividades musicales y las actividades de exposición oral (predicación), se requiere de emisores y receptores dentro del recinto que otorguen un análisis lo más completo posible de acuerdo con su distribución espacial dentro de la iglesia.

Para ello **se utilizaron 5 receptores** enumerados de 0 a 4 y distribuidos al interior del recinto según su disposición real a la hora del culto congregacional. Además, **se utilizaron dos tipos de emisores (banda musical y expositor)** en su posición original como muestran las siguientes plantas.



Planta iglesia Casa del Padre con emisor expositor (0) y 5 receptores distribuidos del 0 al 4.
Fuente: Elaboración propia



Planta iglesia Casa del Padre con emisor cantante (0) e instrumental (1) y 5 receptores distribuidos del 0 al 4.
Fuente: Elaboración propia

Al realizar la convergencia de los datos explicados al análisis estadístico de *Pachyderm* se especificó el tiempo de reverberación RT_{mid} para cada uno de los receptores en los dos casos acústicos. Los resultados fueron los siguientes:

Resultados (emisor expositor):

$RT_{mid}(R0) = 2,11 \text{ s}$

$RT_{mid}(R1) = 2,16 \text{ s}$

$RT_{mid}(R2) = 2,10 \text{ s}$

$RT_{mid}(R3) = 2,08 \text{ s}$

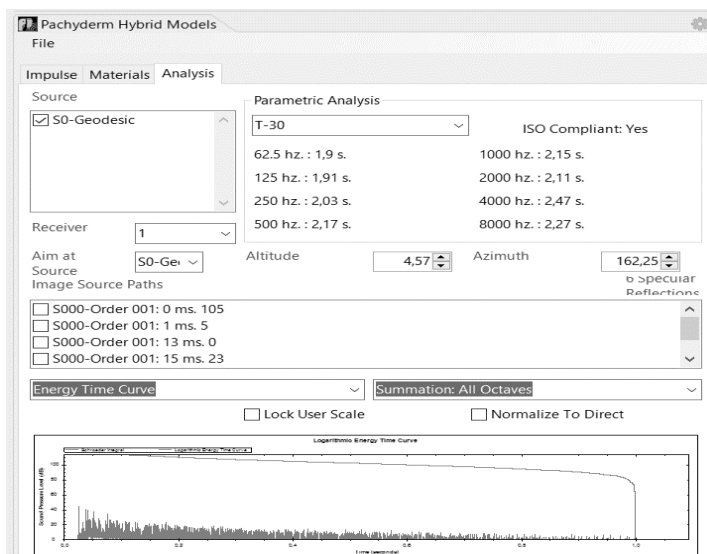
$RT_{mid}(R4) = 2,08 \text{ s}$

$RT_{Total} = 2,10 \text{ s}$



Extracto de simulación acústica en partículas de sonido del emisor expositor en la iglesia Casa del Padre.

Fuente: Elaboración propia



Extracto del análisis acústico de la iglesia Casa del Padre en Pachyderm Acoustic Simulation con los resultados de RT para el emisor expositor y el receptor 1.

Fuente: Elaboración propia

Resultados (emisor banda musical):

$RT_{mid}(R0) = 2,06 \text{ s}$

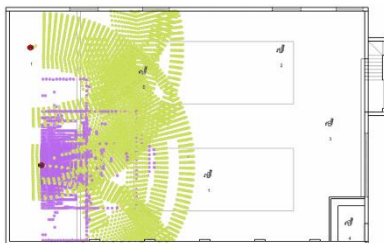
$RT_{mid}(R1) = 2,15 \text{ s}$

$RT_{mid}(R2) = 2,07 \text{ s}$

$RT_{mid}(R3) = 2,04 \text{ s}$

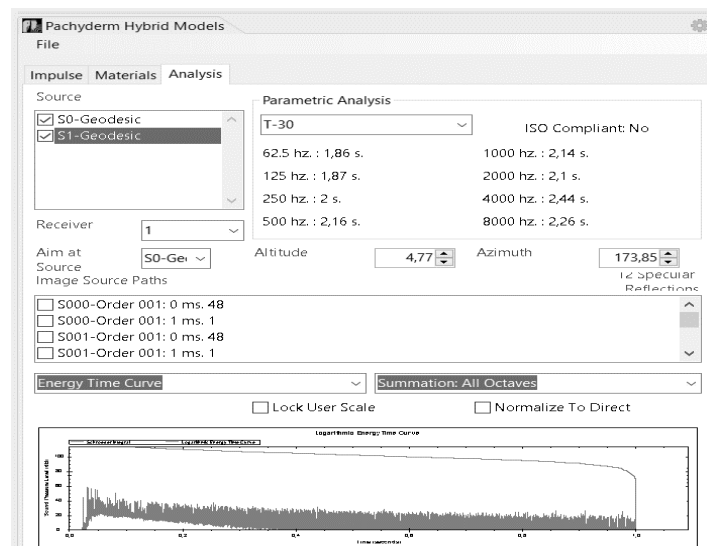
$RT_{mid}(R4) = 2,11 \text{ s}$

$RT_{Total} = 2,08 \text{ s}$



Extracto de simulación acústica en partículas de sonido de emisores musicales en la iglesia Casa del Padre.

Fuente: Elaboración propia



Extracto del análisis acústico de la iglesia Casa del Padre en Pachyderm Acoustic Simulation con los resultados de RT para dos emisores musicales y el receptor 1.

Fuente: Elaboración propia

4.3.3 IGLESIA BAUTISTA LA FLORIDA

La iglesia Bautista La Florida, es una iglesia misionera de carácter Bautista ubicada en Don Pepe 103, La Florida. Activa desde el 25 de marzo de 1978. Posee una capacidad de 120 receptores en el sector de público. Posee una tarima al frente donde se realizan las actividades musicales (coro de voces) y la predicación a través de un expositor por culto.



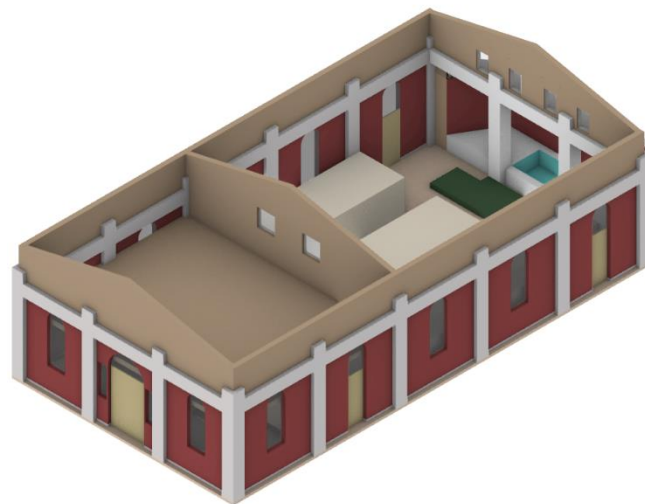
Imágenes interiores de la iglesia Bautista La Florida durante un culto normal.

Fuente: página oficial de la congregación www.facebook.com/iblf130

Para obtener el RT de la Iglesia Bautista L.F., se necesita los datos geométricos del recinto, materialidad y coeficiente de absorción de cada material empleado en el interior del recinto.

La siguiente imagen muestra la iglesia Bautista L.F. diseñada en *Rhinoceros* con las siguientes especificaciones:

Volumen	= 590,55m ³
Albañilería	= 101,11m ²
Techo	= 103,03m ²
Piso	= 96,84m ²
Pilares/Vigas H	= 41,83m ²
Pilares/Vigas H Pintado	= 42,61m ²
Puertas perimetrales	= 8,48m ²
Puerta segundo acceso	= 3,2m ²
Ventanas texturizadas	= 14,85m ²
Ventanas comunes	= 4,38m ²
Espacio del público	= 138,6m ²
Alfombra tarima	= 10,47m ²
Tabiquería	= 129,08m ²
Piscina	= 6,2m ²



Modelo representativo de la iglesia Bautista La Florida
Fuente: Elaboración propia, Software Rhinoceros.

REVERBERACIÓN PARAMÉTRICA
METODOLOGÍA PARAMÉTRICA PARA EL MEJORAMIENTO EN EL ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO DE LOS
TEMPLOS EVANGÉLICOS.

Metal = 6,99m²

Cabina segundo acceso = 14,71m²

Obtenemos los valores del **coeficiente de absorción α** de la tabla de datos de la Facultad de arquitectura, diseño y urbanismo (Buenos aires, Argentina) impuestos en el 2010, para cada material presente en el recinto tipo.

MATERIALES	COEFICIENTES DE ABSORCIÓN					
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Puerta madera pino Oregón	0.15	0.10	0.06	0.08	0.10	0.05
Ventana de vidrio simple	0.33	0.25	0.10	0.07	0.06	0.04
Ventana texturizada	0.10	0.08	0.04	0.03	0.02	0.02
Puerta barnizada	0.05	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03
Publico en asientos de madera	0.31	0.51	0.73	0.80	0.82	0.82
Pared paneles de contrachapado (OSB)	0.20	0.30	0.12	0.07	0.04	0.04
Revestimiento alfombra (tarima)	0.09	0.08	0.21	0.27	0.27	0.37
Techo tablas de madera	0.16	0.16	0.13	0.10	0.06	0.05
Piso cerámico sobre hormigón	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02
Pared de ladrillo	0.02	0.02	0.03	0.04	0.05	0.07
Pared de hormigón piscina	0.10	0.09	0.08	0.09	0.10	0.04
Pilares de hormigón pintado	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03
Pilares de hormigón	0.01	0.01	0.01	0.02	0.03	0.03
Acero	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Acceso secundario	0.25	0.34	0.18	0.10	0.10	0.07

Tabla de materiales empleados en la iglesia Bautista La Florida y sus coeficientes de absorción α

Fuente: Elaboración propia, obtenida de la edición 2010 del catálogo de Coef. De absorción de la Facultad de arquitectura, diseño y urbanismo de Buenos aires, Argentina.

Se aplica la Formula de Sabine explicada en el capítulo 2.3.1.3 Tiempo de reverberación para calcular el tiempo de reverberación (RT) de la iglesia.

$$RT = 0.161 V/A_{tot} \text{ (en segundos)}$$

Donde:

- V = volumen del recinto (m³)
- A_{tot} (absorción total del recinto) = $\alpha_1 S_1 + \alpha_2 S_2 + \dots + \alpha_n S_n$

Aplicando los datos a la formula obtenemos:

Resultados:

$$RT_{150} = 1,46 \text{ s}$$

$$RT_{250} = 1,20 \text{ s}$$

$$RT_{500} = 1,34 \text{ s}$$

$$RT_{1000} = 1,37 \text{ s}$$

$$RT_{2000} = 1,37 \text{ s}$$

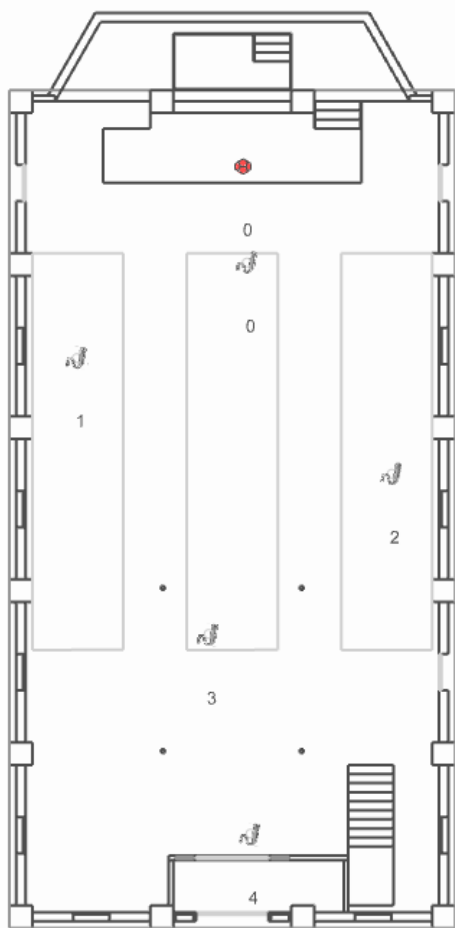
$RT_{4000} = 1,29$ s

$RT_{mid} = 1,33$ s

Los resultados indican que el RT_{mid} se encuentra entre 1,2s y 1,5s, lo que **catalogaría al recinto en la descripción de “sala polivalente” y “teatro de ópera”**, debido a tu tamaño y materiales empleados en el recinto.

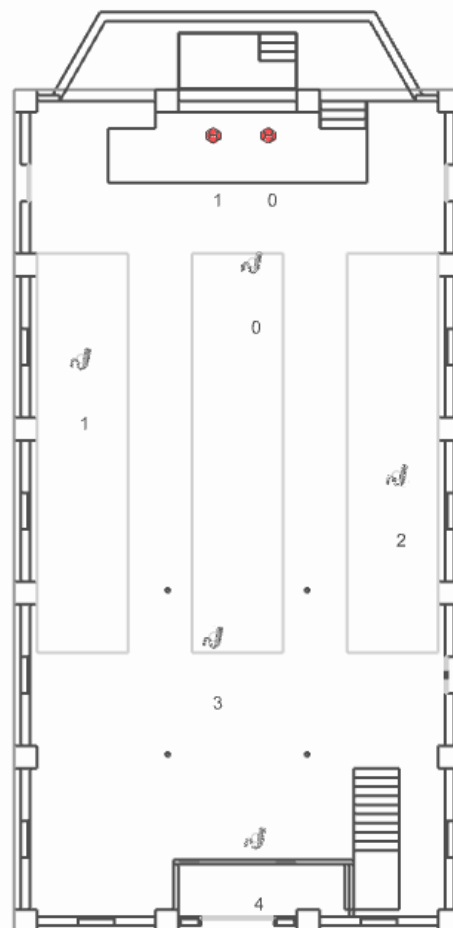
Para obtener el tiempo de reverberación de la sala para las actividades musicales y las actividades de exposición oral (predicación), se requiere de emisores y receptores dentro del recinto que otorguen un análisis lo más completo posible de acuerdo con su distribución espacial dentro de la iglesia.

Para **ello se utilizaron 5 receptores** enumerados de 0 a 4 y distribuidos al interior del recinto según su disposición real a la hora del culto congregacional. Además, **se utilizaron dos tipos de emisores (coro de voces y expositor)** en su posición original como muestran las siguientes plantas.



Planta iglesia Bautista L.F. con emisor expositor (0) y 5 receptores distribuidos del 0 al 4.

Fuente: Elaboración propia



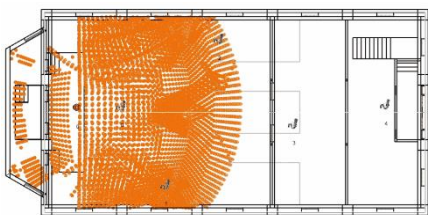
Planta iglesia Bautista L.F. con emisores cantantes (0 y 1), y 5 receptores distribuidos del 0 al 4.

Fuente: Elaboración propia

Al realizar la convergencia de los datos explicados al análisis estadístico de *Pachyderm* se especificó el tiempo de reverberación RT_{mid} para cada uno de los receptores en los dos casos acústicos. Los resultados fueron los siguientes:

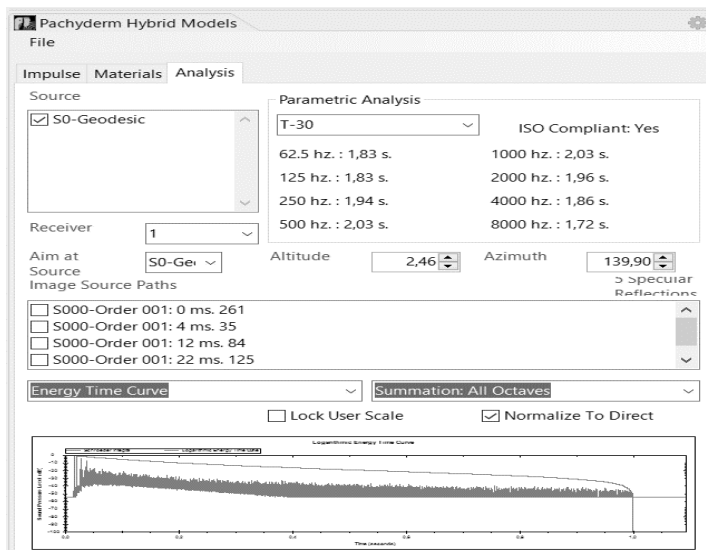
Resultados (emisor expositor):

$RT_{mid}(R0) = 1,94 \text{ s}$
 $RT_{mid}(R1) = 2,03 \text{ s}$
 $RT_{mid}(R2) = 2,07 \text{ s}$
 $RT_{mid}(R3) = 2,08 \text{ s}$
 $RT_{mid}(R4) = 2,03 \text{ s}$
 $RT_{Total} = 2,03 \text{ s}$



Extracto de simulación acústica en partículas de sonido del emisor expositor en la iglesia Bautista L.F.

Fuente: Elaboración propia

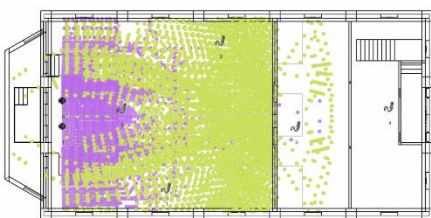


Extracto del análisis acústico de la iglesia Bautista L.F. en Pachyderm Acoustic Simulation con los resultados de RT para el emisor expositor y el receptor 1.

Fuente: Elaboración propia

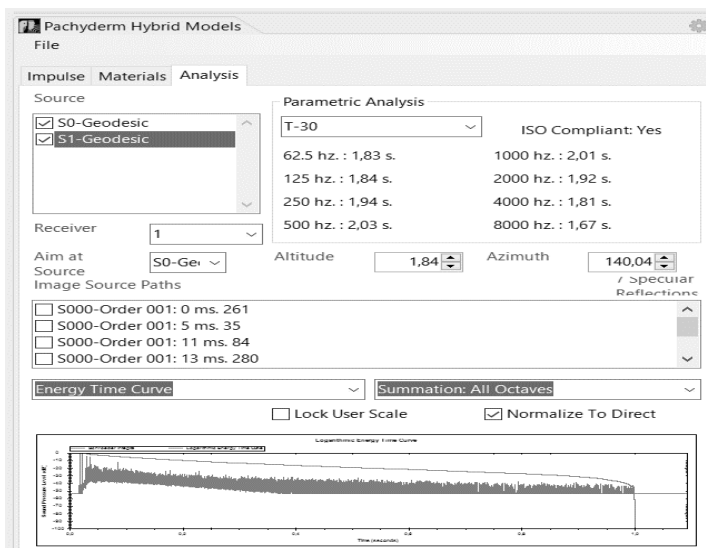
Resultados (emisor coro de voces):

$RT_{mid}(R0) = 1,88 \text{ s}$
 $RT_{mid}(R1) = 2,02 \text{ s}$
 $RT_{mid}(R2) = 2,06 \text{ s}$
 $RT_{mid}(R3) = 2,00 \text{ s}$
 $RT_{mid}(R4) = 2,02 \text{ s}$
 $RT_{Total} = 1,99 \text{ s}$



Extracto de simulación acústica en partículas de sonido de emisores musicales en la iglesia Bautista L.F.

Fuente: Elaboración propia



Extracto del análisis acústico de la iglesia Bautista L.F. en Pachyderm Acoustic Simulation con los resultados de RT para dos emisores cantantes y el receptor 1.

Fuente: Elaboración propia

RECOLECCIÓN DE RESULTADOS

Luego de analizar las 3 iglesias seleccionadas se concluye **que la iglesia bíblica bautista Renacer**, con capacidad de 95 receptores aproximadamente, **sería catalogado en la descripción de “sala de conferencias”**, según la tabla de categorizaciones de recintos (RT_{mid} entre 0,7s y 1s), esto debido a que los resultados indican RT_{mid} de 0,72 s.

Sin embargo, **la iglesia Casa del Padre y la iglesia Bautista La Florida**, que poseen 112 y 120 espectadores aproximada y respectivamente, **serían catalogadas como “sala polivalente” o “teatro de ópera”**, según la tabla de categorizaciones de recintos (RT_{mid} entre 1,2s y 1,5s), esto debido a que sus valores de RT_{mid} fueron de 1,24s y 1,33s respectivamente.

Los resultados extraídos del software *Pachyderm* con los emisores y receptores para cada una de las iglesias fue de un RT_{mid} **de 1,66s - 2,09s y 2,02** aproximada y respectivamente. De esto **se concluye que el receptor posee mayor relevancia que el emisor**, debido a que los resultados obtenidos con un emisor expositor y dos emisores musicales fueron similares para cada una de las iglesias.

La iglesia Casa del Padre y la iglesia Bautista La Florida poseen una acústica óptima para las actividades musicales, sin embargo, no serían aptas para mantener una buena acústica durante una predicación bíblica. En cambio, la iglesia bíblica bautista Renacer pose condiciones medias para satisfacer ambas actividades, aunque no en su punto óptimo.

Para resolver estos problemas, en el siguiente capítulo **se elaborará una serie de estrategias de intervención para cada uno de los recintos**, de manera en que se alteren los datos acusticos permitiendo a los recintos sostener actividades acústicas distintas.

4.4 ESTRATEGIAS DE INTERVENCIÓN

El presente capítulo consta de elaborar una serie de **estrategias de intervención** para determinar las distintas posibilidades acústicas que podrían generarse en cada uno de los recintos seleccionados.

De esta manera **desarrollar una serie experimental** que permita una comparación de resultados entregados a través del software *Pachyderm*, y así determinar la mejor opción acústicamente óptima, esto teniendo en consideración la definición de acondicionamiento acústico óptimo explicado en este seminario.

- Para las actividades de exposición oral (predicación) se estimará un RT óptimo entre 0,8s y 1,2s
- Para las situaciones musicales se estimará un RT óptimo entre 1,8s y 2,2s.

Para conocer la mejor manera de intervenir los recintos seleccionados **se buscará referentes de acondicionamiento acústico y estructuras adaptables que ayuden a desarrollar ideas de intervención.**

Luego tener una determinada referencia para desarrollar una intervención acústica, comenzará el proceso de diseño preliminar de ideas construibles y adaptable a los recintos destinados. De esta manera dejar 1 o 2 propuestas de diseño prototipada que resuelvan la acústica de los recintos evangélicos en la comuna de La Florida.

4.4.1 REFERENTES DE ACONDICIONAMIENTO ACUSTICO

Para realizar una acotada búsqueda de referentes, **es necesario tener presente ciertos criterios que guían la búsqueda** acorde a lo explicado previamente en los capítulos anteriores de este seminario.

Se debe considerar que la(s) intervención(es) que se realizarán en los recintos elegidos **deben ser adaptables** a ellos, es decir, sin alterar su estructura original. De esta manera se plantea la universalidad de recintos que podrían optar por esta solución acústica, sin necesidad de demoler o reconstruir el recinto.

Esto sugiere que cada intervención, además de ser adaptable al interior del recinto, **debe tener la capacidad de generar dos ambientes acústicos contrarios**, una situación acústica favorable para las actividades de exposición oral, y otra para las actividades musicales. Estas situaciones acústicas serán evaluadas en respuesta al tiempo de reverberación del recinto (RT_{mid}).

Generar dos situaciones acústicas contrarias en un recinto requiere de geometrías y/o materialidades distintas implementadas en la intervención. Para poder considerar esto, es necesario que cada intervención en el recinto sea, no solo adaptable a él, sino **que posea una movilidad capaz de alterar geometría y/o materialidad**.

RESONANT CHAMBER

Es sistema inteligente de paneles acústicos hecho por el estudio estadounidense RVTR, que responde dinámicamente a las condiciones del espacio, gracias a un **sistema interactivo que monitoriza el sonido y recalibra su configuración**.

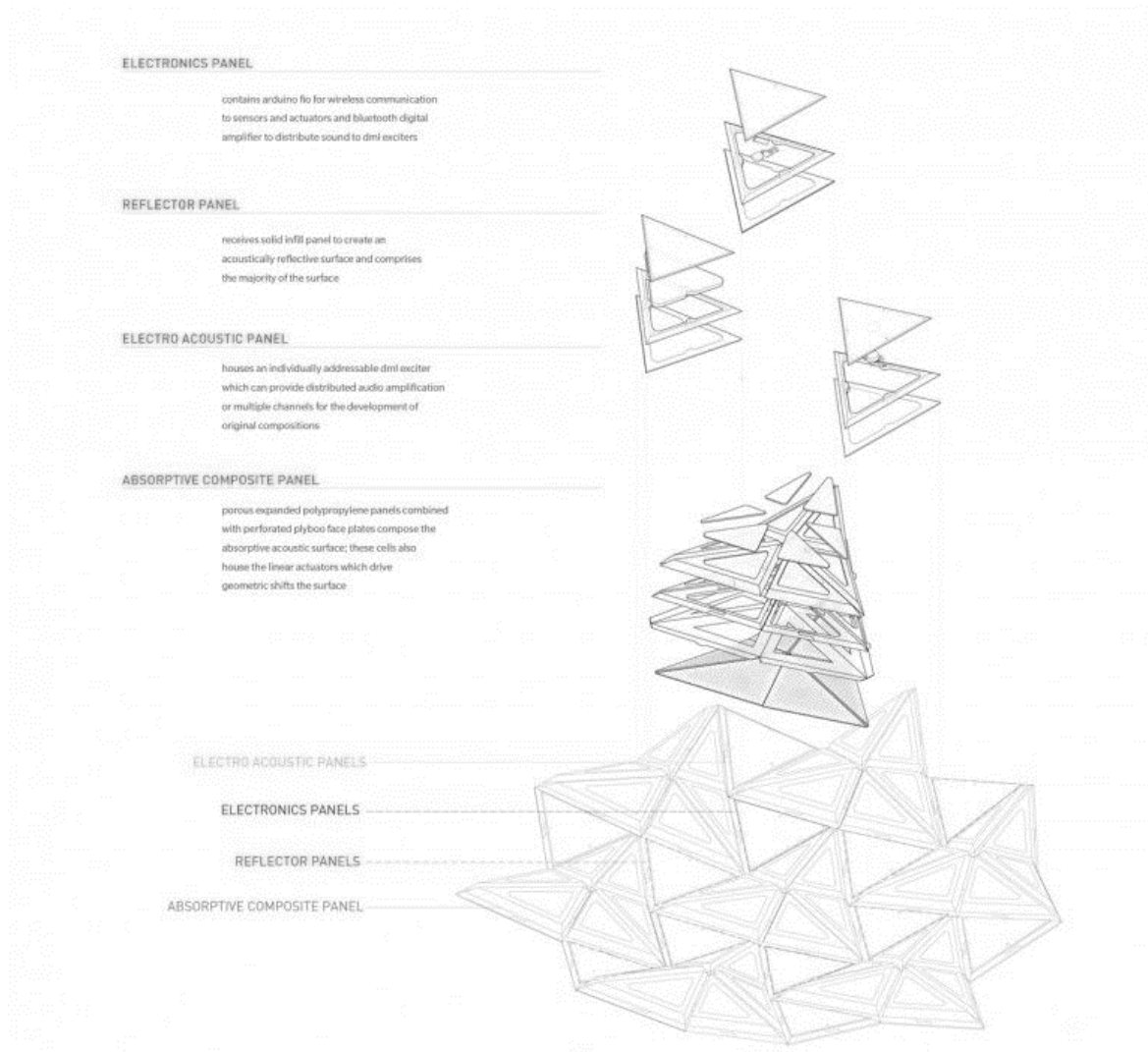


Resonant Chamber en distintas configuraciones geométricas

Fuente: www.designboom.com/technology/rvtr-resonant-chamber-origami-architectural-acoustic-panels

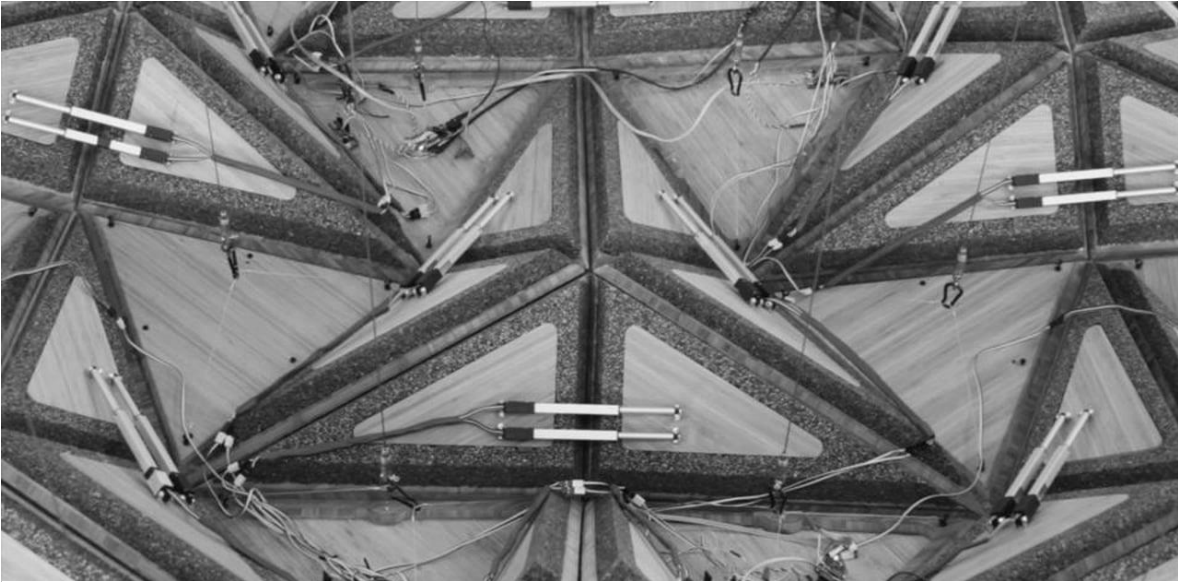
RVTR propone un sistema modular y portable que puede colocarse en arquitecturas no diseñadas específicamente como espacios acústicos.

Resonant Chamber dispone de tres tipos de paneles triangulares, orientados a satisfacer diferentes necesidades acústicas: paneles sólidos de contrachapado para reflejar el sonido, paneles porosos perforados con incrustaciones de polipropileno para absorberlo y paneles huecos que contienen altavoces DML para redirigirlo.



Cada uno de los módulos ha sido fabricado digitalmente mediante un brazo robótico, y las placas se han laminado al vacío para asegurar su estabilidad. Finalmente, los paneles han sido unidos entre sí gracias a una serie de membranas que actúan como bisagras. El resultado final configura una malla geométrica a base de triángulos, que ha sido diseñada paramétricamente con herramientas informáticas de simulación acústica y espacial.

REVERBERACIÓN PARAMÉTRICA
METODOLOGÍA PARAMÉTRICA PARA EL MEJORAMIENTO EN EL ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO DE LOS
TEMPLOS EVANGÉLICOS.



Mecanismo de plegado de los Resonant Chamber

Fuente: www.designboom.com/technology/rvtr-resonant-chamber-origami-architectural-acoustic-panels

Esta red dispone de actuadores lineales que desplazan los módulos con el fin de modificar la forma, la altura y la curvatura de *Resonant Chamber*. Los paneles **responden cinéticamente a las condiciones acústicas del lugar** gracias a un sistema de sensores que contiene micrófonos, monitores de movimiento y receptores personalizados, que ajustan las condiciones locales sonoras para adaptarlas a las capacidades individuales. De este modo, se controla dinámicamente la acústica y la reverberación del sonido con el fin de optimizar el resultado.



Ejemplo de recinto intervenido por Resonant Chamber

Fuente: www.designboom.com/technology/rvtr-resonant-chamber-origami-architectural-acoustic-panels

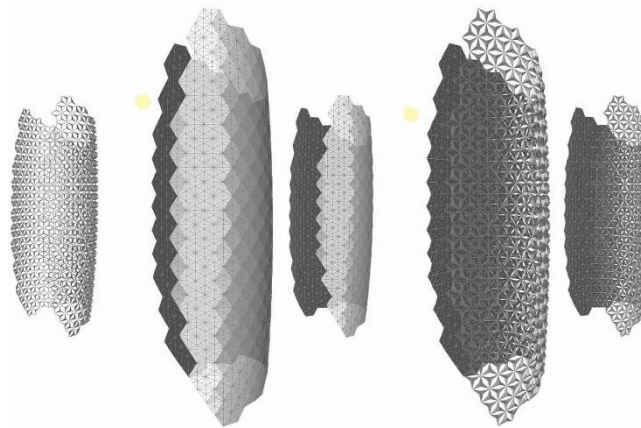
TORRES AL BAHAR



Torres Al Bahar

Fuente: www.archdaily.com/270592/al-bahar-towers-responsive-facade-aedas

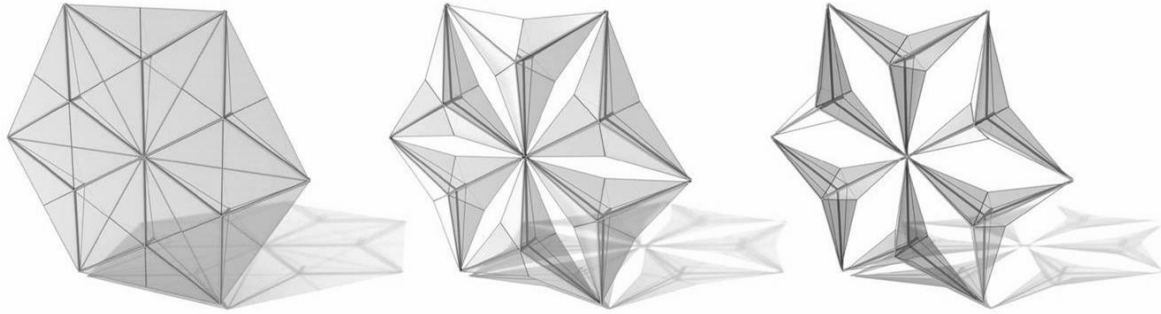
Estas torres emplean un sistema de sombreado basado en una celosía tradicional árabe. Desarrollado mediante un equipo de diseño computacional, el trabajo de los arquitectos e ingenieros consistió en encontrar una descripción paramétrica para la geometría de los **paneles móviles de la fachada y simular su funcionamiento en respuesta a la exposición al sol** y el consiguiente cambio de ángulos de incidencia durante los diferentes días del año.



Estructura envolvente de las Torres Al Bahar con distinta incidencia solar.

Fuente: www.archdaily.com/270592/al-bahar-towers-responsive-facade-aedas

El sistema es **impulsado por la energía renovable** derivada de los paneles fotovoltaicos, la cual envuelve casi por completo la torre funcionando como muro cortina, colocándose a dos metros del exterior de los edificios en un marco independiente. **Cada triángulo está recubierto con fibra de vidrio y programado para responder al movimiento del sol** como una forma de reducir la ganancia solar y el deslumbramiento.



Esquema explicativo del funcionamiento modular de los paneles de las Torres Al Bahar
Fuente: www.archdaily.com/270592/al-bahar-towers-responsive-facade-aedas

KINETIC WALL



Kinetic Wall del salón del automóvil de la empresa Cupra.
Fuente: www.leva.io/projects/kinetic-wall

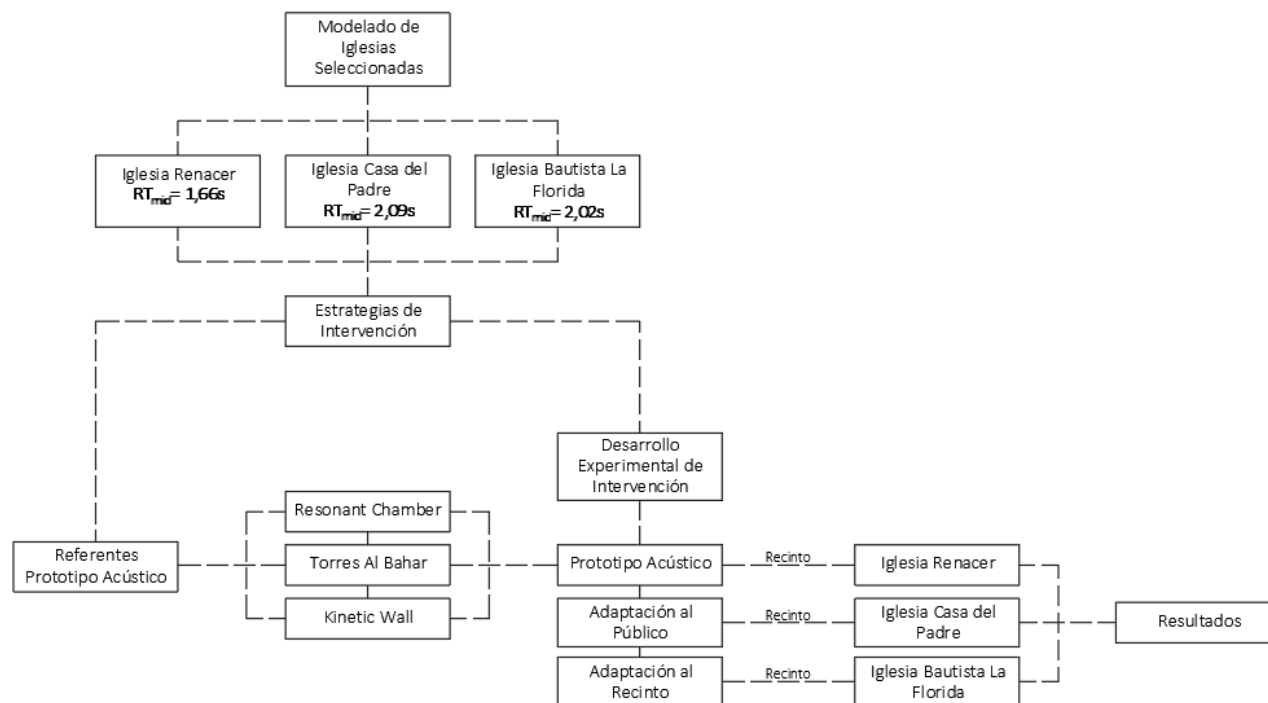
Kinetic Wall es una pared cinética compuesta por 139 "pétalos", que pueden moverse juntos en ondas y abrir "ventanas" dinámicas para que los visitantes miren a través de la pared. Esto es un trabajo realizado por el equipo creativo de Leva, TODO y Delfini Group para la pared cinética del salón del automóvil de Cupra.

Se implementó un **módulo que controla los movimientos** y transpone las entradas **a través de un software de animación**. De esta manera se crea una pared con técnicas de prototipado rápido. La creación de prototipos fue diseñada, desarrollada y probada gracias al sistema de detección basado en *Kinect*, que permite que la pared cinética interactúe con las personas.



Mecanismo modular de apertura de Kinetic Wall y estructura soportante del muro respectivamente.
Fuente: www.leva.io/projects/kinetic-wall

4.4.2 DESARROLLO EXPERIMENTAL DE INTERVENCIÓN



Mapa conceptual de experimentación acústica
Fuente: Elaboración propia

Luego de estudiar los referentes anteriores, **se buscará desarrollar una o más formas de intervenir cada uno de estos recintos** considerando los criterios con los que se buscó cada uno de los referentes. De esta manera se busca confeccionar un posible prototipo que responda de mejor manera la subsistencia de situaciones acústicas en cualquier recinto que lo requiera.

La estructura prototipada será estudiada y probada en cada una de las iglesias seleccionadas a través del software *Pachyderm*. Se considerará la metodología de ensayo y error hasta determinar la mejor opción acústicamente óptima para los recintos.

Para un buen desarrollo prototipado hay que tener en consideración lo siguiente:

Acústica Óptima

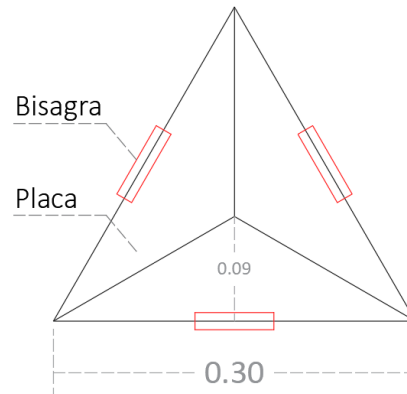
- Para las actividades de exposición oral (predicación) se estimará un RT óptimo entre 0,8s y 1,2s
- Para las situaciones musicales se estimará un RT óptimo entre 1,8s y 2,2s.

Constructibilidad

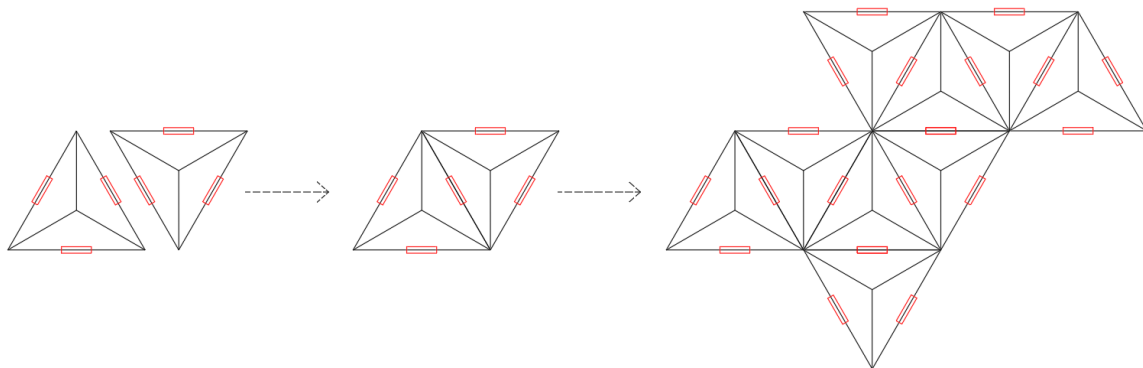
- Se debe considerar que la(s) intervención(es) que se realizarán en los recintos elegidos deben ser adaptables a ellos, es decir, sin alterar su estructura original.
- Tener la capacidad de generar dos ambientes acústicos contrarios, una situación acústica favorable para las actividades de exposición oral, y otra para las actividades musicales.
- Poseer geometrías y/o materialidades distintas implementadas en la intervención.
- Movilidad capaz de alterar geometría y/o materialidad.

4.4.2.1 PROTOTIPO ACÚSTICO

Teniendo en cuenta los requerimientos previos, se propone una **geometría base modular, tridimensional y con capacidad de adaptación multidireccional, que sea capaz de ramificarse** en una estructura más compleja dependiendo del recinto en cuestión. Esta geometría base será **el triángulo**, la cual es la figura geométrica común de los referentes estudiado.



El módulo base está conformado por un triángulo equilátero de 30 cm de lado, subdividido en 3 triángulos de altura 9 cm aproximadamente desde su baricentro a la mediana de cada arista. Cada uno de estos triángulos internos posee una bisagra electrónica que genera una rotación en 90°. De esta manera, se garantiza la utilización de distintos materiales a través de este mecanismo móvil.



Ejemplo de composición modular de la propuesta de prototipo.
Fuente: Elaboración propia

La composición geométrica de los módulos genera la posibilidad de uniones entre sí a través de sus lados, formando un conjunto más complejo de panelización, de esta manera se pueden generar múltiples geometrías acorde al tamaño del recinto.

Las **especificaciones técnicas de este mecanismo no serán propuestas en este seminario**, ya que se prioriza la idea del comportamiento acústico por sobre la mecánica constructiva.

PROPUESTA N°1

Para la propuesta n°1 se utilizó el **módulo base dentro del templo de la Iglesia Renacer**, donde se configuraron paneles acústicos con el prototipo triangular utilizando los muros y el cielo del templo como base de soporte para cada panel.

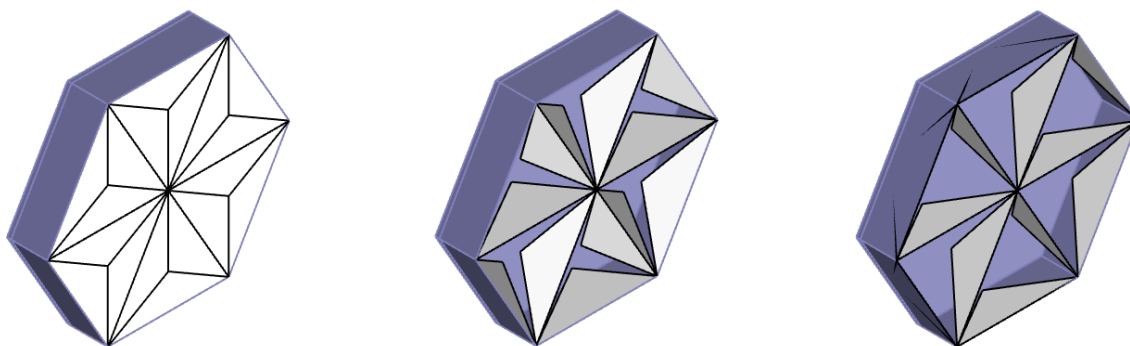
Se utilizaron **dos materiales con características contrarias acústicamente** para la realización experimental de datos entregados por el software *Pachyderm*. Estos materiales son:

MATERIALES	COEFICIENTES DE ABSORCIÓN					
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Acero	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Espuma Absorbente	0.38	0.76	0.94	1.18	1.28	1.28

Tabla de materiales empleados en el prototipo acústico y sus coeficientes de absorción α

Fuente: Elaboración propia, obtenida de la edición 2010 del catálogo de Coef. De absorción de la Facultad de arquitectura, diseño y urbanismo de Buenos aires, Argentina.

Los paneles, conformados por un conjunto de módulos triangulares del prototipo, son pensados para que las placas triangulares individuales se abran hacia el interior, dejando como consecuencia un espacio mínimo interno de 9cm de espesor para poder contener cada placa es su apertura total (90°).



Ejemplo de panel conformado por 6 módulos de prototipo. La figura muestra los paneles cerrados, en 45° de apertura hacia adentro y en 90° de apertura hacia adentro respectivamente.

Fuente: Elaboración propia

Como se puede ver en la imagen, los materiales están diferenciados por color, en donde **el color azul representa la espuma absorbente y el gris representa el material de acero**.

De esta manera se configuran dos situaciones acústicas distintas dependiendo de las aperturas de cada panel dentro del recinto, donde la situación acústica será de mayor reflectancia cuando las placas estén totalmente cerradas, haciendo contacto directo con el acero por lo tanto teniendo una menor absorbencia acústica. Por otro lado, a medida que aumenta la apertura de las placas hacia el interior del panel, las ondas sonoras comenzaran a tener contacto con el material absorbente reduciendo la reflectancia y aumentando la absorción acústica del recinto.

Para comprobar la efectividad del diseño del prototipo, se configuró una serie de paneles al interior de la Iglesia Renacer, quedando de la siguiente manera:

REVERBERACIÓN PARAMÉTRICA
METODOLOGÍA PARAMÉTRICA PARA EL MEJORAMIENTO EN EL ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO DE LOS
TEMPLOS EVANGÉLICOS.

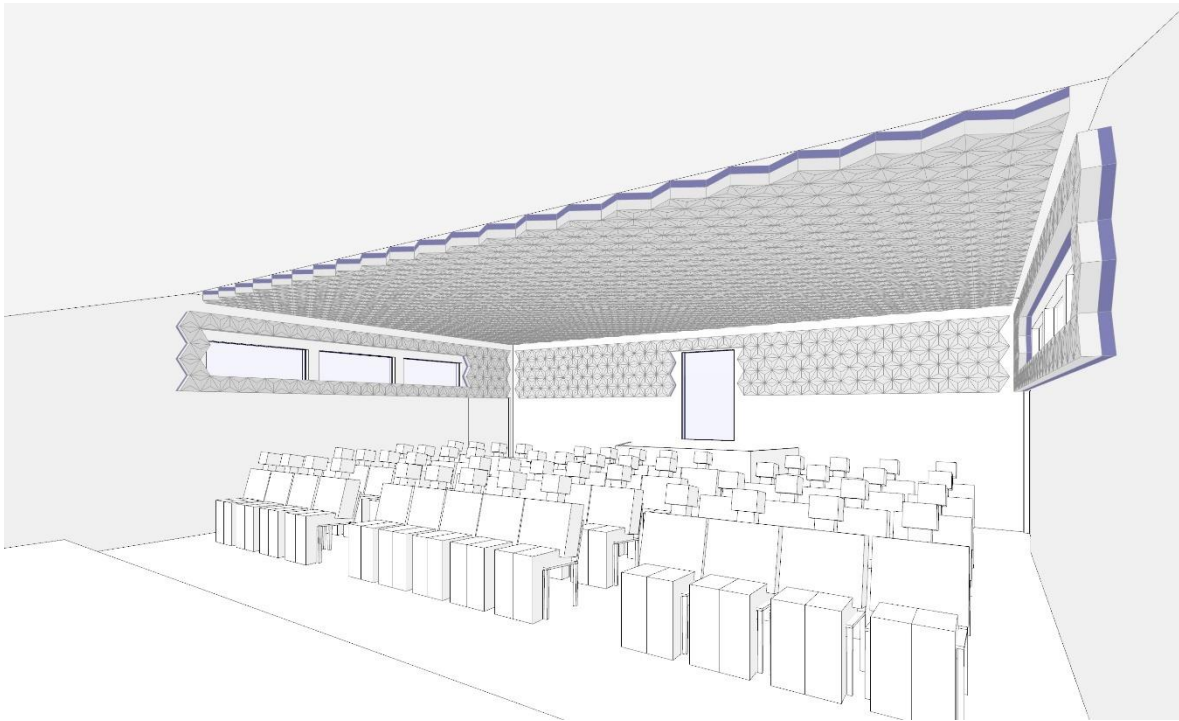


Imagen objetivo de la iglesia bíblica bautista Renacer con paneles cerrados de la propuesta n°1
Fuente: Elaboración propia, Software Rhinoceros.

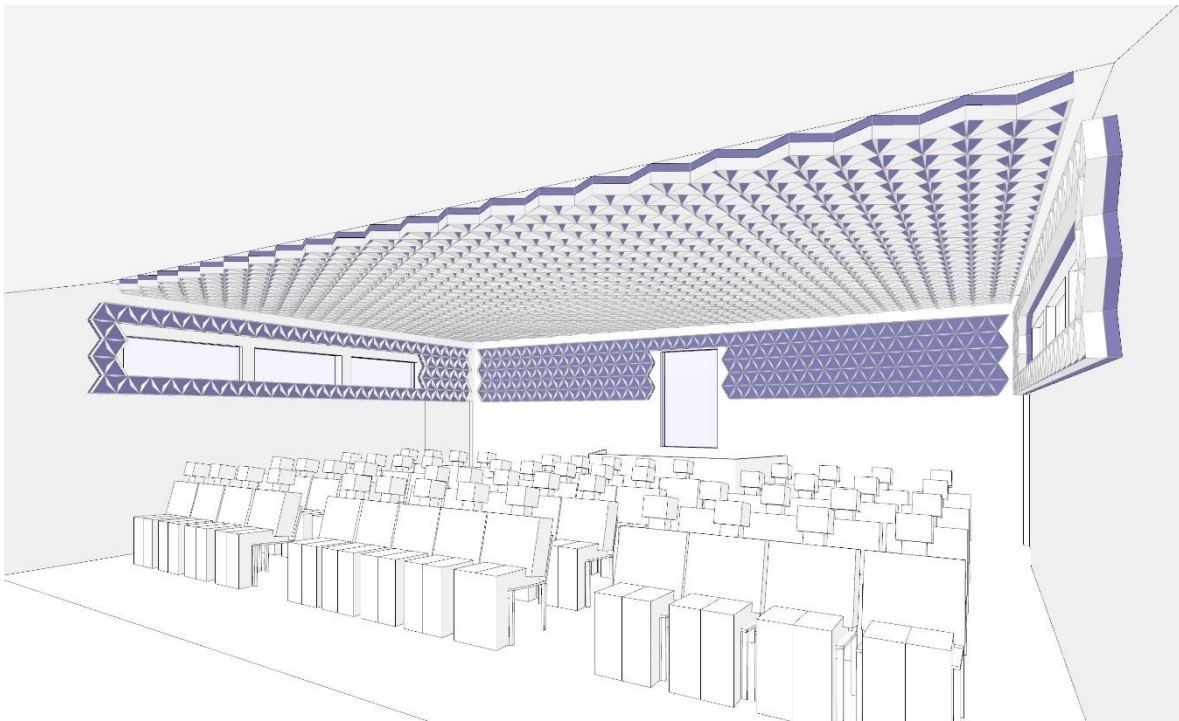
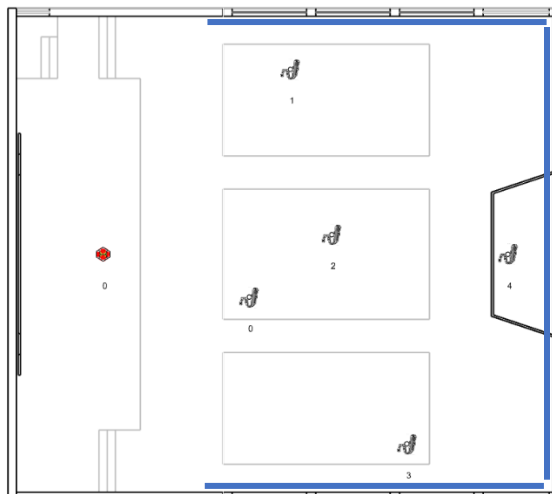


Imagen objetivo de la iglesia bíblica bautista Renacer con paneles abiertos de la propuesta n°1
Fuente: Elaboración propia, Software Rhinoceros.

Se colocaron los paneles laterales en los muros por sobre los 2 metros de altura, de esta manera dejar 2 metros de muro para la utilización de los participantes.

Además, se utilizó la mayor superficie en el cielo de madera

Se retoma la misma posición de receptores y emisor para la obtención de resultados a través del software *Pachyderm*, los cuales fueron utilizados con anterioridad en la iglesia Renacer.



Planta iglesia Renacer con emisor expositor (0) y 5 receptores distribuidos del 0 al 4. Posición de paneles acusticos: Azul de apertura/cerrado completa.

Fuente: Elaboración propia

Los resultados fueron los siguientes:

Recinto con paneles cerrados

$$RT_{mid (R0)} = 1,67 \text{ s}$$

$$RT_{mid (R1)} = 1,71 \text{ s}$$

$$RT_{mid (R2)} = 1,72 \text{ s}$$

$$RT_{mid (R3)} = 1,74 \text{ s}$$

$$RT_{mid (R4)} = 1,74 \text{ s}$$

$$RT_{Total} = 1,72 \text{ s}$$

Recinto con paneles abiertos

$$RT_{mid (R0)} = 1,55 \text{ s}$$

$$RT_{mid (R1)} = 1,68 \text{ s}$$

$$RT_{mid (R2)} = 1,58 \text{ s}$$

$$RT_{mid (R3)} = 1,62 \text{ s}$$

$$RT_{mid (R4)} = 1,61 \text{ s}$$

$$RT_{Total} = 1,61 \text{ s}$$

Si comparamos los resultados obtenidos de la iglesia Renacer antes de ser intervenida, los cuales fueron de un RT_{mid} de 1,66s, la intervención acústica a través de **los paneles de la propuesta n°1 producen los resultados esperados.**

Si bien es cierto, el aumento y disminución de los segundos en cuanto a RT, tuvo modificaciones positivas para las situaciones requeridas, no fueron suficiente para satisfacer las dos actividades que se hacen en el recinto.

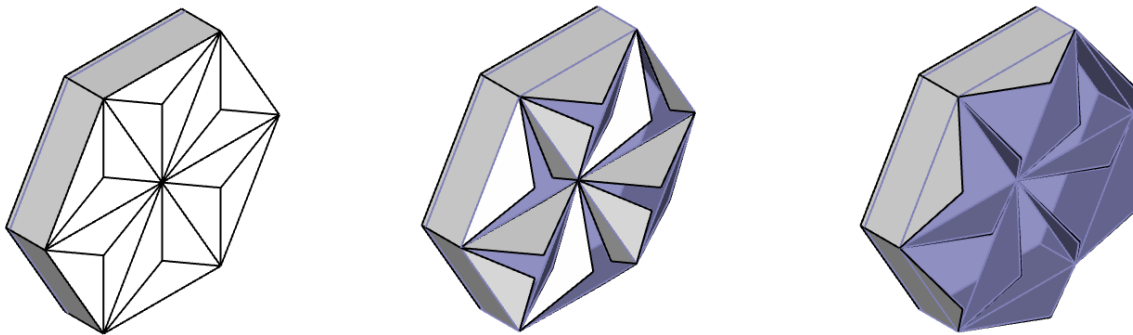
Si en el dos extremos de la utilización de los paneles, es decir, cuando las placas estén cerradas o abiertas a 90° (como muestran las imágenes anteriores respectivamente), no se satisfacen o superan los rangos óptimos de tiempo de reverberación determinados al inicio de este capítulo, la intervención queda determinada como fallida.

PROPUESTA N°2

Para la propuesta n°2 se seguirá utilizando el módulo base dentro del templo de la Iglesia Renacer en paredes y cielo del recinto.

Se mantendrán los materiales acústicos de la propuesta anterior con modificaciones en la disposición de ellos.

Los paneles, conformados por un conjunto de módulos triangulares del prototipo original, son pensados para que las **placas triangulares individuales se abran hacia el exterior** esta vez, dejando un espacio vacío interno de 9cm de espesor para aumentar la cantidad de rebotes de cada rayo de sonido emitido por el emisor, de esta manera aumentar la absorbencia cuando las placas estén abiertas.



Ejemplo de panel conformado por 6 módulos de prototipo. La figura muestra los paneles cerrados, en 45° de apertura hacia afuera y en 90° de apertura hacia afuera respectivamente.

Fuente: Elaboración propia

Con esta modificación de apertura, **se busca conservar al máximo el impacto de las ondas sonoras en cada una de las superficies**, otorgándole mayor capacidad a cada una de ellas en su máxima expresión, es decir, cuando los paneles estén cerrados, ver la mayor cantidad de superficie de acero, por el contrario, cuando los paneles estén abiertos, ver en mayor porcentaje el material absorbente.

Esto ocurre gracias a que **las placas de acero se juntan al abrirse hacia afuera, dejando expuesta el área absorbente**. Además, se le concede un espacio vacío al interior que se espera sea de mayor absorbencia al aumentar el volumen de contacto.

Para comprobar la efectividad del diseño del prototipo, se configuró una nueva distribución de paneles al interior de la Iglesia Renacer tratando de abarcar la mayor cantidad de superficie posible. Las siguientes imágenes muestran su disposición:

REVERBERACIÓN PARAMÉTRICA
METODOLOGÍA PARAMÉTRICA PARA EL MEJORAMIENTO EN EL ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO DE LOS
TEMPLOS EVANGÉLICOS.

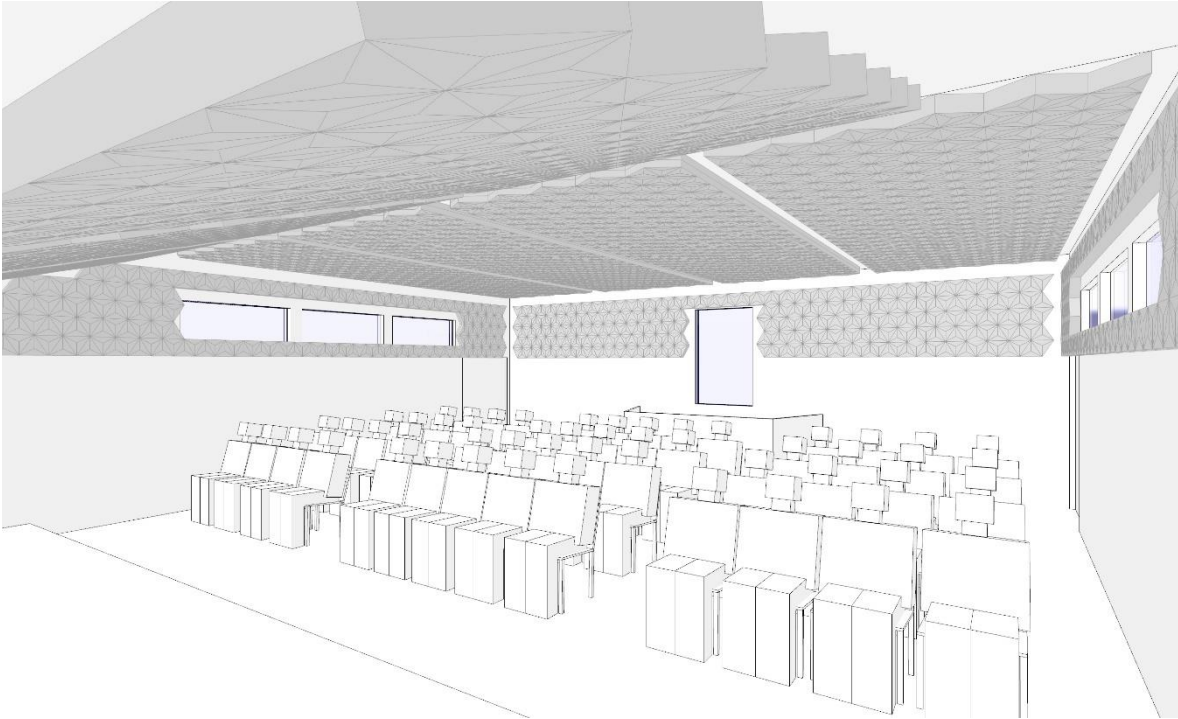


Imagen objetivo 1 de la iglesia bíblica bautista Renacer con paneles cerrados de la propuesta n°2
Fuente: Elaboración propia, Software Rhinoceros.

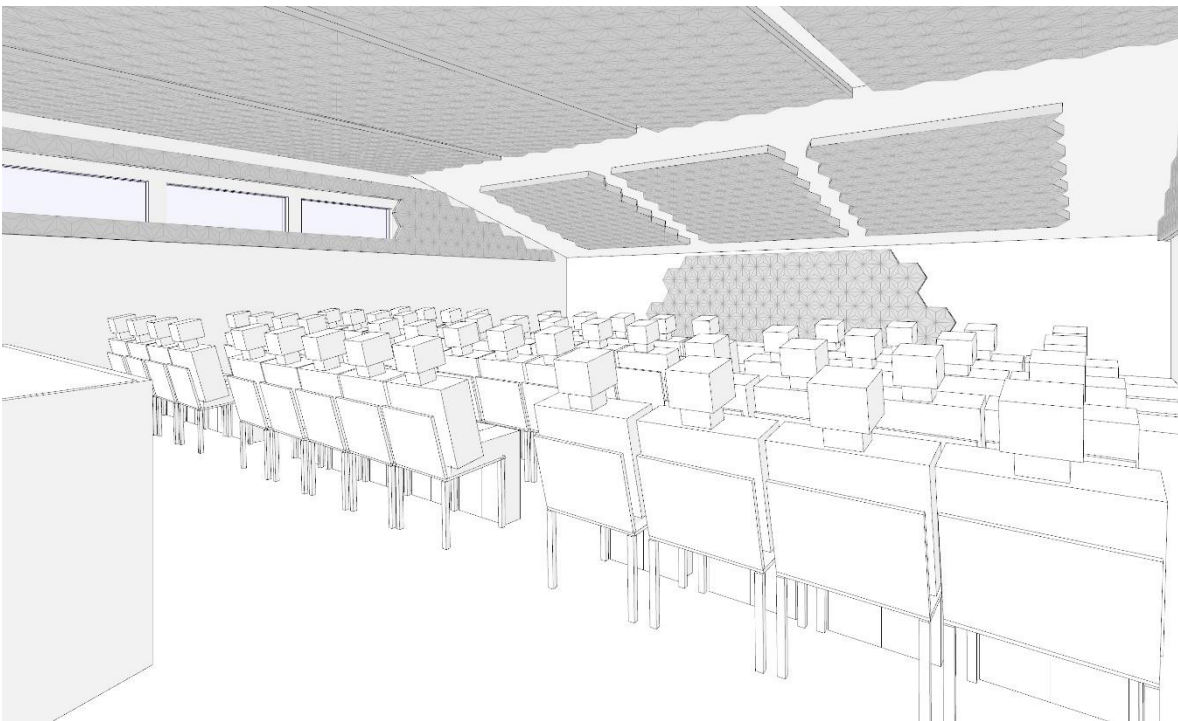


Imagen objetivo 2 de la iglesia bíblica bautista Renacer con paneles cerrados de la propuesta n°2
Fuente: Elaboración propia, Software Rhinoceros.

REVERBERACIÓN PARAMÉTRICA
METODOLOGÍA PARAMÉTRICA PARA EL MEJORAMIENTO EN EL ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO DE LOS
TEMPLOS EVANGÉLICOS.

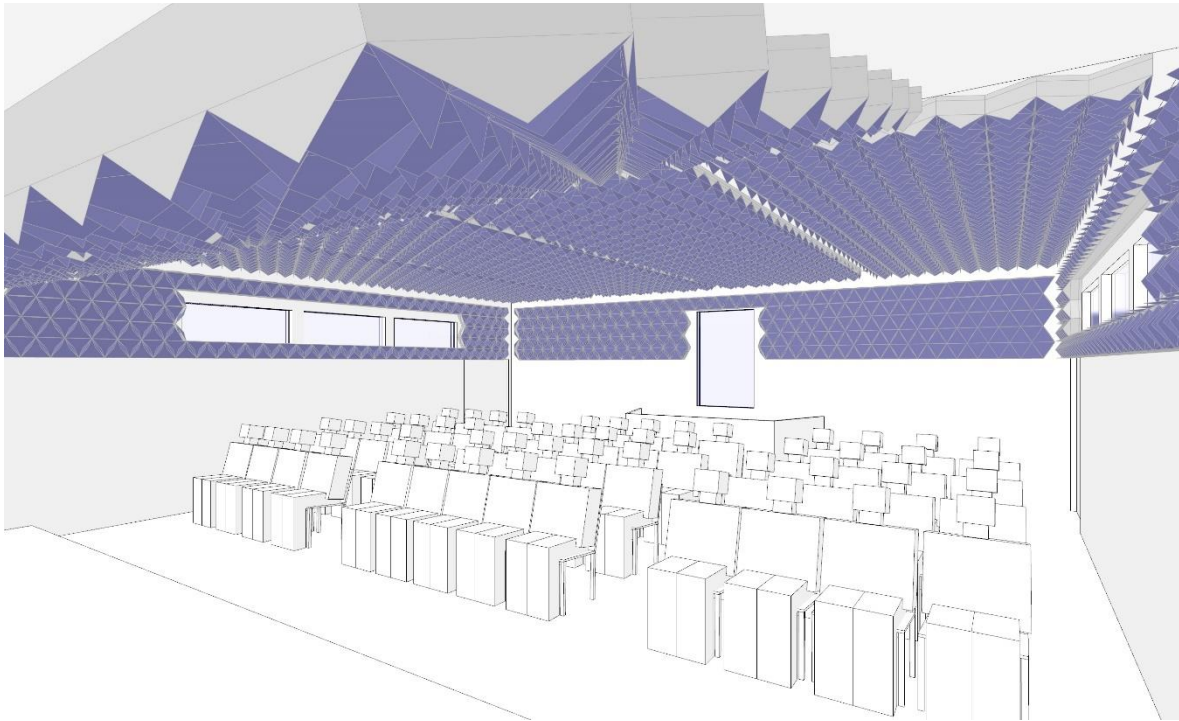


Imagen objetivo 1 de la iglesia bíblica bautista Renacer con paneles abiertos de la propuesta n°2
Fuente: Elaboración propia, Software Rhinoceros.

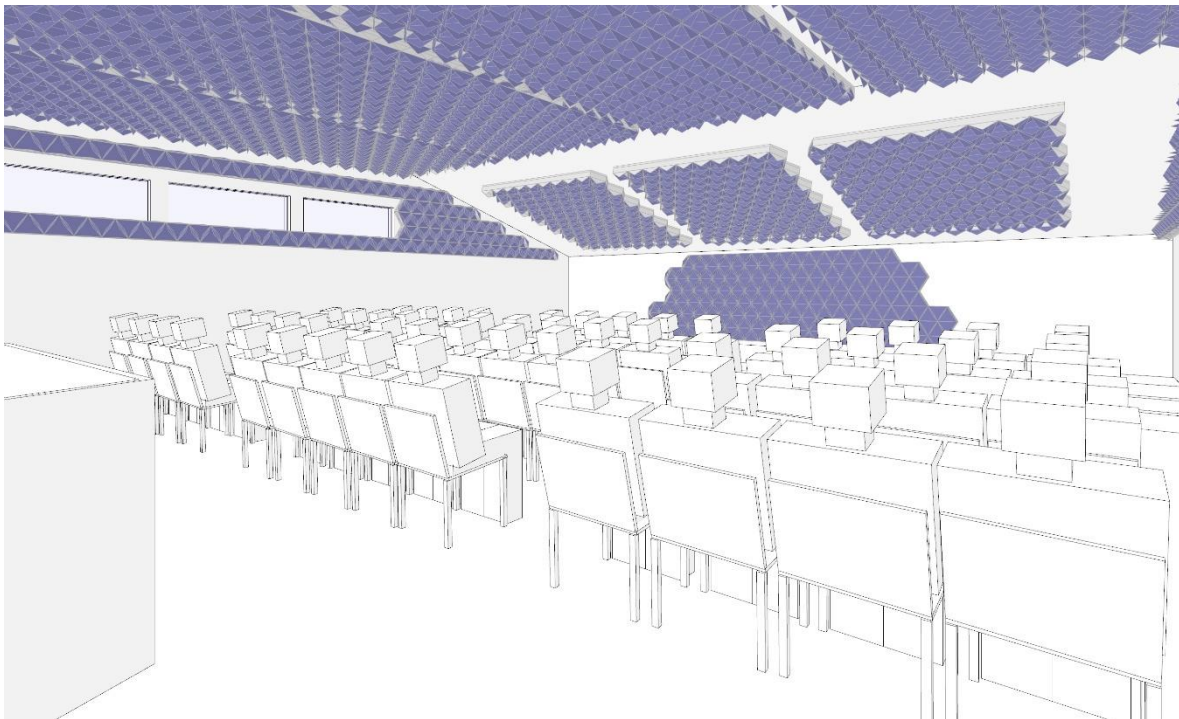
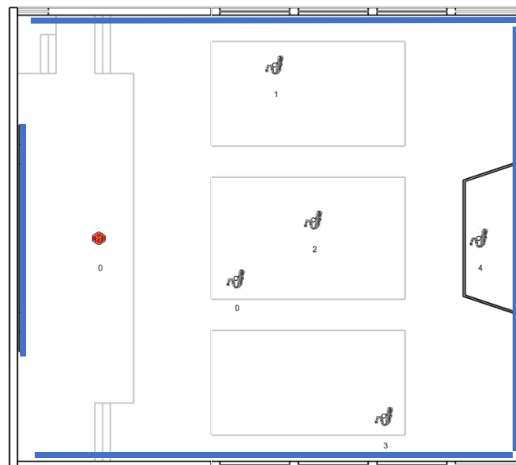


Imagen objetivo 2 de la iglesia bíblica bautista Renacer con paneles abiertos de la propuesta n°2
Fuente: Elaboración propia, Software Rhinoceros.

Se mantienen los paneles laterales en los muros por sobre los 2 metros de altura, además de utilizar la mayor superficie en el cielo de madera

Se extienden los paneles en los muros laterales y en el cielo de yeso sobre el pulpito, también se incorporan paneles por detrás del emisor para una interacción más directa con los paneles.

Se retoma la misma posición de receptores y emisor para la obtención de resultados a través del software *Pachyderm*, los cuales fueron utilizados con anterioridad en la iglesia Renacer.



Planta iglesia Renacer con emisor expositor (0) y 5 receptores distribuidos del 0 al 4. Posición de paneles acústicos: Azul de apertura/cerrado completa.

Fuente: Elaboración propia

Los resultados fueron los siguientes:

Recinto con paneles cerrados

$$RT_{mid (R0)} = 1,86 \text{ s}$$

$$RT_{mid (R1)} = 1,86 \text{ s}$$

$$RT_{mid (R2)} = 1,93 \text{ s}$$

$$RT_{mid (R3)} = 1,81 \text{ s}$$

$$RT_{mid (R4)} = 1,88 \text{ s}$$

$$RT_{Total} = 1,87 \text{ s}$$

Recinto con paneles abiertos

$$RT_{mid (R0)} = 1,37 \text{ s}$$

$$RT_{mid (R1)} = 1,60 \text{ s}$$

$$RT_{mid (R2)} = 1,43 \text{ s}$$

$$RT_{mid (R3)} = 1,48 \text{ s}$$

$$RT_{mid (R4)} = 1,48 \text{ s}$$

$$RT_{Total} = 1,47 \text{ s}$$

Si comparamos los resultados obtenidos de la iglesia Renacer antes de ser intervenida, los cuales fueron de un RT_{mid} de 1,66s, la intervención acústica a través de **los paneles de la propuesta n°2 no producen los resultados esperados al igual que la propuesta n°1.**

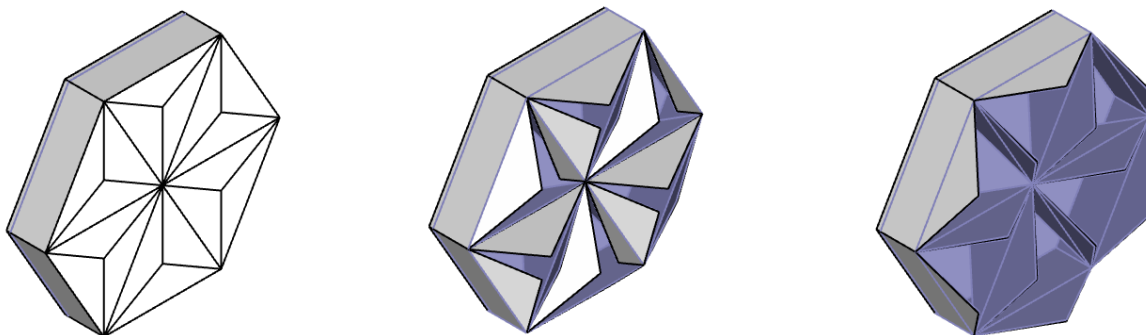
Hubo una mejora en cuanto al aumento y disminución de los segundos en cuanto a RT, llegando incluso a estar en un tiempo de reverberación óptimo para las actividades musicales cuando los paneles están cerrados. Sin embargo, con los paneles abiertos la absorción acústica no alcanza a ser óptima para sostener las actividades de exposición oral dentro del recinto por una diferencia de 0,27s.

A pesar de que los resultados fueron aproximados a los valores óptimos sugeridos, para alcanzar los tiempos de reverberación adecuados habría que colocar más paneles al interior del recinto y comprobar su proximidad a lo óptimo. Sin embargo, se considera la experimentación de la propuesta n°2 como fallida debido a la sobrecarga de paneles al interior del recinto, lo cual es un uso excesivo de superficie abarcada, sin lograr grandes resultados.

PROPUESTA N°3

Para la propuesta n°3 se seguirán manteniendo los materiales acústicos de la propuesta anterior con modificaciones en la disposición de ellos.

Se conserva la propuesta n°2 de paneles **añadiendo placas internas absorbentes en contraposición a las placas móviles** para aumentar la cantidad de superficies absorbentes de rebote de ondas a la hora de tener los paneles abiertos.



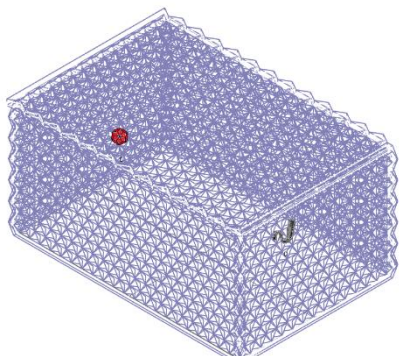
Ejemplo de panel modificado conformado por 6 módulos de prototipo. La figura muestra los paneles cerrados, en 45° de apertura hacia afuera y en 90° de apertura hacia afuera respectivamente.

Fuente: Elaboración propia

Con esta modificación de apertura, se busca conservar al máximo el impacto de las ondas sonoras en cada una de las superficies, otorgándole mayor capacidad a cada una de ellas en su máxima expresión, es decir, cuando los paneles estén cerrados, ver la mayor cantidad de superficie de acero, por el contrario, cuando los paneles estén abiertos, ver en mayor porcentaje el material absorbente.

Esto ocurre gracias a que las placas de acero se juntan al abrirse hacia afuera, dejando expuesta el área absorbente. Como se mencionó anteriormente, se le concede un espacio vacío al interior del panel que **contendrá placas fijas de material absorbente para aumentar la superficie de contacto.**

Debido a las fallas de las dos propuestas anteriores, teniendo en cuenta la gran cantidad de paneles utilizados dentro del recinto. **Se probó su efectividad a través de una cámara acústica** de 5m x 6m x 4m con los paneles cerrados y abiertos respectivamente. Para ello se utilizó solo un emisor y un receptor como lo muestra el siguiente esquema.



Cámara acústica con paneles acústicos abiertos de la propuesta n°3. Con un emisor y un receptor.

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de la cámara acústica en el software Pachyderm fueron los siguientes:

Paneles cerrados

$RT_{mid (R0)} = 0,03 \text{ s}$

Paneles abiertos

$RT_{mid (R0)} = 1,99 \text{ s}$

Los resultados demuestran que **el prototipo funciona efectivamente**, determinando valores muy reverberantes cuando los paneles están cerrados, y valores bajos de reverberación cuando los paneles están abiertos.

Estudiando las diferencias y semejanzas que podría tener la cámara acústica y la iglesia Renacer con las propuestas 1 y 2, es que se puede inferir que **los resultados varían significativamente de acuerdo a la altura de los paneles con respecto al receptor.**

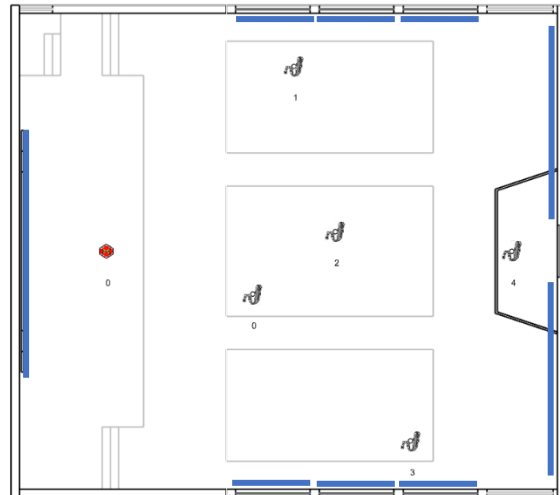
Para comprobar la efectividad del diseño de la propuesta n°3, y la hipótesis relacionada a la cámara acústica, **se configuró una nueva serie de paneles** al interior de la Iglesia Renacer, tratando de abarcar la **menor cantidad de superficie posible, posicionando los paneles a la altura del receptor.**

Se posicionan los paneles en los muros por sobre el metro de altura, sin utilizar superficie de cielo.

Se utilizan 6 paneles laterales a la altura de los receptores y se mantiene el panel en el púlpito (detrás del emisor). Se subdivide el panel trasero en 2 paneles a la altura de los receptores.

Se retoma la misma posición de receptores y emisor para la obtención de resultados a través del software *Pachyderm*, los cuales fueron utilizados con anterioridad en la iglesia Renacer.

Las siguientes imágenes muestran el posicionamiento de los paneles de la propuesta n°3 en la iglesia Renacer.



Planta iglesia Renacer con emisor expositor (0) y 5 receptores distribuidos del 0 al 4. Posición de paneles acústicos: Azul de apertura/cerrado completa.
Fuente: Elaboración propia

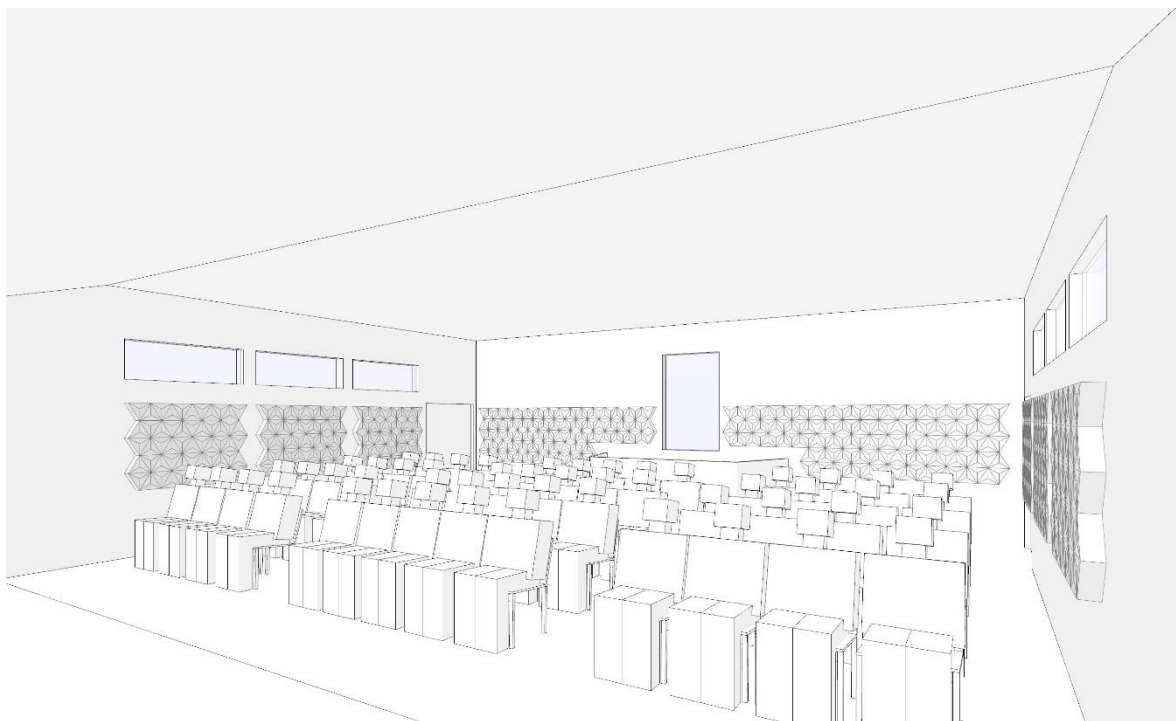


Imagen objetivo 1 de la iglesia bíblica bautista Renacer con paneles cerrados de la propuesta n°3
Fuente: Elaboración propia, Software Rhinoceros.

REVERBERACIÓN PARAMÉTRICA
METODOLOGÍA PARAMÉTRICA PARA EL MEJORAMIENTO EN EL ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO DE LOS
TEMPLOS EVANGÉLICOS.

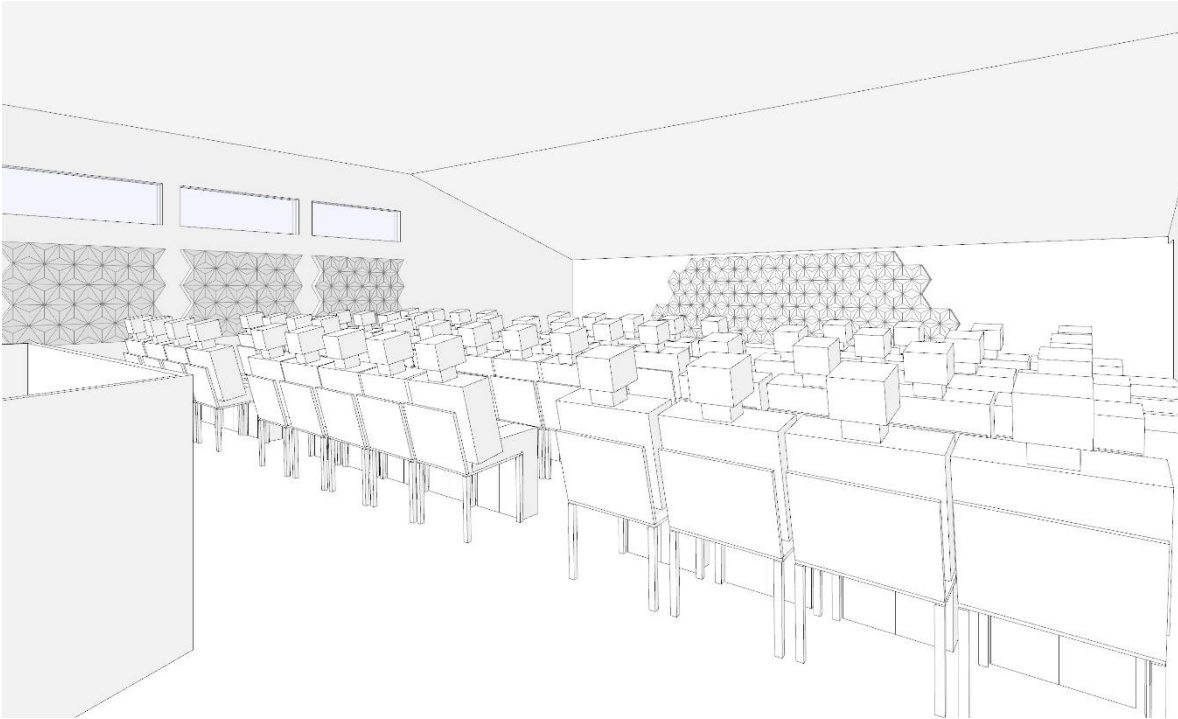


Imagen objetivo 2 de la iglesia bíblica bautista Renacer con paneles cerrados de la propuesta n°3
Fuente: Elaboración propia, Software Rhinoceros.

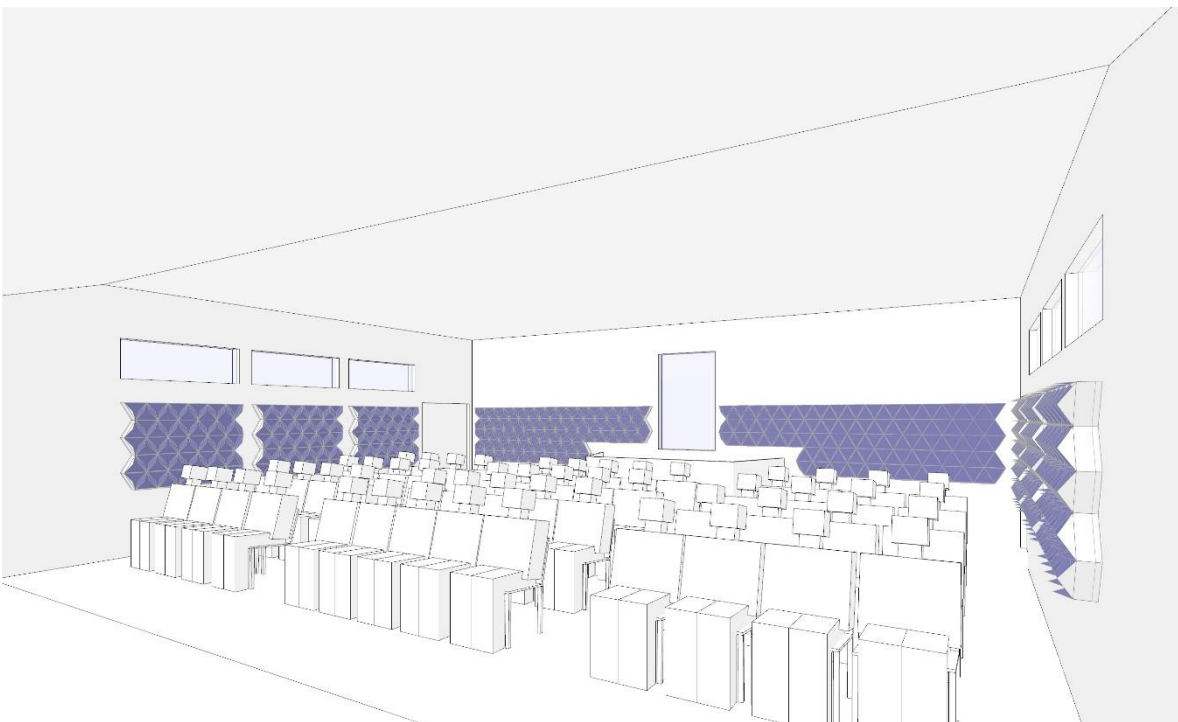


Imagen objetivo 1 de la iglesia bíblica bautista Renacer con paneles abiertos de la propuesta n°3
Fuente: Elaboración propia, Software Rhinoceros.

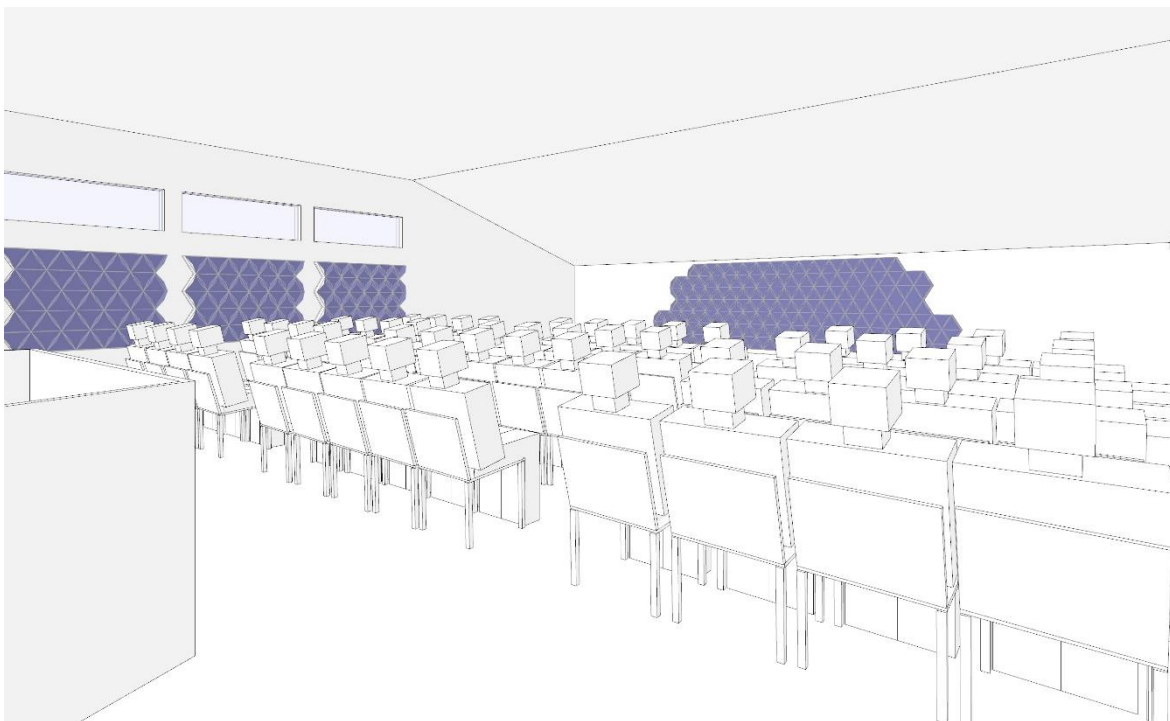


Imagen objetivo 2 de la iglesia bíblica bautista Renacer con paneles abiertos de la propuesta n°3
Fuente: Elaboración propia, Software Rhinoceros.

Los resultados del tiempo de reverberación a través del software *Pachyderm* fueron los siguientes:

Recinto con paneles cerrados

$$RT_{mid (R0)} = 1,86 \text{ s}$$

$$RT_{mid (R1)} = 1,96 \text{ s}$$

$$RT_{mid (R2)} = 1,92 \text{ s}$$

$$RT_{mid (R3)} = 1,91 \text{ s}$$

$$RT_{mid (R4)} = 1,87 \text{ s}$$

$$RT_{Total} = 1,90 \text{ s}$$

Recinto con paneles abiertos

$$RT_{mid (R0)} = 1,10 \text{ s}$$

$$RT_{mid (R1)} = 1,06 \text{ s}$$

$$RT_{mid (R2)} = 0,94 \text{ s}$$

$$RT_{mid (R3)} = 0,94 \text{ s}$$

$$RT_{mid (R4)} = 1,09 \text{ s}$$

$$RT_{Total} = 1,02 \text{ s}$$

Si comparamos los resultados obtenidos de la iglesia Renacer antes de ser intervenida, los cuales fueron de un RT_{mid} de 1,66s, **la intervención acústica a través de los paneles de la propuesta n°3 fueron óptimos para cada ambiente acústico.**

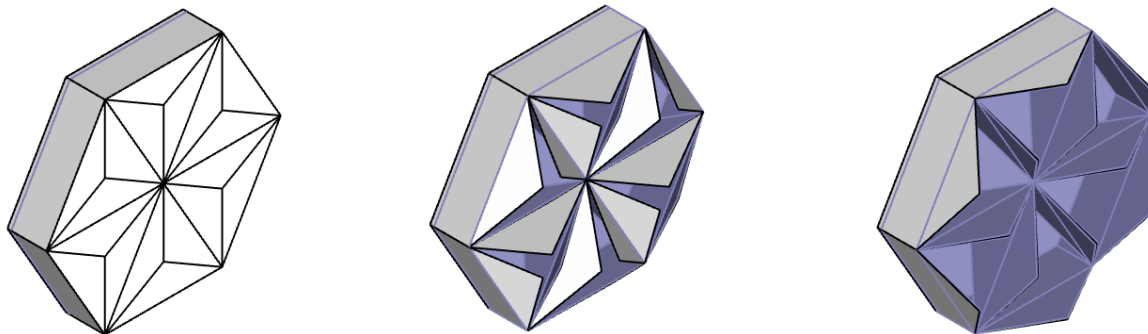
Dado que para las actividades de exposición oral (predicación) se estimó un RT óptimo entre 0,8s y 1,2s y para las situaciones musicales un RT óptimo entre 1,8s y 2,2s, los resultados fueron satisfactorios para la propuesta de prototipo n°3.

Se concluye que **ambas actividades acústicas son viables dentro del recinto Iglesia Renacer** con la propuesta de prototipo n°3. Con los paneles completamente cerrados para el caso de realizar una actividad musical, y con los paneles completamente abiertos para la realización de las actividades de exposición oral como la predicación. Esto **gracias a la posición de paneles a la altura del receptor acústico**, que en la realidad sería a la altura del oído, evitando la sobreutilización de paneles al interior del recinto, dejando óptima tanto su acústica como su estética visual.

4.4.2.2 ADAPTACIÓN AL PÚBLICO

Después de confeccionar el prototipo ideal para mantener la acústica de actividades contrarias en la iglesia Renacer, **se busca explorar las características móviles del prototipo**. Para ello es necesario diseñar el interior de la iglesia Casa del Padre con el prototipo propuesto, esto debido a la geometría alargada del recinto que permitirá dar respuesta a **las situaciones acústicas que ocurran en la iglesia con distintas cantidades de público en él**.

Como primera etapa, se insertó el prototipo de la propuesta n°3 en la iglesia Casa del Padre con los resultados presentes de la experimentación anterior.



Ejemplo de panel modificado conformado por 6 módulos de prototipo. La figura muestra los paneles cerrados, en 45° de apertura hacia afuera y en 90° de apertura hacia afuera respectivamente.

Fuente: Elaboración propia

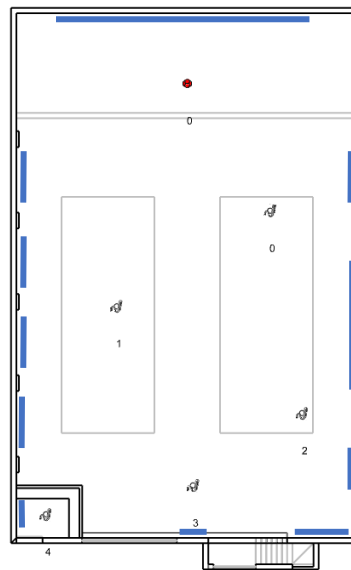
Se posicionan los paneles en los muros por sobre el metro de altura, sin utilizar superficie de cielo.

Se utilizan 5 paneles laterales a la izquierda del recinto a la altura de los receptores, 3 paneles laterales a la derecha, 2 paneles traseros y un gran panel detrás del emisor (zona del púlpito).

Cada panel se configura de distinta forma con distinta cantidad de módulos dependiendo de la superficie en la que se inserte.

Se retoma la misma posición de receptores y emisor para la obtención de resultados a través del software *Pachyderm*, los cuales fueron utilizados con anterioridad en la iglesia Casa del Padre.

Las siguientes imágenes muestran el posicionamiento de los paneles de la propuesta n°3 en la iglesia Casa del Padre.



Planta iglesia Casa del Padre con emisor expositor (0) y 5 receptores distribuidos del 0 al 4. Posición de paneles acústicos: Azul de apertura/cerrado completa.

Fuente: Elaboración propia

REVERBERACIÓN PARAMÉTRICA
METODOLOGÍA PARAMÉTRICA PARA EL MEJORAMIENTO EN EL ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO DE LOS
TEMPLOS EVANGÉLICOS.

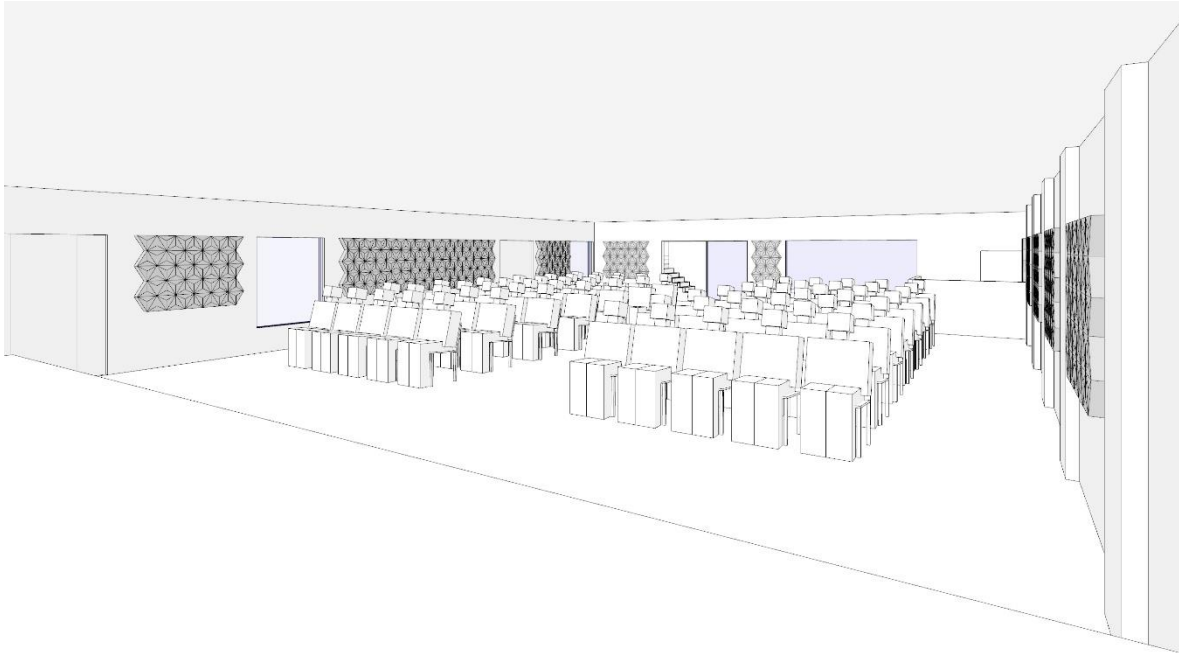


Imagen objetivo 1 de la iglesia Casa del Padre con paneles cerrados de la propuesta n°3
Fuente: Elaboración propia, Software Rhinoceros.

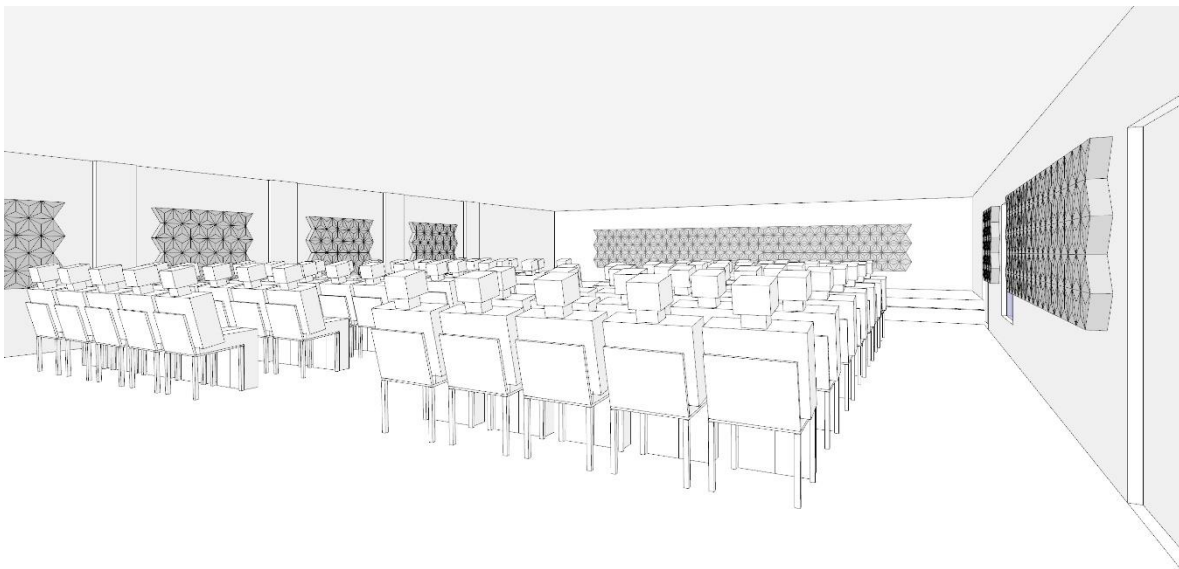


Imagen objetivo 2 de la iglesia Casa del Padre con paneles cerrados de la propuesta n°3
Fuente: Elaboración propia, Software Rhinoceros.

REVERBERACIÓN PARAMÉTRICA
METODOLOGÍA PARAMÉTRICA PARA EL MEJORAMIENTO EN EL ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO DE LOS
TEMPLOS EVANGÉLICOS.

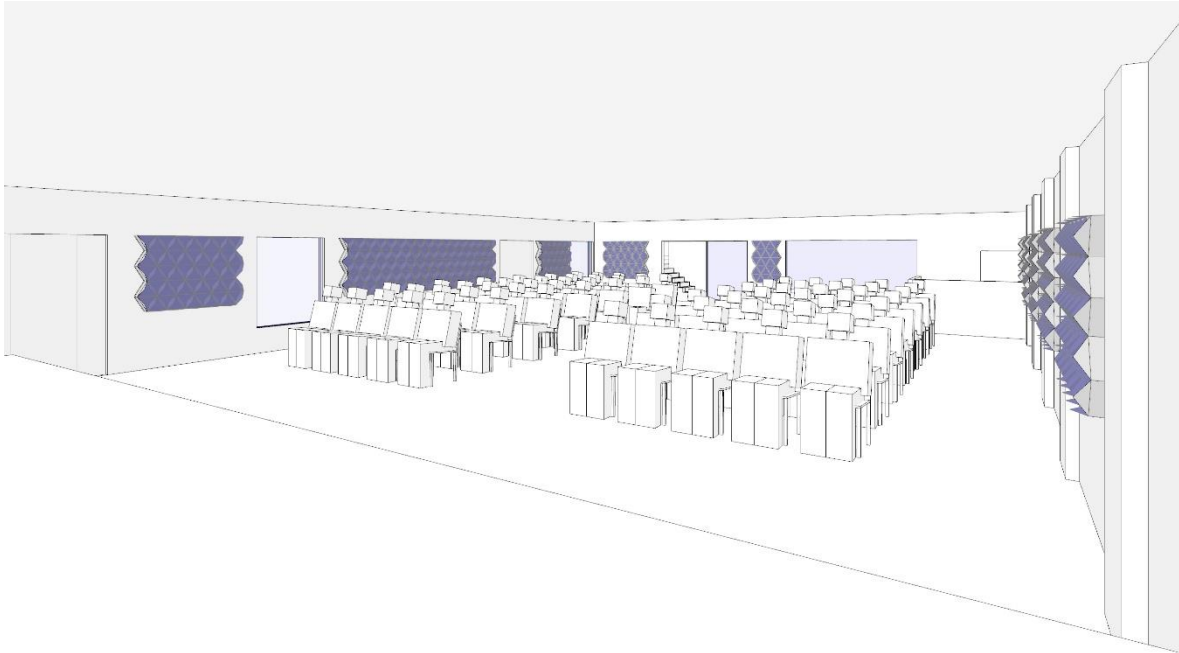


Imagen objetivo 1 de la iglesia Casa del Padre con paneles abiertos de la propuesta n°3
Fuente: Elaboración propia, Software Rhinoceros.

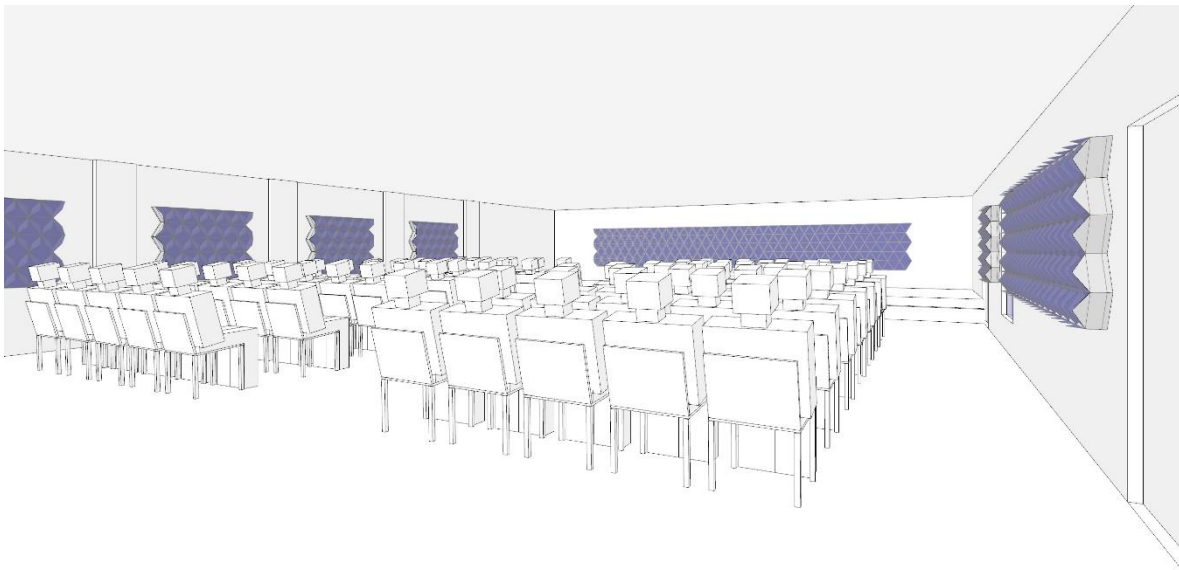


Imagen objetivo 2 de la iglesia Casa del Padre con paneles abiertos de la propuesta n°3
Fuente: Elaboración propia, Software Rhinoceros.

Los resultados del tiempo de reverberación a través del software *Pachyderm* fueron los siguientes:

Recinto con paneles cerrados

$$RT_{mid (R0)} = 2,17 \text{ s}$$

$$RT_{mid (R1)} = 2,25 \text{ s}$$

$$RT_{mid (R2)} = 2,22 \text{ s}$$

$$RT_{mid (R3)} = 2,19 \text{ s}$$

$$RT_{mid (R4)} = 2,19 \text{ s}$$

$$RT_{Total} = 2,20 \text{ s}$$

Recinto con paneles abiertos

$$RT_{mid (R0)} = 1,05 \text{ s}$$

$$RT_{mid (R1)} = 1,15 \text{ s}$$

$$RT_{mid (R2)} = 1,30 \text{ s}$$

$$RT_{mid (R3)} = 1,19 \text{ s}$$

$$RT_{mid (R4)} = 1,32 \text{ s}$$

$$RT_{Total} = 1,20 \text{ s}$$

Los resultados acústicos obtenidos de la iglesia Casa del Padre antes de ser intervenida fueron de un RT_{mid} de 2,09s aproximadamente, lo cual hace de la iglesia un recinto óptimo para satisfacer las actividades musicales. La intervención acústica a través de **los paneles de la propuesta n°3 demostraron ser óptimos para satisfacer no solo las actividades musicales, sino también para las actividades de exposición oral** como lo es la predicación bíblica.

Dado que para las actividades de exposición oral (predicación) se estimó un RT óptimo entre 0,8s a 1,2s y para las situaciones musicales un RT óptimo entre 1,8s a 2,2s, los resultados fueron satisfactorios para la propuesta de prototipo n°3 en la iglesia Casa del Padre. Sin embargo, **al ser este un recinto con una geometría más alargada**, es necesario tener una idea aproximada de las **situaciones acústicas considerando la cantidad de personas dentro del recinto**.

El recinto posee una capacidad de 112 espectadores aproximadamente, cantidad total con la cual fue medida acústicamente con paneles totalmente cerrados y paneles totalmente abiertos. Para conocer un espectro mucho más amplio de situaciones acústicas para las dos actividades principales dentro de una iglesia evangélica, **será necesario experimentar la disminución de público durante dichas actividades para conocer la efectividad de los paneles acústicos**.

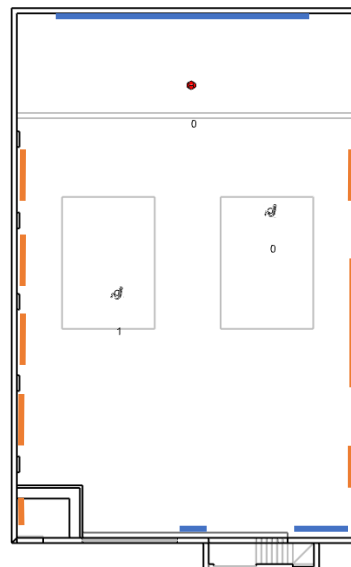
Para la siguiente experimentación **se redujo la cantidad de público en un 50%**, dejando a los espectadores en la zona más cercana al emisor acústico.

Se imparte la **calidad autónoma de los módulos del prototipo** para generar una situación acústica acorde a la cantidad de personas que se encuentren en el recinto, teniendo en cuenta la geometría del lugar.

En este caso, se realizó el cálculo acústico a través del software *Pachyderm* con una **gradiente de apertura en los paneles**, dejando los extremos arriba y abajo, es decir, en la zona del púlpito y en la zona trasera del recinto respectivamente.

Se retoma la misma posición del emisor para la obtención de resultados a través del software *Pachyderm*, y dos receptores distribuidos en la mitad de los espectadores próximo al púlpito.

Las siguientes imágenes muestran el posicionamiento de los paneles acústicos adaptados al 50% de audiencia en la iglesia Casa del Padre.



Iglesia Casa del Padre con emisor (0) y dos receptores (0 y 1). Posición de paneles acústicos: Azul de apertura/cerrado completa; Naranja apertura gradiente.

Fuente: Elaboración propia

REVERBERACIÓN PARAMÉTRICA
METODOLOGÍA PARAMÉTRICA PARA EL MEJORAMIENTO EN EL ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO DE LOS
TEMPLOS EVANGÉLICOS.

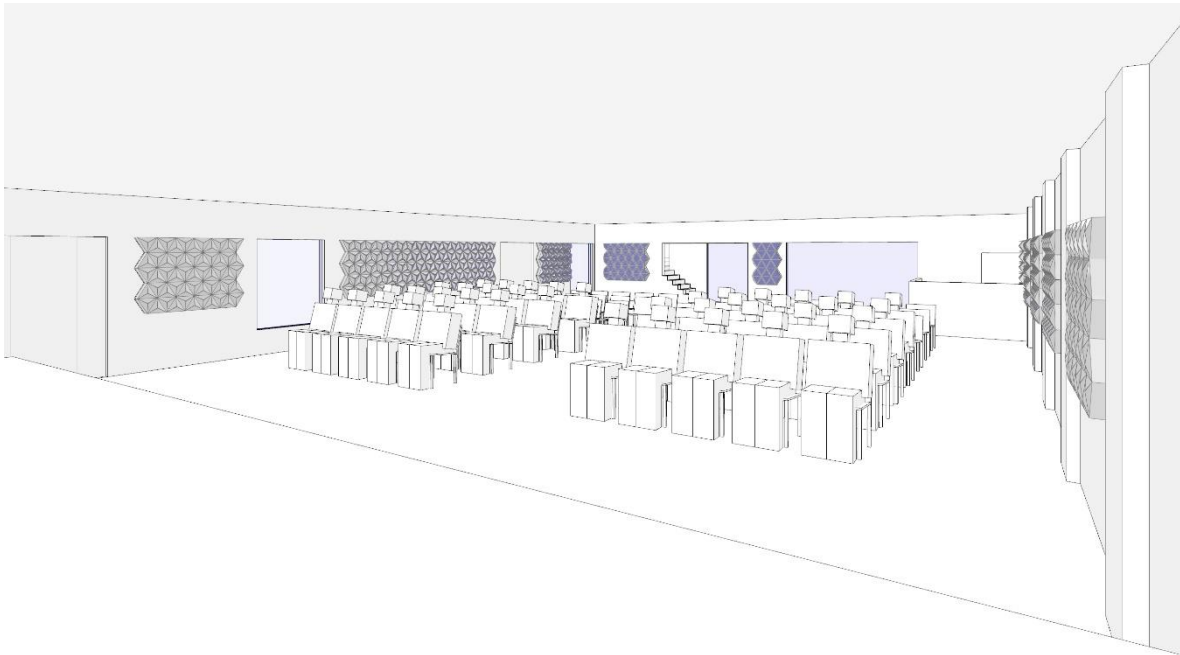


Imagen objetivo 1 de la iglesia Casa del Padre con paneles cerrados en gradiente hacia el púlpito. 50% de audiencia cercana al púlpito
Fuente: Elaboración propia, Software Rhinoceros.

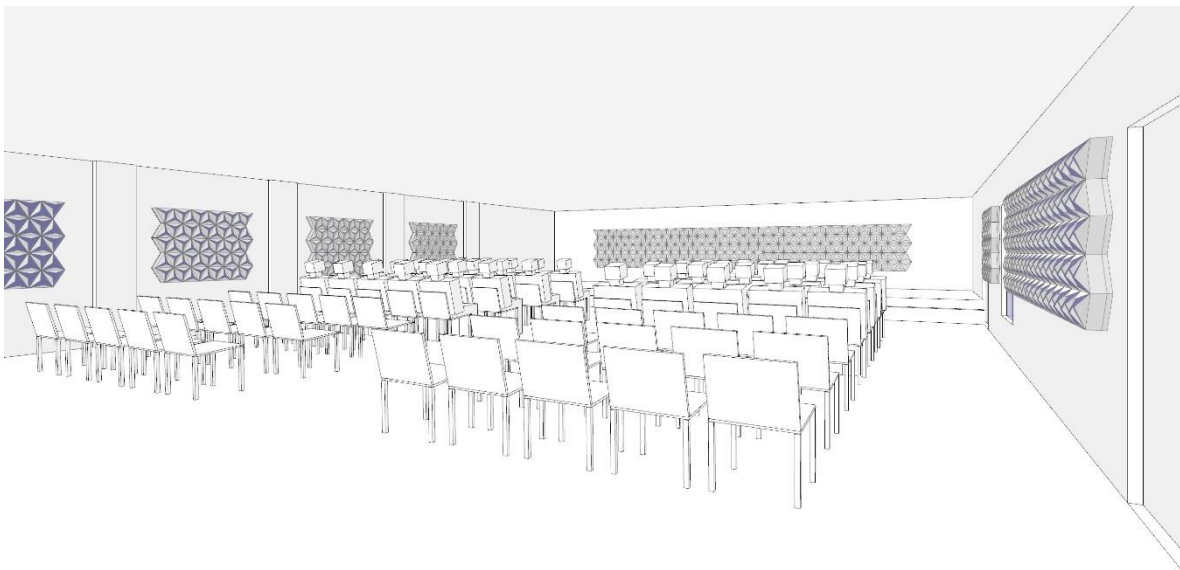


Imagen objetivo 2 de la iglesia Casa del Padre con paneles cerrados en gradiente hacia el púlpito. 50% de audiencia cercana al púlpito
Fuente: Elaboración propia, Software Rhinoceros.

REVERBERACIÓN PARAMÉTRICA
METODOLOGÍA PARAMÉTRICA PARA EL MEJORAMIENTO EN EL ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO DE LOS
TEMPLOS EVANGÉLICOS.

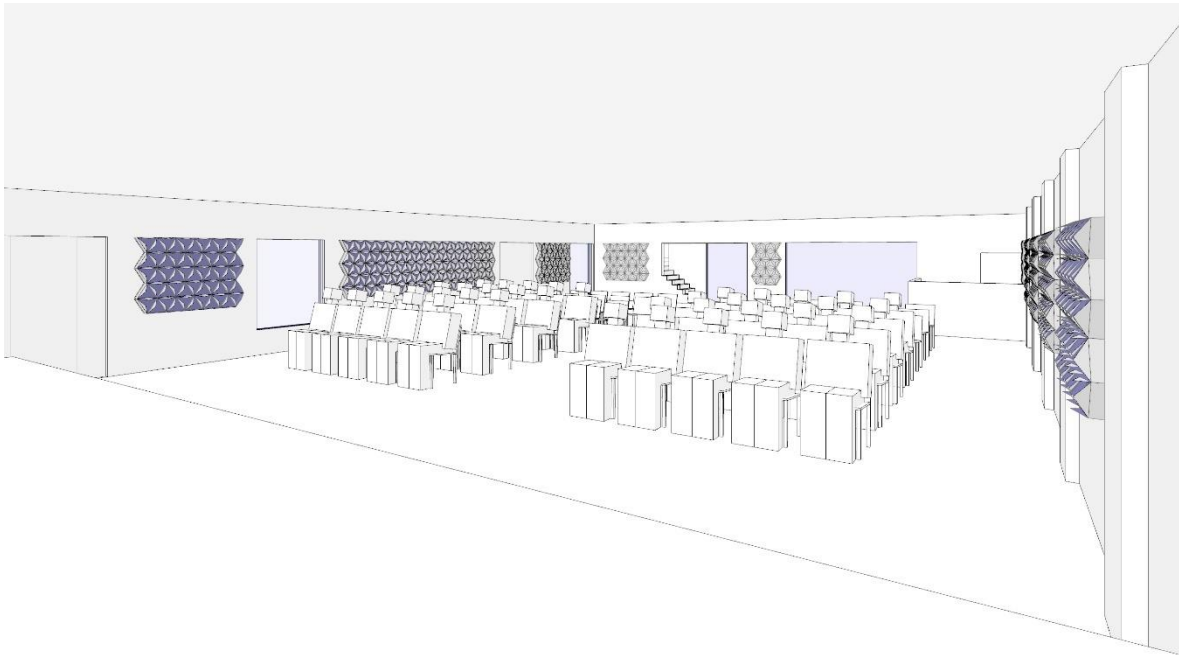


Imagen objetivo 1 de la iglesia Casa del Padre con paneles abiertos en gradiente hacia el púlpito. 50% de audiencia cercana al púlpito
Fuente: Elaboración propia, Software Rhinoceros.

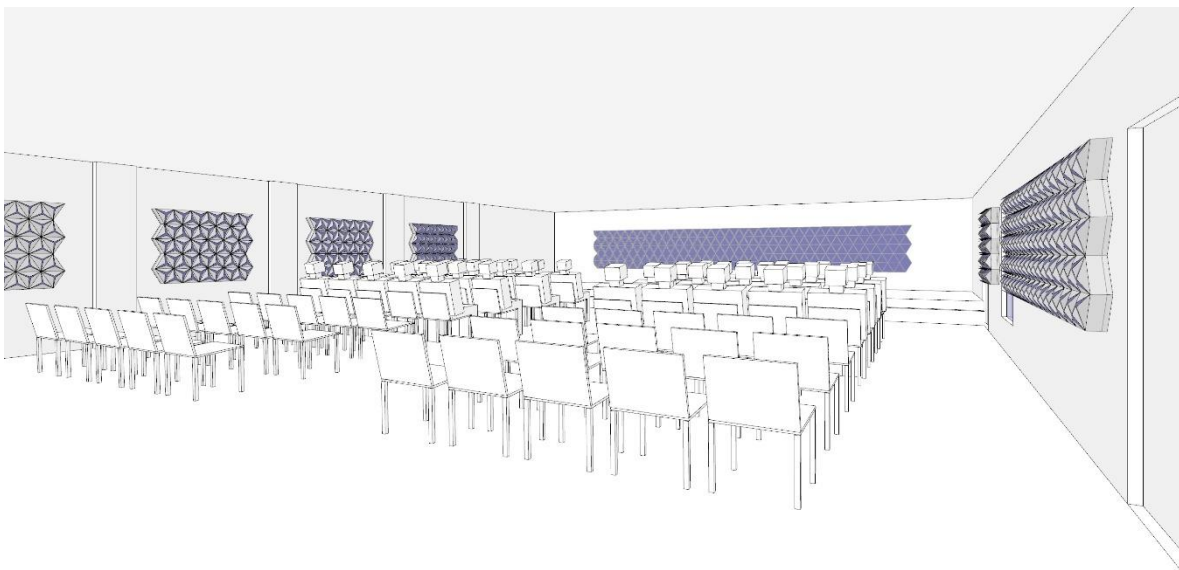


Imagen objetivo 2 de la iglesia Casa del Padre con paneles abiertos en gradiente hacia el púlpito. 50% de audiencia cercana al púlpito
Fuente: Elaboración propia, Software Rhinoceros.

Los resultados del tiempo de reverberación a través del software *Pachyderm* fueron los siguientes:

Recinto con paneles cerrándose al púlpito

$$RT_{\text{mid (R0)}} = 1,84 \text{ s}$$

$$RT_{\text{mid (R1)}} = 1,87 \text{ s}$$

$$RT_{\text{Total}} = 1,85 \text{ s}$$

Recinto con paneles abriéndose al púlpito

$$RT_{\text{mid (R0)}} = 1,15 \text{ s}$$

$$RT_{\text{mid (R1)}} = 1,16 \text{ s}$$

$$RT_{\text{Total}} = 1,15 \text{ s}$$

La intervención acústica a través de los paneles de la propuesta n°3 con los paneles totalmente abiertos y los paneles totalmente cerrados demostraron ser óptimos para satisfacer no solo las actividades musicales, sino también para las actividades de exposición oral como lo es la predicación bíblica.

Dado que para las actividades de exposición oral (predicación) se estimó un RT óptimo entre 0,8s a 1,2s y para las situaciones musicales un RT óptimo entre 1,8s a 2,2s, **los resultados fueron satisfactorios para sostener las dos actividades congregacionales cuando la iglesia se encuentra con la audiencia completa, y con una disminución del 50% del público.**

Los resultados de medir el recinto acústicamente con la mitad de audiencia disponible fueron óptimos para sostener una acústica agradable para ambas actividades, esto de acuerdo a los parámetros de acústica óptima.

La independencia móvil que poseen los módulos acústicos permite a los paneles cerrarse y abrirse de una manera que permita al recinto funcionar adecuadamente en situaciones de actividades musicales y de exposición oral cuando el recinto no se encuentre en su totalidad de espectadores.

4.4.2.3 ADAPTACIÓN AL RECINTO

Después de confeccionar el prototipo y comprobar su efectividad acústica dual en la Iglesia Renacer, y explorar las características móviles del prototipo para variaciones de público en recintos alargados como la iglesia Casa del Padre, es **pertinente explorar las condiciones de adaptabilidad** que puede poseer el prototipo diseñado para completar su funcionalidad en las 3 iglesias con las características más comunes de la comuna de La Florida.

Para ello **se realizará una serie de pruebas de posicionamiento** de paneles dentro de la iglesia Bautista La Florida debido a su geometría interior compleja.

La iglesia Bautista La Florida posee **dos características** que hay que tener en consideración a la hora de insertar los paneles en el interior. Hasta ahora, en las iglesias anteriores se concluyó que los paneles debían estar a la altura del receptor para poseer un efecto acústico considerable, sin embargo, en la iglesia Bautista **el público en sus costados se encuentra próximo a los muros de albañilería**, lo que imposibilita el funcionamiento correcto del posicionamiento de paneles a la altura del receptor. Además de esto, el recinto **consta de una cantidad significativa de pilares y ventanas** en sus muros que restringe la superficie viable para la instalación.

Teniendo en cuenta estas condiciones, se buscó un posicionamiento distintito al de las iglesias anteriores, el cual suponía su instalación en los muros laterales a 1 metro de altura del suelo, paneles en la parte trasera del recinto y detrás del emisor (púlpito).

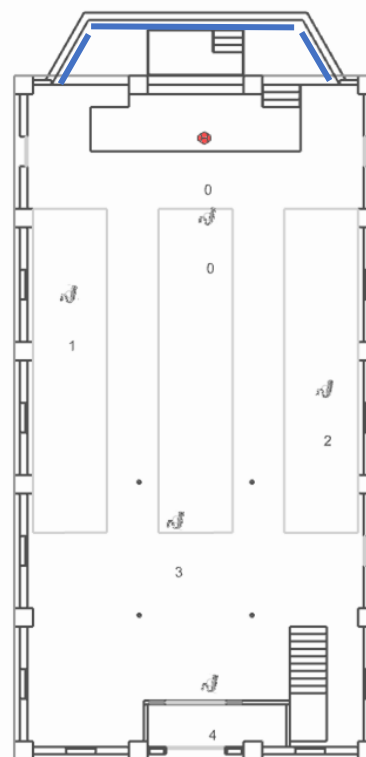
En este caso, se utilizó una serie de **paneles adaptables a la forma norte del recinto**, es decir, se instalaron paneles acústicos detrás del emisor (púlpito) siguiendo la forma de la habitación interior. La forma de esta habitación trasera al emisor podría permitir situaciones acústicas favorables para las 2 actividades principales de una iglesia evangélica.

Se utilizan 4 paneles al interior de esta habitación utilizando la mayor cantidad de superficie permitida. Cada panel se configura de distinta forma con distinta cantidad de módulos dependiendo de la superficie en la que se inserte.

Se retoma la misma posición de receptores y emisor para la obtención de resultados a través del software *Pachyderm*, los cuales fueron utilizados con anterioridad en la iglesia Bautista La Florida.

Debido a que la iglesia presenta resultados iniciales favorables para las actividades musicales ($RT_{mid} = 2,02s$), se comenzará la **experimentación con los paneles abiertos en su totalidad para determinar su efectividad** para las situaciones acústicas de exposición oral.

La siguiente imagen muestra el posicionamiento de los paneles para la adaptación al recinto detrás del púlpito en la iglesia Bautista La Florida.



Planta iglesia Bautista L.F. con emisor expositor (0) y 5 receptores distribuidos del 0 al 4. Posición de paneles acústicos: Azul de apertura/cerrado completa.
Fuente: Elaboración propia

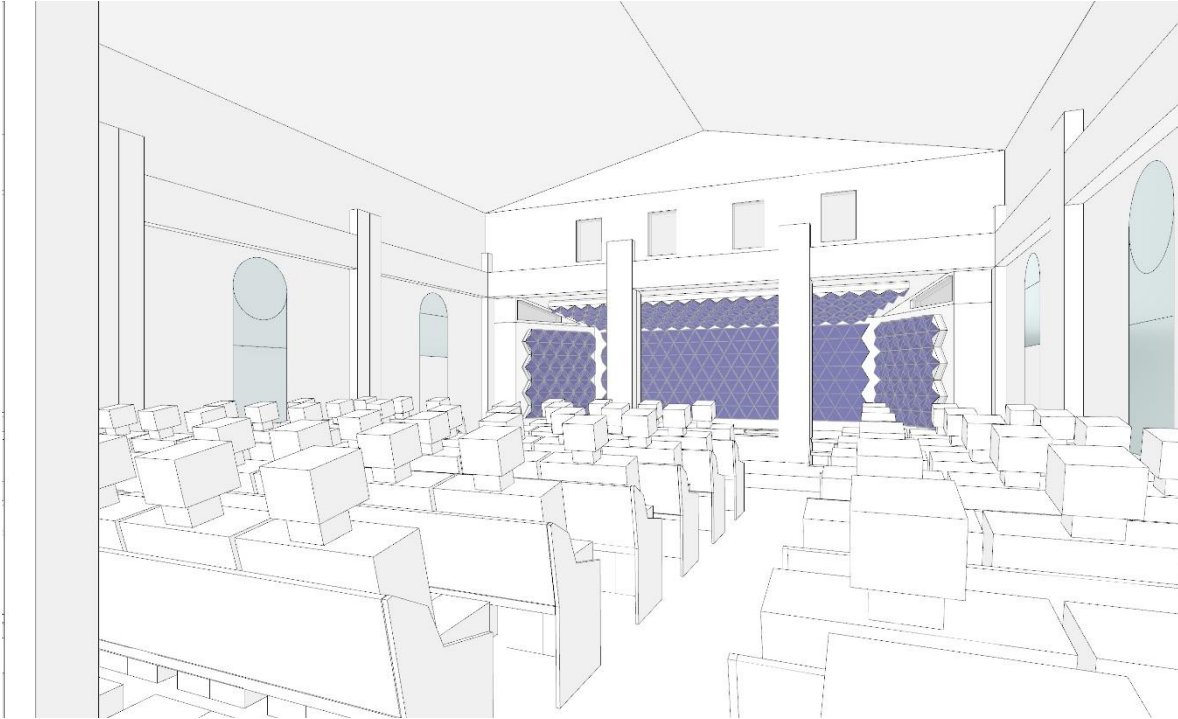


Imagen objetivo de la iglesia Bautista La Florida con paneles abiertos adaptados a la habitación interior detrás del púlpito.
Fuente: Elaboración propia, Software Rhinoceros.

Los resultados del tiempo de reverberación a través del software Pachyderm fueron los siguientes:

Recinto con paneles abiertos

$$RT_{mid (R0)} = 1,57 \text{ s}$$

$$RT_{mid (R1)} = 1,62 \text{ s}$$

$$RT_{mid (R2)} = 1,74 \text{ s}$$

$$RT_{mid (R3)} = 1,81 \text{ s}$$

$$RT_{mid (R4)} = 1,74 \text{ s}$$

$$RT_{Total} = 1,70$$

Los resultados acústicos obtenidos para esta intervención demostraron una considerable disminución en los segundos según el tiempo de reverberación, sin embargo, **no fueron óptimos para satisfacer el recinto para actividades de exposición oral**, dado que para las actividades de exposición oral (predicación) se estimó un RT óptimo entre 0,8s a 1,2s.

Es por esta razón, que **es necesario aumentar la superficie de absorción** dentro del recinto, manteniendo las mismas condiciones anteriores. Para ello, se utilizó la geometría triangular en el cielo del recinto y las planchas de OBS que se encuentran por sobre los muros de ladrillos.

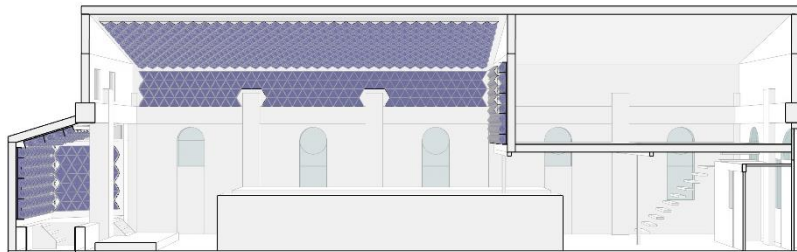


Imagen de corte longitudinal de la iglesia Bautista La Florida con paneles abiertos adaptados detrás del púlpito, techo y placas de OBS.
Fuente: Elaboración propia, Software Rhinoceros.

La siguiente imagen muestra el posicionamiento de los paneles para la adaptación al recinto detrás del púlpito en la iglesia Bautista La Florida.

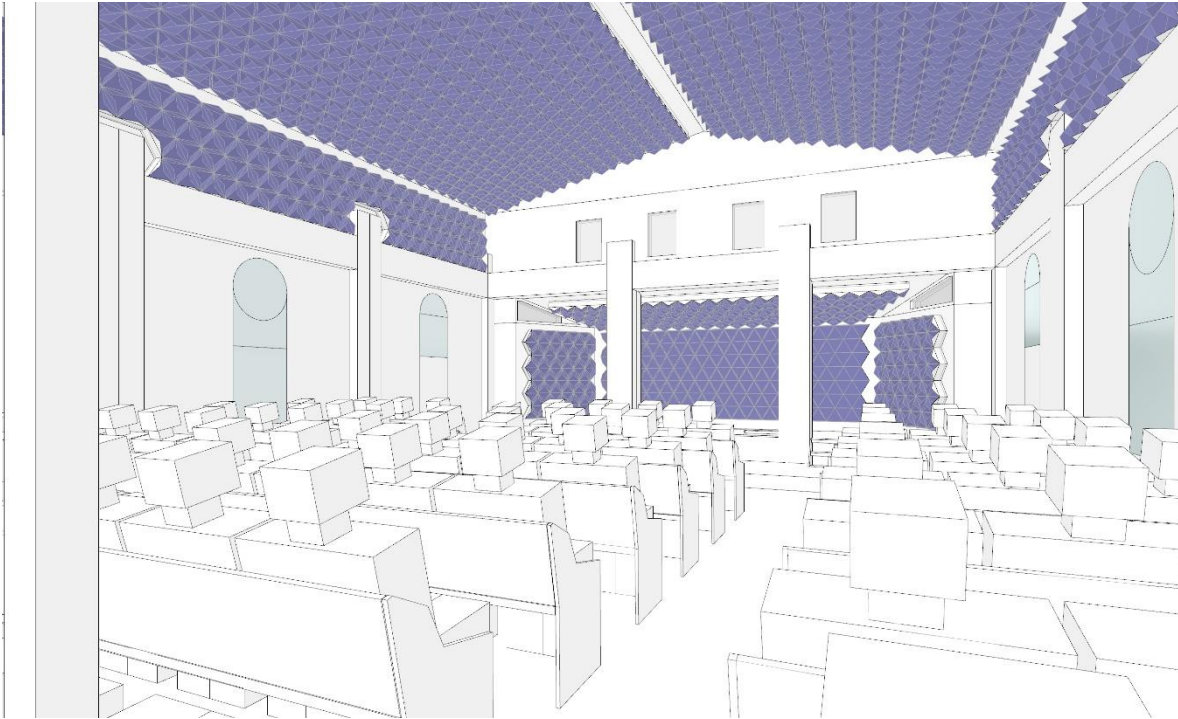


Imagen objetivo 1 de la iglesia Bautista La Florida con paneles abiertos adaptados a la habitación interior detrás del púlpito, techo y paneles OBS superiores.

Fuente: Elaboración propia, Software Rhinoceros.

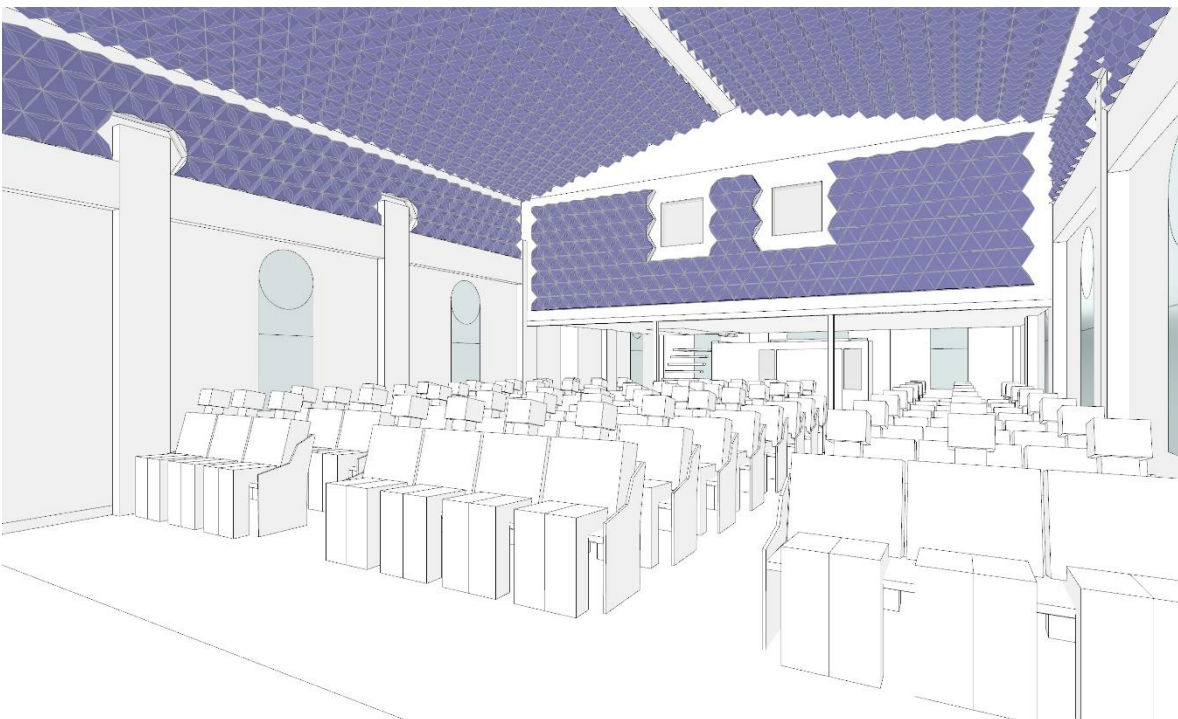


Imagen objetivo 2 de la iglesia Bautista La Florida con paneles abiertos adaptados a la habitación interior detrás del púlpito, techo y paneles OBS superiores.

Fuente: Elaboración propia, Software Rhinoceros.

Los resultados de esta sumatoria de paneles en cuanto a tiempo de reverberación a través del software *Pachyderm* fueron los siguientes:

Recinto con paneles abiertos

$$RT_{mid (R0)} = 1,60 \text{ s}$$

$$RT_{mid (R1)} = 1,71 \text{ s}$$

$$RT_{mid (R2)} = 1,74 \text{ s}$$

$$RT_{mid (R3)} = 1,71 \text{ s}$$

$$RT_{mid (R4)} = 1,62 \text{ s}$$

$$RT_{Total} = 1,67 \text{ s}$$

Los resultados acústicos obtenidos para esta intervención demostraron **no ser efectivos en cuanto a una considerable disminución del tiempo de reverberación**, a pesar de incorporarle una mayor cantidad de superficies absorbentes dentro del recinto. Dado que para las actividades de exposición oral (predicación) se estimó un RT óptimo entre 0,8s a 1,2s, **se determina la intervención como fallida** debido a que no logra el objetivo para una de las actividades a pesar de su aumento de paneles acústicos.

Se concluye la experimentación de paneles acústicos adaptados al recinto y lejos de la altura de los receptores, como una experimentación con resultados fallidos. Para contrarrestar la ineficacia del posicionamiento de los paneles en la iglesia Bautista La Florida, **se experimentará con la disposición de paneles acústicos de forma lateral a los receptores**.

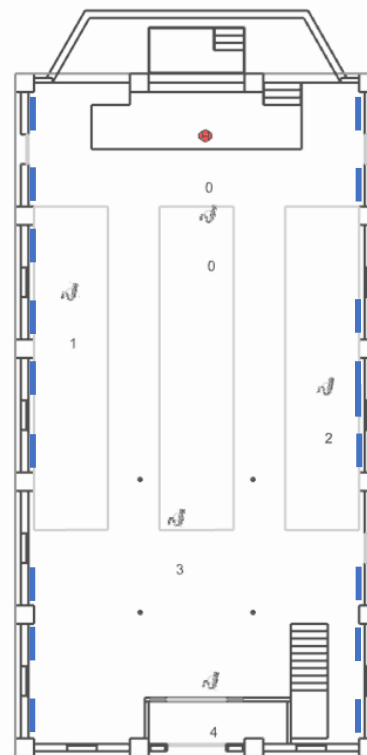
A pesar de que la iglesia Bautista La Florida posee poca superficie utilizable en los muros laterales, **se adaptan los paneles en cantidades mínimas a cada superficie** sin obstruir ventanales ni estorbar a los receptores.

Se utilizan 9 paneles por lado en paneles de 30 módulos y 15 módulos, dependiendo de la superficie en la que se inserte. Los paneles de 30 módulos se instalan a 1 metro del suelo mientras que los paneles de 15 módulos, que se encuentran en el sector del público, se instalan a 1,8 metros del suelo para evitar la interrupción de su funcionamiento con la presencia de personas, sin embargo, se mantiene una altura propicia para generar cercanía acústica con los receptores.

Se retoma la misma posición de receptores y emisor para la obtención de resultados a través del software *Pachyderm*, los cuales fueron utilizados con anterioridad en la iglesia Bautista La Florida.

Debido que los resultados sin intervenir son favorables para las actividades musicales ($RT_{mid} = 2,02s$), nuevamente se realizará la experimentación con los paneles abiertos en su totalidad para determinar su efectividad para las situaciones acústicas de exposición oral.

Las siguientes imágenes muestran el posicionamiento de los paneles para la adaptación al recinto en los muros laterales de la iglesia Bautista La Florida.



Planta iglesia Bautista L.F. con emisor expositor (0) y 5 receptores distribuidos del 0 al 4. Posición de paneles acústicos: Azul de apertura/cerrado completa.
Fuente: Elaboración propia

REVERBERACIÓN PARAMÉTRICA
METODOLOGÍA PARAMÉTRICA PARA EL MEJORAMIENTO EN EL ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO DE LOS
TEMPLOS EVANGÉLICOS.



Imagen objetivo 1 de la iglesia Bautista La Florida con paneles abiertos adaptados a las superficies laterales.
Fuente: Elaboración propia, Software Rhinoceros.



Imagen objetivo 2 de la iglesia Bautista La Florida con paneles abiertos adaptados a las superficies laterales.
Fuente: Elaboración propia, Software Rhinoceros.

Los resultados en cuanto a tiempo de reverberación a través del software *Pachyderm* fueron los siguientes:

Recinto con paneles abiertos

$$RT_{mid (R0)} = 1,14 \text{ s}$$

$$RT_{mid (R1)} = 1,21 \text{ s}$$

$$RT_{mid (R2)} = 1,15 \text{ s}$$

$$RT_{mid (R3)} = 1,37 \text{ s}$$

$$RT_{mid (R4)} = 1,34 \text{ s}$$

$$RT_{Total} = 1,24 \text{ s}$$

Los resultados muestran una proximidad al tiempo de reverberación óptimo entre 0,8s a 1,2s para las situaciones acústicas de una exposición oral, sin embargo, **no alcanza a estar dentro del rango óptimo señalado.**

Se concluye la **experimentación de paneles acusticos laterales como incompleta.** Para complementar los milisegundos restantes en el RT anterior **se incorporará el posicionamiento de paneles en la habitación norte detrás del emisor**, la cual demostró tener consecuencias significativas en cuanto a la disminución en el tiempo de reverberación.

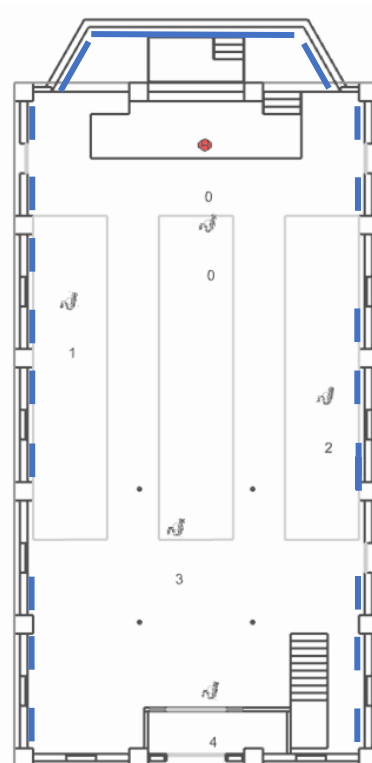
Se vuelven a utilizar los 9 paneles por lado en paneles de 30 módulos y 15 módulos, donde los paneles de 30 módulos se instalan a 1 metro y los paneles de 15 módulos se instalan a 1,8 metros del suelo para evitar la interrupción de su funcionamiento con la presencia de personas.

Sumado a esto, se utilizan 4 paneles al interior de la habitación norte utilizando la mayor cantidad de superficie permitida, donde cada panel se configura de distinta forma con distinta cantidad de módulos dependiendo de la superficie en la que se inserte.

Se retoma la misma posición de receptores y emisor para la obtención de resultados a través del software *Pachyderm*, los cuales fueron utilizados con anterioridad en la iglesia Bautista La Florida.

Nuevamente el proceso de experimentación comenzará con los paneles abiertos en su totalidad para determinar su efectividad para las situaciones acústicas de exposición oral. Dado que los milisegundos restantes son ínfimos, **se dará paso de igual manera a la experimentación con los paneles cerrados** para confirmar su eficacia para actividades musicales.

Las siguientes imágenes muestran el posicionamiento de los paneles para la adaptación al recinto detrás del púlpito y en los muros laterales del recinto en la iglesia Bautista La Florida.



Planta iglesia Bautista L.F. con emisor expositor (0) y 5 receptores distribuidos del 0 al 4. Posición de paneles acusticos: Azul de apertura/cerrado completa.
Fuente: Elaboración propia

REVERBERACIÓN PARAMÉTRICA
METODOLOGÍA PARAMÉTRICA PARA EL MEJORAMIENTO EN EL ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO DE LOS
TEMPLOS EVANGÉLICOS.



Imagen objetivo 1 de la iglesia Bautista La Florida con paneles abiertos adaptados a la habitación interior detrás del púlpito y a las superficies laterales.
Fuente: Elaboración propia, Software Rhinoceros.

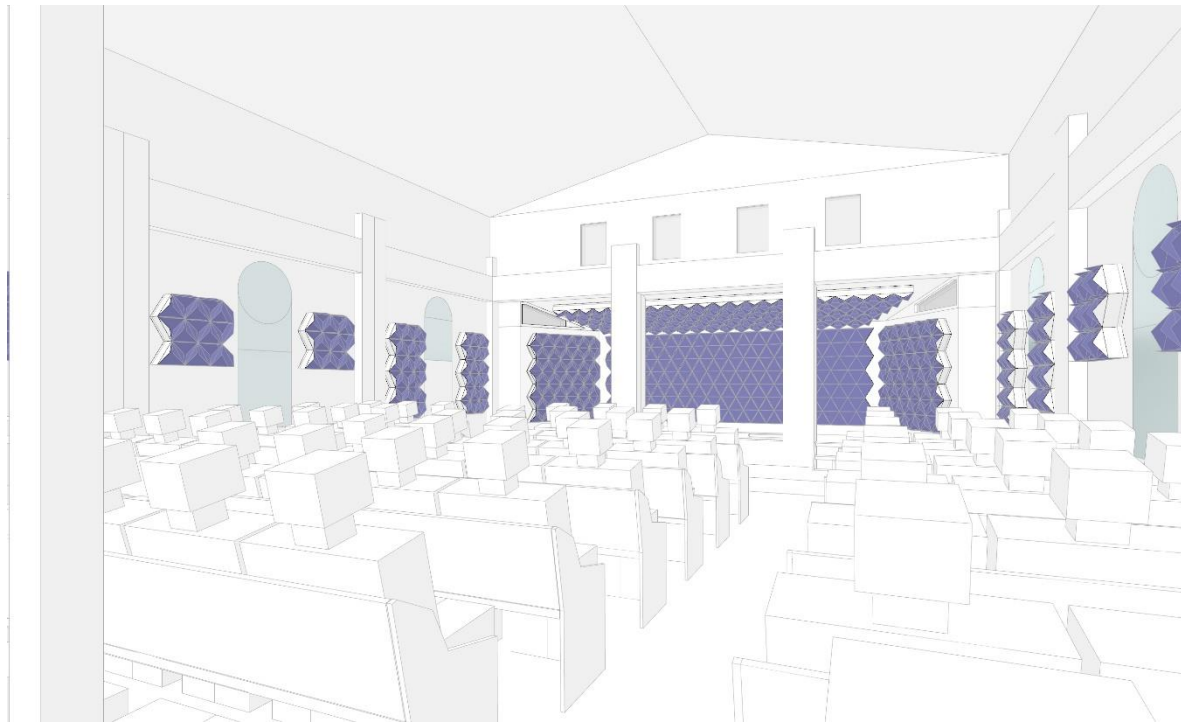


Imagen objetivo 2 de la iglesia Bautista La Florida con paneles abiertos adaptados a la habitación interior detrás del púlpito y a las superficies laterales.
Fuente: Elaboración propia, Software Rhinoceros.

REVERBERACIÓN PARAMÉTRICA
METODOLOGÍA PARAMÉTRICA PARA EL MEJORAMIENTO EN EL ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO DE LOS
TEMPLOS EVANGÉLICOS.



Imagen objetivo 1 de la iglesia Bautista La Florida con paneles cerrados adaptados a la habitación interior detrás del púlpito y a las superficies laterales.
Fuente: Elaboración propia, Software Rhinoceros.

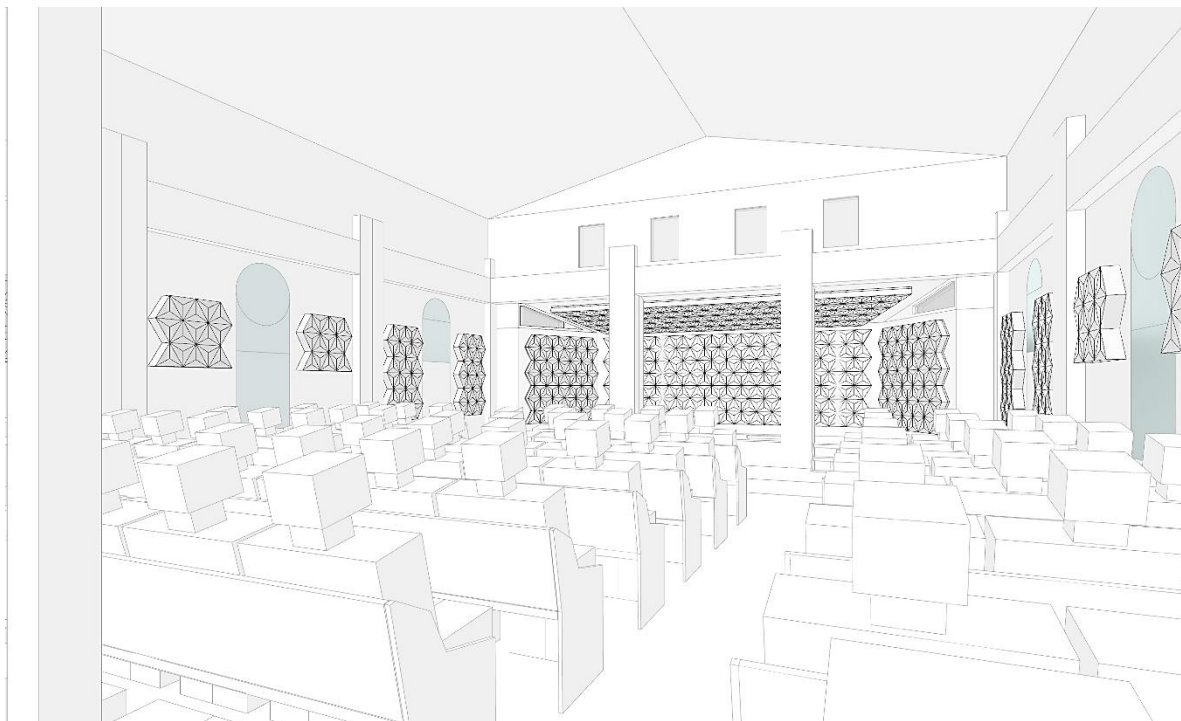


Imagen objetivo 2 de la iglesia Bautista La Florida con paneles cerrados adaptados a la habitación interior detrás del púlpito y a las superficies laterales.
Fuente: Elaboración propia, Software Rhinoceros.

Los resultados del tiempo de reverberación a través del software *Pachyderm* fueron los siguientes:

Recinto con paneles abiertos

$$RT_{\text{mid (R0)}} = 0,94 \text{ s}$$

$$RT_{\text{mid (R1)}} = 0,89 \text{ s}$$

$$RT_{\text{mid (R2)}} = 0,87 \text{ s}$$

$$RT_{\text{mid (R3)}} = 1,00 \text{ s}$$

$$RT_{\text{mid (R4)}} = 1,00 \text{ s}$$

$$RT_{\text{Total}} = 0,94 \text{ s}$$

Recinto con paneles cerrados

$$RT_{\text{mid (R0)}} = 1,85 \text{ s}$$

$$RT_{\text{mid (R1)}} = 1,88 \text{ s}$$

$$RT_{\text{mid (R2)}} = 1,88 \text{ s}$$

$$RT_{\text{mid (R3)}} = 1,90 \text{ s}$$

$$RT_{\text{mid (R4)}} = 1,92 \text{ s}$$

$$RT_{\text{Total}} = 1,88 \text{ s}$$

Si comparamos los resultados obtenidos de la iglesia Bautista La Florida antes de ser intervenida, los cuales fueron de un RT_{mid} de 2,02s, **la intervención acústica a través de los paneles adaptados en la habitación detrás del emisor y los paneles mínimos laterales fueron óptimos para cada ambiente acústico**. Esto dado que para las actividades de exposición oral (predicación) se estimó un RT óptimo entre 0,8s y 1,2s y para las situaciones musicales un RT óptimo entre 1,8s y 2,2s.

A pesar de los resultados fueron positivos, de acuerdo a esta última instalación, con los paneles completamente cerrados para el caso de realizar una actividad musical, y con los paneles completamente abiertos para la realización de las actividades de exposición oral como la predicación, **se esperaba una mayor cercanía al RT óptimo en los casos anteriores** de instalación, donde el posicionamiento de los paneles queda mayoritariamente determinado por la proximidad a los receptores y no por la cantidad ni geometría de paneles dispuestos lejos de ellos.

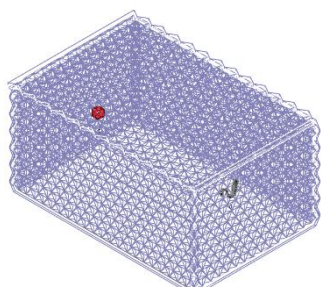
Sin embargo, **cabe destacar la disminución progresiva en cuanto a la cercanía de los receptores al emisor**, la cual se ve **afectada por la geometría de los paneles en la habitación detrás del púlpito** la que genera anomalías sonoras que reducen el RT de los receptores próximos a ella cuándo las placas se encuentran cerradas, es decir, cuando el material reflectante se hace presente en su totalidad. No obstante, **cuando las placas están completamente abiertas (material absorbente presente) su funcionamiento es adecuado al propósito buscado**, es decir, a su disminución progresiva acorde a su distancia.

4.4.3 RESULTADOS

Los resultados extraídos del software Pachyderm con los emisores y receptores para cada una de las iglesias sin intervenir fue de un RT_{mid} de 1,66s - 2,09s y 2,02 aproximada y respectivamente. De esto se concluye que el receptor posee mayor relevancia que el emisor, debido a que los resultados obtenidos con un emisor expositor y dos emisores musicales fueron similares para cada una de las iglesias.

La iglesia Casa del Padre y la iglesia Bautista La Florida poseen una acústica óptima para las actividades musicales, sin embargo, no serían aptas para mantener una buena acústica durante una predicación bíblica. En cambio, la iglesia bíblica bautista Renacer pose condiciones medias para satisfacer ambas actividades, aunque no en su punto óptimo.

Durante la experimentación, se probó su efectividad del software y de los paneles a través de una cámara acústica de 5m x 6m x 4m con los paneles cerrados y abiertos respectivamente. Para ello se utilizó solo un emisor y un receptor como lo muestra el siguiente esquema.



Cámara acústica con paneles acústicos abiertos de la propuesta n°3. Con un emisor y un receptor.

Los resultados de la cámara acústica en el software Pachyderm fueron los siguientes:

Paneles cerrados

$$RT_{mid(R0)} = 0,03 \text{ s}$$

Paneles abiertos

$$RT_{mid(R0)} = 1,99 \text{ s}$$

Los resultados demostraron la efectividad del software y de los paneles acústicos, determinando valores muy reverberantes cuando los paneles están cerrados, y valores bajos de reverberación cuando los paneles están abiertos.

Luego de intervenir cada iglesia con los paneles acústicos durante las experimentaciones fueron los siguientes:

CONFECCIÓN DEL PROTOTIPO - Iglesia Renacer

Recinto con paneles cerrados: $RT_{Total} = 1,90 \text{ s}$

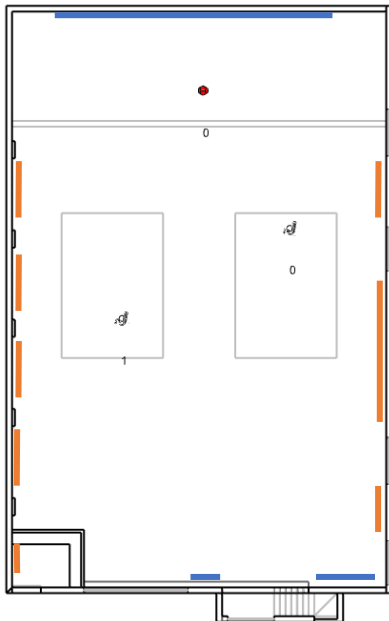
Recinto con paneles abiertos: $RT_{Total} = 1,02 \text{ s}$

Se concluye que ambas actividades acústicas son viables dentro del recinto Iglesia Renacer con la propuesta de prototipo n°3. Con los paneles completamente cerrados para el caso de realizar una actividad musical, y con los paneles completamente abiertos para la realización de las actividades de exposición oral como la predicación. Esto gracias a la posición de paneles a la altura del receptor acústico, evitando la sobreutilización de paneles al interior del recinto, dejando óptima tanto su acústica como su estética visual.



Planta iglesia Renacer con emisor expositor (0) y 5 receptores distribuidos del 0 al 4. Posición de paneles acústicos: Azul de apertura/cerrado completa.

Fuente: Elaboración propia



Iglesia Casa del Padre con emisor (0) y dos receptores (0 y 1). Posición de paneles acústicos: Azul de apertura/cerrado completa; Naranja apertura gradiente.
Fuente: Elaboración propia

ADAPTACIÓN AL PÚBLICO – Iglesia Casa del Padre

Recinto con paneles cerrándose al púlpito:

$$RT_{\text{Total}} = 1,85 \text{ s}$$

Recinto con paneles abriéndose al púlpito:

$$RT_{\text{Total}} = 1,15 \text{ s}$$

Los resultados de medir el recinto acústicamente con la mitad de audiencia disponible fueron óptimos para sostener una acústica agradable para ambas actividades, esto de acuerdo a los parámetros de acústica óptima. **La independencia móvil que poseen los módulos acústicos** permite a los paneles cerrarse y abrirse de una manera que **permita al recinto funcionar adecuadamente** en situaciones de actividades musicales y de exposición oral **cuando el recinto no se encuentre en su totalidad de espectadores.**

ADAPTACIÓN AL RECINTO – Iglesia Bautista La Florida

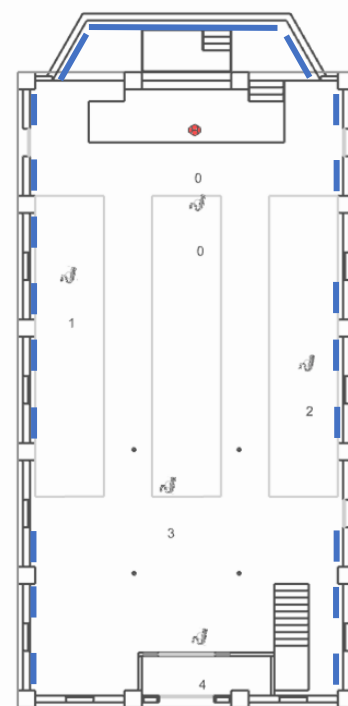
Recinto con paneles abiertos: $RT_{\text{Total}} = 0,94 \text{ s}$

Recinto con paneles cerrados: $RT_{\text{Total}} = 1,88 \text{ s}$

La intervención acústica a través de los paneles adaptados en la habitación detrás del emisor y los paneles mínimos laterales fueron óptimos para cada ambiente acústico.

A pesar buen resultado con paneles completamente cerrados para el caso de realizar una actividad musical y los paneles completamente abiertos para la realización de las actividades de exposición oral como la predicación, **se esperaba una mayor cercanía al RT óptimo en los casos anteriores de instalación, donde el posicionamiento de los paneles no quedaba a la altura del receptor en los muros laterales.**

Además, se destaca la disminución progresiva en cuanto a la cercanía de los receptores al emisor, la cual se ve afectada por la geometría de los paneles en la habitación detrás del púlpito la que genera anomalías sonoras que reducen el RT de los receptores próximos a ella cuándo las placas se encuentran cerradas. No obstante, cuando las placas están completamente abiertas su funcionamiento es adecuado al propósito buscado, es decir, a su disminución progresiva acorde a su distancia.



Planta iglesia Bautista L.F. con emisor expositor (0) y 5 receptores distribuidos del 0 al 4. Posición de paneles acústicos: Azul de apertura/cerrado completa.
Fuente: Elaboración propia

5 CONCLUSIONES

RESUMEN INVESTIGATIVO

El estudio de la iglesia evangélica determinó que **la configuración arquitectónica del templo evangélico tiene menor importancia**, priorizando el lugar como punto de reunión sin importar donde se efectuó la reunión, ni la caracterización de ese espacio.

Dentro de ella existen **dos funciones principales: exposición oral y las actividades musicales a lo largo del culto**. De acuerdo con esto, se escogió el estudio de los lugares de culto evangélico, desde la perspectiva de la expresión religiosa oral y musical, tomando en cuenta la forma geométrica del recinto, las materialidades presentes en el interior, y la configuración acústica de los integrantes del culto en un espacio determinado.

Se propuso trabajar en la comuna de La Florida como lugar de estudio para esta investigación, ya que concentra la mayor cantidad de entidades religiosas, obtenido de la oficina de asuntos religiosos del Gobierno de Chile, donde se realizó un catastro de iglesias de las cuales **se seleccionaron 3 de ellas**: Iglesia Renacer, Iglesia Casa del Padre y la Iglesia Bautista La Florida. Iglesias que resultaron ser las más representativas de la comuna según las condiciones requeridas.

La investigación se centró en el estudio, análisis y proyección del acondicionamiento acústico para cada uno de estos recintos, tomando en cuenta el tiempo de reverberación (RT) adecuado para la música y la predicación en cada iglesia. De esta manera, con la información recopilada, **se elaboró una estrategia de mejoramiento adaptable** que funcione para cualquier recinto evangélico.

Para ello se determinó un tiempo de reverberación óptimo de entre 0,8s a 1,2s para las actividades de exposición oral (predicación) y para las situaciones musicales un RT óptimo entre 1,8s y 2,2s.

Luego se **elaboró un modelo 3D en el software de modelación Rhinoceros / Grasshopper** y posteriormente en **el plugin Pachyderm**, el cual permitió **simular evaluar y proyectar distintas situaciones acústicas**.

Al determinar que **los recintos evangélicos no eran capaces de sostener ambas actividades de manera óptima**, se buscó una forma de intervenir los recintos sin alterar su estructura. Para ello se realizó un **proceso de experimentación basado en la búsqueda de un prototipo que fuera capaz de sostener ambas actividades** dentro del recinto de manera óptima.

Se confeccionó un prototipo capaz de modificarse en tiempo real según los parámetros deseados. El resultado fue la creación de un módulo de panel acústico con dos materialidades (espuma

absorbente y metal reflectante) que serían de utilidad cuando la situación lo amerite, es decir, utilizar la superficie absorbente para una exposición bíblica, y utilizar la superficie reflectante para aumentar la reverberación en actividades musicales.

Se experimentó la disposición de módulos dentro de cada iglesia, evaluando y simulando las situaciones más favorables para cada uno de los recintos, llegando a la conclusión de que **los paneles funcionaban correctamente en las 3 iglesias**, dejando los recintos funcionales para satisfacer ambas actividades de manera óptima tan solo con abrir o cerrar estos paneles.

CONCLUSIONES

Se puede concluir que, frente a la diversidad de tipos de iglesias evangélicas existentes en la comuna de la Florida, se puede abordar una metodología selectiva de dichos recintos, tomando en cuenta la relación de variables como tamaño, geometría y materialidad para determinar similitudes y diferencias entre ellas que generen la posibilidad de generalizar los recintos para determinar una cierta cantidad de iglesias de experimentación.

De ello, **se puede elaborar una metodología para el mejoramiento del acondicionamiento acústico a través de variables que modifiquen la acústica interior de los recintos**, variables que establezcan altura y posicionamiento de paneles acústicos, materialidades opuestas que sean capaces de generar situaciones acústicas contrarias, mecanismos modulares autónomos que amplíen las capacidades del recinto para sostener más de dos actividades acústicas y sean satisfechas óptimamente a través de movimientos individuales guiados paramétricamente de acuerdo a las solicitudes en tiempo real.

Otra resolución, es **la facilidad que otorga poseer un componente variable que permita conocer las distintas opciones de intervención** en cada uno de los recintos, en este caso, fue la herramienta de simulación acústica *Pachyderm* la cual permitió conocer y experimentar una variedad de resultados en consecuencia a los parámetros predispuestos, los cuales distinguían parámetros de materialidad, geometría general, emisores, receptores y una posición en el espacio.

Para finalizar, **la investigación otorga variabilidad adaptativa para distintas situaciones acústicas** en los recintos estudiados. La capacidad adaptativa de la de la investigación conduce a diferenciar las situaciones acústicas que ocurran dentro de un recinto, para adaptar su metodología a una solución óptima para un momento específico, teniendo en cuenta la ocupación, la multiplicidad de actividades en el recinto, la geometría, las materialidades, la cantidad de audiencia, y la ubicación del emisor.

5.1 SIGUIENTES INVESTIGACIONES

Dentro de la experimentación se encontraron situaciones interesantes no investigadas de forma profunda según los propósitos de este seminario. Sin embargo, son situaciones capaces de llevar una investigación por si sola.

En primer lugar, se puede realizar una investigación de las **especificaciones técnicas/mecánicas del prototipo acústico diseñado**, las cuales no fueron estudiadas en este seminario priorizando la acústica generada a través de los paneles y no a su mecánica constructiva.

Otra posible investigación es **alterar espacialidad interior de los paneles en el recinto**, la cual fue una resultante de la experimentación en el capítulo de “Adaptación al recinto” donde se buscó una propuesta que no significase utilizar los paneles a la altura del receptor, **configurando una geometría que favoreciera la absorción y la reverberación, alterando su espacialidad interna**.

Para finalizar, **se puede realizar una investigación de la disminución progresiva de RT en cuanto a la cercanía de los receptores al emisor, la cual se vio afectada por la geometría específica que reducía el RT de los receptores próximos a ella cuándo las placas se encontraban cerradas**. Esto resulta ser una anomalía en los resultados según la geometría, materialidad y posición de los receptores y emisores con respecto a los paneles acústicos. En contraposición a esto, el efecto deseado surge cuando las placas están completamente abiertas lo cual genera una disminución progresiva acorde a su distancia.

5.2 APLICACIONES

Si bien la investigación fue basada en los recintos de carácter eclesiástico como las iglesias evangélicas, **las aplicaciones del prototipo pueden ser usadas en cualquier recinto que requiera sostener situaciones acústicas distintas sin la necesidad de alterar su estructura principal**, ya sea para recinto pequeños, medianos, grandes, o espacios multiuso que contengan más de dos actividades acústicas, los paneles pueden ser adaptados a cualquier recinto que contenga una cantidad mínima de superficie utilizable para ellos.

4 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

TEMPLOS EVANGÉLICOS

- Araya, N. 2020, *“Caracterización de la contaminación ambiental provocada por los lugares de culto evangélico: El caso de la Comuna de La Florida”*. Santiago de Chile.
- Vidal Rojas, R. 2011, *“Arquitectura Pentecostal: entre lo sagrado y lo profano”*. *Religião e Sociedade*. Rio de Janeiro, 31(1): 126-154. Recuperado de: <https://www.semanticscholar.org>
- Corvalán, O. 2009, *“Distribución, crecimiento y discriminación de los evangélicos pentecostales”*. *Revista cultura y religión ISSN 0718-4727*. Recuperado de: <https://www.researchgate.net/>
- Dr. Guerra C. 2008-2009, *“La música en el Movimiento Pentecostal de Chile (1909-1936): el aporte de Willis Collins Hoover y de Genaro Ríos Campos”*. *Consejo nacional de la cultura y las artes*. Recuperado de: <http://www.memoriachilena.gob.cl>
- Vidal Rojas, R. 2010, *“El templo pentecostal chileno: entre arquitectura religiosa universal y arquitectura social vernácula”*, *Utopía y Teoría Praxis*. Recuperado de: <http://www.revistas.usach.cl>
- Ministerio de Justicia, Gobierno de Chile. *Listado de Entidades Religiosas*. (2001 - 2017). Recuperado de: <https://pjdp.minjusticia.gob.cl/>

ACTIVIDAD CONGREGACIONAL

- Araya, N. 2020, *“Caracterización de la contaminación ambiental provocada por los lugares de culto evangélico: El caso de la Comuna de La Florida”*. Santiago de Chile.
- Guerra Rojas C. 2002, *La práctica musical en las iglesias bautistas de Chile: una aproximación desde su historia, su repertorio y el discurso de sus líderes*. (Tesis de magister), Universidad de Chile Facultad de artes. Santiago de Chile.
- Navarro J., Sendra J. 1996, *“La iglesia como lugar de música”*. *Actas del Primer Congreso Nacional de Historia de la Construcción*. Coord. por Antonio de las Casas Gómez, ISBN 84-7790-252-6, págs. 381-388. Recuperado de: <https://idus.us.es>

- Prochell, M. (1961). "El protestantismo, su música y músicos". *Revista Musical Chilena*, 15(77), p. 39-51. Consultado de: <https://revistamusicalchilena.uchile.cl>
- Dr. Guerra C. 2008-2009, "La música en el Movimiento Pentecostal de Chile (1909-1936): el aporte de Willis Collins Hoover y de Genaro Ríos Campos". *Consejo nacional de la cultura y las artes*. Recuperado de: <http://www.memoriachilena.gob.cl>
- W. Calvo. 2007, "Homilética", Lección 1 - La predicación: su importancia. Recuperado de: www.iglesiapueblonuevo.e
- 2015, "El Significado y la Importancia de la Predicación Expositiva". *Hispanic Think Tank* Recuperado de: <http://reachinghispanics.org>

SONIDO

- Carrión, A. 1998, "*Diseño acústico de espacios arquitectónicos*". Barcelona, España. Edición UPC
- Lucic Y. 2009, "*El ruido como problema en el aprendizaje*". (Tesis de Título), Universidad de Chile. Santiago de Chile.
- Huaquin M. 2017, "*Difusión acústica en espacios urbanos consolidados*" (Tesis de Magister), Universidad de Chile Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Santiago de Chile.
- Ing. Miyara F. 2006, "*acústica y sistemas de sonido* ", capítulo del 1 "soporte teórico". República de Argentina. Editorial: UNR Editora (Universidad Nacional de Rosario).
- Tarrazona R. 2010-2011, "*Acondicionamiento acústico de un auditorio en Valencia*". (Tesis de Grado), Universidad Politécnica de Valencia, España.
- Diaz, E. Curso de acondicionamiento acústico, "*Guía para el diseño de auditorios*", F. Arq. Universidad de la República.
- G.A. Curso de acústica. Recuperado de: <http://www.ehu.eus>

DISEÑO PARAMÉTRICO

Artículos de "cumincad" referente a uso de software para la modelación acústica.

- Ham J.J. 2005, "Music and Architecture: from Digital Composition to Physical Artifact". *Cumincad*. Recuperado de: <http://papers.cumincad.org/>
- Kouzeleas, S. 2004, Septiembre, 8-10, "Computational processes of a hall cad modelisation for acoustic simulation according to accepted geometry format via acoustic software". *Cumincad*. Recuperado de: <http://papers.cumincad.org/>
- Peters, B. 2009, "Parametric Acoustic Surfaces". *Cumincad ACADIA*. Recuperado de: <http://papers.cumincad.org/>

- Banda, P. 2010 “Parametric Propagation of Acoustical Absorbers”. *Cumincad ACADIA*. Recuperado de: <http://papers.cumincad.org/>
- Mahalingam, G. 1998, “THE ALGORITHMIC AUDITORIUM, A computational model for auditorium design”. *Cumincad CAADRIA*. Recuperado de: <http://papers.cumincad.org/>
- Parigi, D., Svidt, K., Molin, E. Delphine Bard, 2017, “Parametric Room Acoustic workflows”. *Cumincad*. Recuperado de: <http://papers.cumincad.org/>
- Orase, *Practice*. (sin año). Recuperado de: <https://www.orase.org/practice>
- Pasold Foged Architects. (Productor). (2018). Architectural Acoustics - Theory and Simulation [Vimeo]. De: <https://vimeo.com/showcase/4864877>
- Filippetti, J. (2012, 3 de mayo). *Designboom*. Recuperado de: <https://www.designboom.com/technology/rvtr-resonant-chamber-origami-architectural-acoustic-panels/>
- Cilento, K. (2012, 5 de septiembre). *Archdaily*. Recuperado de: <https://www.archdaily.com/270592/al-bahar-towers-responsive-facade-aedas>
- Leva Engineer, *Kinetic Wall*. (2018). Recuperado de: <https://www.leva.io/projects/kinetic-wall>