

**DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE PANELES
ACÚSTICOS PARA ESPACIOS INTERIORES CULTURALES**
Casa de la Cultura Cuenca: Salas de cine, audiovisuales y conciertos

**DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF
ACOUSTIC PANELS IN CULTURAL INTERIOR SPACES**
Casa de la Cultura Cuenca: cinema, concert hall and audiovisual



Nicolas Alexander Narváz Reyes
Investigador Independiente
Ecuador

nicolasalex19183@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-8102-3719>

Anghelo Fernando Villavicencio Berrú
Investigador Independiente
Ecuador

afernandoslk10@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-8057-3284>

Carlos Esteban Contreras Lojano
Universidad del Azuay
Ecuador

ccontreras@uazuay.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-6029-2533>

Fecha de recepción: 09 de septiembre, 2022. Aceptación: 29 de noviembre, 2022.

Resumen

Este proyecto de investigación estudia los conceptos necesarios y características de un acondicionamiento acústico dentro de un espacio recreativo, analizando cómo funciona, se comporta y actúa el sonido examinando los factores que influyen en su calidad para llegar a una óptima reverberación sonora dentro de un ambiente, así como la relación con distinta materialidad con diferentes propiedades físicas, equipamientos y accesorios que son importantes al momento de tener en cuenta una confortabilidad auditiva en un espacio interior. La metodología guía de este estudio es de carácter cuantitativo, con corte de método experimental que permitió conocer y analizar los espacios en su estado actual. Posteriormente se realizó un análisis con los materiales adecuados aplicando un método empírico basado en la Fórmula de Sabine, para examinar el tiempo de reverberación de un área específica, el cual para su cálculo analiza los materiales y cantidades de superficies implicadas en él. De esa manera, se obtuvo estrategias y criterios de diseño enfocados a la confortabilidad de un espacio para un acondicionamiento acústico

Palabras clave

Acondicionamiento acústico, elementos culturales, identidad, reverberación, sonido.

Abstract

This research project compiles concepts and characteristics pertaining to acoustic conditioning within cultural spaces. Through the employment of an experimental methodology, the present thesis analyzes the performance of sound, through an investigation of factors that influence quality and optimal reverberation within a space. Based on Sabine's formula, an empirical method was used to create a relational conclusion in regards to materiality and its physical properties to create visual and auditive comfort in a cultural heritage space.

Keywords

Acoustic conditioning, cultural elements, identity, reverb, sound.

Introducción

El presente estudio “Desarrollo e implementación de paneles acústicos para espacios culturales” surge por una problemática y/o requerimiento, el acondicionamiento acústico dentro de espacios de uso recreativos como: teatros, sala de cines, sala de conciertos y audiovisuales. Klepleis, (2001) en su publicación “The National Human Activity Pattern Survey” menciona que, el ser humano aproximadamente pasa el 90% de su vida dentro de un espacio interior, por lo que, se debe tomar en cuenta factores importantes dentro de un ambiente, ya que de esto depende la salud, la confortabilidad y el desempeño del usuario dentro del mismo. El objetivo del presente proyecto será analizar el acondicionamiento y aislamiento acústico de las salas dentro de la Casa de la Cultura Ecuatoriana “Benjamín Carrión”, Núcleo del Azuay para una posterior propuesta en diseño que favorezca a las personas en la confortabilidad y optimización de este espacio.

El diseño interior aplicado a la Cultura

Para Gillam (1992 p.5), el “Diseño es toda acción creadora que cumple su finalidad”. Es decir, el término diseño hace referencia a la planificación y proyección de formas y objetos que el ser humano realiza para su utilidad. En esta misma línea se considera al diseño interior como una disciplina que se dedica a intervenir en espacios interiores o espacios arquitectónicos, mejorando la experiencia del usuario ya que el diseño interior brinda confortabilidad, comodidad y seguridad.

Concomitante al concepto diseño indica lo siguiente:

Es polisémico, está inmerso en definiciones parciales de acuerdo a lo que se relaciona. De esta forma, teóricos e investigadores han propuesto sus puntos de vista los cuales enfatizan el diseño como el acto de crear algo material, concreto, bidimensional o tridimensional, hasta la estructuración de un espacio, imagen, u objeto intangible y virtual (Sánchez, 2012, p.1).

Significa que, es el diseñador el que determina el propósito, la metodología y las herramientas que debe utilizar para lograr una efectiva y proactiva comunicación visual. En este mismo aspecto “El espacio es uno de los recursos principales del

diseñador y constituye el elemento por excelencia del diseño de interiores. El campo se impregna de las características sensitivas y estéticas del entorno” (Binggeli, 2014, p.1). Así, el espacio para el diseñador es uno de sus elementos principales mediante el cual expresa su creación estética.

También, Binggle (2014) menciona que “los elementos geométricos: punto, línea, plano y volumen, pueden organizarse para articular y definir un espacio; en arquitectura, estos elementos fundamentales se convierten en pilares y vigas lineales, en muros, suelos y cubiertas planas” (p.3). En estos párrafos lo que tiene relación con el contexto y la cultura es poder tener énfasis en cómo se relacionan los elementos fundamentales del diseño interior como los ya mencionados para poder tener una sinergia de los mismos al momento de ser aplicados.

El espacio cumple con múltiples funciones dentro del diseño, así, existe una sinergia entre la arquitectura, la persona y su cultura, la misma que requiere ser potenciada por el motivo de que cada nuevo proyecto es una salida hacia nuevas experimentaciones de aprendizaje. Por lo tanto, el momento de diseñar no es solo crear sino también contextualizar, empatizar y pensar más allá de las propias historias dentro del entorno.

Según expresa (Gómez, 2017, p.5)

El diseño es un producto cultural, hijo del arte y de la técnica, de la creatividad e inven-

tiva del ser humano. A la vez los productos diseñados son bienes culturales. El diseño está en el centro de la relación de la economía y la cultura permitiendo así producir signos y símbolos que se intercambian comercialmente y que se consumen por el valor que adquieren en la sociedad. Ese valor radica precisamente en el diseño. Por otro lado, lo característico de las concepciones de cultura (desarrollo intelectual, agentes, creencias, medio de soporte, productos), lo que quiere decir que se diseña de acuerdo al contexto del espacio.

En el diseño está presente y relacionado con todas las áreas del quehacer humano y, es éste el que le da realce e importancia al satisfacer las necesidades y requerimientos de la sociedad en la comercialización o consumo de sus productos.

Según Leiro (2006)

Es posible definir lo específico del diseño y su posibilidad real de innovar, de renovar con sentido. Podemos incluir ideales de la cultura dentro del diseño permitiendo la transformación de la realidad hacia mejores condiciones de vida del ser humano, la responsabilidad social y la sostenibilidad ambiental. No obstante, la ideología contrasta con la realidad y se vuelve utopía (p.7).

El aporte de los autores correlaciona a la cultura y a los diseñadores como agentes aptos para crear productos involucrados con el saber del diseño. Además, es importante considerar las capacidades de producción e innovación de los diseñadores a partir de la creación de nuevos elementos, que se transmitirán a nuevas generaciones, y que deberán responder a las necesidades reales futuras con base en las condiciones del mundo, de sus desafíos, manteniendo una responsabilidad social asertiva.

Acondicionamiento y aislamiento acústico de espacios interiores

Según Ramírez, citado por (Rodríguez y Baldeón, 2018, p.4) argumentan que, "Un ambiente acústico confortable es aquel en donde el carácter y la magnitud de todos sus sonidos son compatibles con el uso satisfactorio del espacio y es percibido como tal por los usuarios".

Por lo que, el confort acústico favorece la optimización del espacio, es decir, permite lograr una perfecta sinergia entre estos dos ámbitos, cabe destacar que gracias a esta sinergia los usuarios que se encuentran en el espacio cultural pueden recibir mejor el sonido ya que su acústica está en el punto óptimo para su uso.

También, es preciso recalcar que existen otros factores que afectan al confort acústico, esta tiene que ver con los indicadores en edad, sexo, clase social, clase cultural, ocupación, profesión y descanso del usuario. Se destaca que muchos de estos factores son importantes, ya que no todos tienen los mismos gustos acústicos, y por lo tanto, lo que para unas personas les parecerá ruido, para otras no.

Para lograr el confort acústico dirigido a los usuarios es necesario precisar los siguientes aspectos:

- Sonido
- Decibeles
- Ruido
- Nivel de Presión Sonora.

Sonido

Según Carrión, (2004) el sonido es la "sensación auditiva producida por una vibración de carácter mecánico que se propaga a través de un medio elástico y denso". Objetos concretos como tambor, cuerdas vocales, entre otros, se constituyen los elementos generadores de sonido y, se les denominan fuentes sonoras. El sonido surge cuando dicha fuente vibra, es decir, la vibración es transferida desde las partículas adyacentes del aire incorporando las aledañas (Carrión, 2004a, p.27).

Decibeles

La Real Academia Española define a decibelio como la "unidad de intensidad acústica equivalente a la décima parte de 1 belio"¹. El nivel de presión sonora es medido en decibelio (dB). El uso de éste es requerido para normar los umbrales de audición desde cero a 135 dB, en donde cero significa ausencia de sonido y 135 umbral aproximado de dolor. (Carrión, 2004b, p.35).

Unidad de intensidad acústica que se expresa como el logaritmo decimal del cociente entre la presión producida por una onda y una presión de referencia.

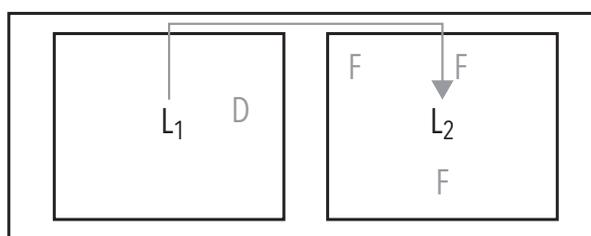
Ruido

Párraga y García, (2005) definen al ruido como "el sonido o grupo de sonidos de tal amplitud que produce molestia o interferencia en la comunicación. La diferencia entre sonido y ruido radica en que el primero puede ser cuantificado, mientras que el segundo es un fenómeno subjetivo". Las autoras conceptualizan al ruido como el elemento subjetivo, porque dependerá de la percepción de la persona generándole molestia e incluso dolor físico.

Nivel de Presión Sonora

Según Gordillo y Guaraca (2015) la presión sonora es "la diferencia entre la presión instantánea debido al sonido y la presión atmosférica, es el producto de la propagación del sonido, se expresa en micropascales (μPa)".

Figura 1. Fuente acústica arquitectónica.



L1: RECINTO EMISOR
L2: RECINTO RECEPTOR

D: TRANSMISIÓN DIRECTA
F: TRANSMISIONES LATERALES

Nota. Adaptado de Acústica arquitectónica (Giani, 2012, p.39).

Análisis acústico del espacio interior

Según Werner (2018),

El objetivo del análisis de la acústica de habitaciones es inspeccionar el comportamiento del campo acústico en habitaciones cerradas, con el propósito de mostrar pautas que ayuden en el diseño de ambientes que cumplan con los distintos requerimientos acústicos relacionados con el propósito para

los cuales están destinados, que son muy variables y difíciles de generalizar (p.2).

Teniendo en cuenta factores muy importantes mencionados en la parte anterior en los que se emplea el aislamiento como una propiedad esencial y así poder llegar a una conclusión en la cual se encuentre el problema y se pueda resolver con criterios acústicos tomando en cuenta a sus materialidades y al usar bien su geometría.

Galiana (2013),

La utilización de las leyes geométricas que rigen la propagación sonora, puede ser de gran utilidad en múltiples ocasiones. Así, por ejemplo, para analizar la distribución en un recinto, del campo acústico directo y de las primeras reflexiones o detectar posibles riesgos de eco o focalizaciones provocadas por determinadas superficies de una sala etc., (p.138).

La parte acústica del espacio siempre se tiene que estudiar dentro del área geométrica ya que para tener una acústica necesaria se debe determinar algunos factores como son:

- Romper los paralelismos del espacio
- Tener materiales absorbentes.

Materiales que acondicionan acústicamente el espacio interior

La absorción es la energía que se produce y, al mismo tiempo se desvanece al contacto con un material ya que afecta a la propagación del sonido, es decir, tal y como lo menciona Montejano (2006) "cada vez que una onda sonora incide sobre una superficie, parte de la onda es reflejada y otra parte es absorbida. Al coeficiente entre la cantidad de energía absorbida y el incidente se le denomina Coeficiente de Absorción del material" (p.2).

Montejano (2006) indica qué hay dos formas de deshacerse del ruido en un determinado sitio. Una de estas formas es la absorción, "mediante la cual se usan materiales que reducen la energía de las reflexiones, haciéndolas menos dañinas". Es decir, la utilización de materiales absorbentes facilitará la ausencia de ruido en el espacio interior.

La segunda forma de hacerlo es con la "difusión, consistente en "romper" las ondas para que se reflejen en distintas direcciones y evitar así focalizaciones de sonido". Estas dos formas son capaces de resolver problemas específicos ya que crean un

campo sonoro homogéneo. Hay varios materiales adecuados para la absorción acústica, debido a que las ondas sonoras tienen diferentes longitudes audibles, sin embargo, se cuenta con materiales porosos que tratan con frecuencias altas y medias. Por otro lado, existen trampas de graves que trabajan con bajas frecuencias de ondas sonoras, no solo se debe tener en cuenta la longitud de la onda también hay que considerar el grosor del material y la distancia de la onda.

Según Guzmán (2019) estos materiales presentan un gran número de canales a través de los cuales la onda sonora puede penetrar. Ya que la disipación de energía en forma de calor se produce cuando una onda entra en contacto con las paredes de dichos canales. Cuanto mayor sea el número de canales, mayor será la absorción producida.

El mecanismo de absorción del sonido antes mencionado es propio de todos los materiales porosos, siempre y cuando los poros sean accesibles desde el exterior. Normalmente estos materiales están formados de 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, estos se fabrican básicamente a partir de:

- Lana de vidrio
- Lana mineral
- Espuma a base de resina de melamina (p.56).

Diagnóstico

Análisis de homólogos

El análisis de homólogos significa presentar espacios culturales similares al objeto de estudio, es decir, la presente trata sobre la adecuación acústica a la Casa de la Cultura Ecuatoriana Benjamín Carrión, este análisis servirá de referente teórico para validar la propuesta de diseño y ayudar a tener una mejor percepción sobre el tema.

Figura 2. Sala de conciertos Blaibach.

Nota. Adaptado de Plataforma arquitectura (Beierle, 2020).

| | |
|-----------------------------|--------------------|
| Arquitecto: | Haimerl Peter. |
| Área: | 560 m ² |
| Año: | 2014 |
| Ingeniería Acústica: | Müller-BBM |
| Ciudad: | Blaibach |
| País: | Alemania |

Haimerl citado por Saieh (2014) indica que:

La sala desarrolla su acústica dentro del edificio aparentemente ligero. Mientras que las ranuras de luz precisas iluminan el es-

pacio. El cuerpo del edificio es de hormigón prefabricado y sólo un encofrado muy intrincado hizo posible la forma difícil. Las superficies inclinadas dominantes de la sala de conciertos se basan en especificaciones acústicas e incluyen, además de luces LED, absorbedores de bajos detrás de las rendijas de luz y debajo de las escaleras para lograr una acústica excelente. El hormigón en la sala es sin tratar. Sus superficies animadas ayudan a absorber los tonos medios (párr. 2).

En la investigación y estudio de homólogos se escogió una sala de concierto, puesto que se consideró las diferencias acústicas de una sala de conciertos y una sala de cine o audiovisual. Así, en una sala de cine o audiovisual se necesita un sonido seco y no reverberante como debería de ser en la sala de conciertos. Por lo tanto, dentro de una sala de conciertos se necesitan materiales reflectantes o materiales duros los que permiten tener una armonía de los instrumentos que se van a ejecutar.

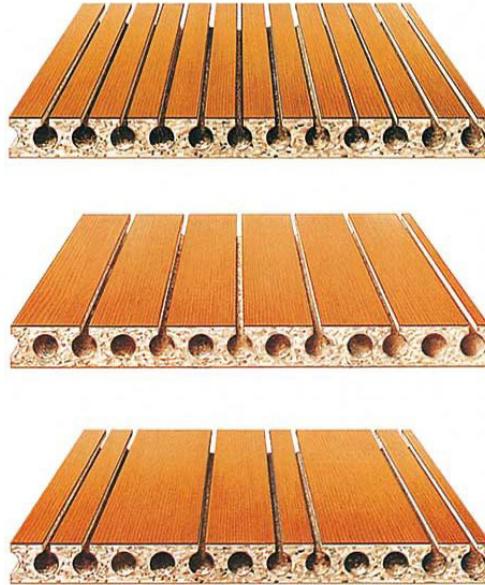
Por dicho motivo, se escogió esta sala de conciertos la que permite observar dentro de su espacio, sus ángulos no son rectos, sino tiene una ruptura de paralelismos lo que permite llegar a tener distintas reflexiones para tener un estado óptimo del espacio y la sala esté adecuada perfectamente para su uso. Otro factor importante que cabe recalcar dentro de este homólogo es la utilización de resonadores acústicos en el diseño del espacio.

Figura 3. Sala de conciertos Blai bach.



Nota. Adaptado de Plataforma arquitectura (Beierle, 2020).

Figura 4. *Resonadores acústicos.*



Nota. Adaptado de <https://tectonica.archi/materials/resonadores-de-madera/> (s.f.).

Figura 5. *Casa da Música OMA.*



Nota. Adaptado de Ruault (Plataforma arquitectura, 2005).

Arquitecto: OMA
Área: 22000 m²
Año: 2005
Ciudad: Oporto
País: Portugal

Este homólogo es muy interesante puesto que permite ver cómo relacionar un espacio cultural en su edificación y sus diferentes salas teniendo en cuenta materiales locales, destacando la historia y cultura de la ciudad y del país. El motivo para escoger este homólogo es poder tener un espacio cultural en la edificación a intervenir y tomar como modelo estas ideas para replicar y convertir una de sus salas en cultural.

Ruault (2015) menciona algunas características de la Casa de Música OMA, así:

El innovador uso de materiales y color a través de la obra era otro imperativo, además de los singulares muro cortina situados en ambos extremos del Gran Auditorio, las paredes están revestidas con madera contrachapada, sus vetas con relieve en dorado, generando una dramática perspectiva. La zona VIP cuenta con azulejos pintados a mano que retratan una escena pastoral tradicional, mientras que la terraza de la azotea está decorada con un patrón geométrico de baldosas blancas y negras; los pisos de algunas áreas comunes están pavimentados en aluminio.

Dentro la Casa de la Música OMA, está construida con la utilización de materiales local, hecho manualmente, con la utilización de colores y formas que aparentan grandes perspectivas, aunando la valía y rescate de la cultura y tradiciones de un pueblo.

Figura 6. *Perspectiva Casa de Música OMA.*



Nota. Adaptado de Ruault (Plataforma arquitectura, 2005).

Figura 7. *Macanas cuencanas de fibras textiles.*

Nota. Adaptada de Ruault (Plataforma arquitectura, 2005).

Extrapolando la utilización de material local en el Teatro a intervenir de la ciudad de Cuenca, se cuenta con las macanas de fibras textiles que permiten representar un espacio propio y autóctono de la localidad, así mismo la representación de la historia cultural de la ciudad.

Métodos de estudio

En la presente investigación se aplicará una metodología de investigación con enfoque cuantitativo, así, Sampieri R. et al (2004), indican que la necesidad de utilizar este enfoque es porque permitirá formular preguntas de investigación e hipótesis para su posterior comprobación.

También se utilizará el método experimental, ya que Creswell y Reichardt, citados por Sampieri, R (2014) "llaman a los experimentos estudios de intervención, porque un investigador genera una situación para tratar de explicar cómo afecta a quienes participan en ella en comparación con quienes no lo hacen.

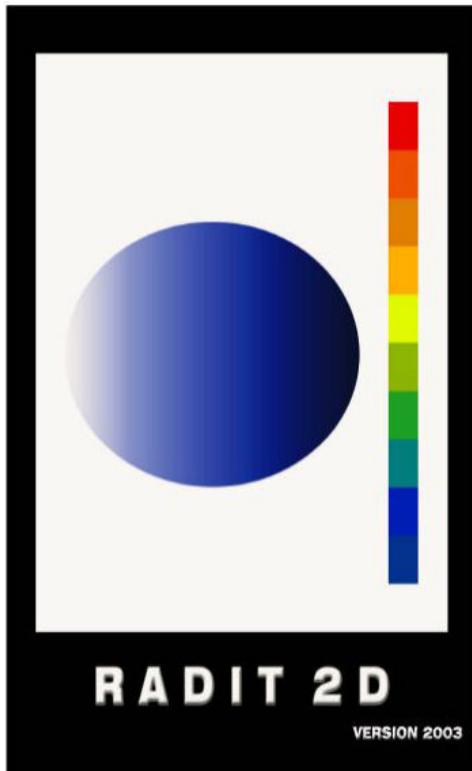
Poder aplicar el método experimental permitirá conocer los espacios en su estado actual sin un acondicionamiento acústico, lo cual se realizará mediante levantamientos arquitectónicos, entrevistas al Personal de Teatro Casa de la Cultura Benjamín Carrión de la ciudad de Cuenca y, también a profesionales en el área como el Arq. Xavier Duran quien participó en la construcción del Teatro Carlos Cueva Tamariz y, además proporcionó información sobre homólogos, maneras de cómo funciona e influye un acondicionamiento acústico dentro de estos tipos de espacios, también facilitó el contacto del Ing. Acústico Juan Francisco Mayorga, quién también fue participe y ayudó a realizar todos estos procesos para su construcción. En la entrevista, facilitó métodos y fórmulas que permitirán hacer pruebas y comprobar la funcionalidad de un material desde el proceso de su diseño hasta su construcción. Así, indicó los siguientes:

Software Radit 2D

Radit2d es un programa de diseño acústico interactivo, rápido y esencialmente gráfico, fácil de utilizar y de interpretar. Con el fin de conseguir estas características, se limitó los cálculos a lo estrictamente necesario para permitir un diseño consciente de la forma del recinto proyectado y una elección sumaria de los materiales, en función de los criterios acústicos definidos por el usuario.

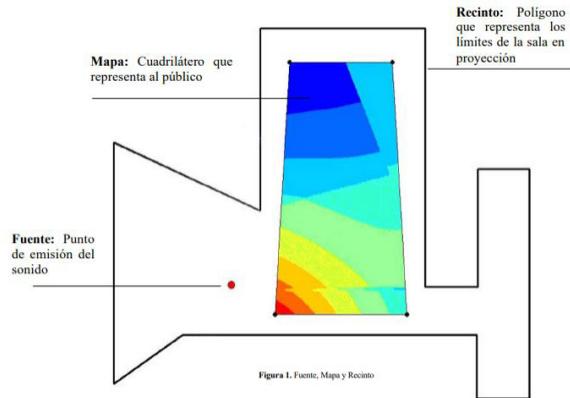
El programa trabaja con una fuente sonora puntual de emisión esférica, un recinto proyectado en el plano de estudio bajo la forma de un polígono cualquiera y un mapa de curvas de niveles delimitado por un cuadrilátero plano (Beckers y Masset, 2003. p. 2).

Figura 8. Software Radit 2D.



Nota. Adaptado de Architectural acoustics (2012).

Figura 9. Matriz geométrica del espacio.



Nota. Adaptado por Architectural acoustics (Matriz geométrica del espacio, 2012).

Según Beckers y Masset (2003, p.4) indican que,

El campo acústico es tridimensional, pero se trabaja solamente en dos dimensiones, lo que facilita el diseño, simplifica su presentación y acelera los cálculos. Según la intención del usuario, el diseño representa, arbitrariamente, una planta, una sección o un corte. Luego, gracias a una función especial, es posible ajustar los resultados de dos proyecciones de la misma sala para obtener los valores tridimensionales correspondientes en algunos puntos elegidos del recinto, siempre que la forma de éste lo permita paredes laterales verticales, ausencia de dobles inclinaciones.

Es decir, gracias a la ayuda tecnológica del programa es posible realizar cálculos tridimensionales que manualmente serían complejos.

Fórmula de Sabine

Figura 10. *Fórmula de Sabine.*

$$T = 0,161 \frac{V}{A} \quad (s)$$

Nota. Adaptado por Villavicencio, A., y Narváez, N. (Google Site, 2021).

Según Bustos, citado por Guzmán (2019, p.48) esta fórmula indica que el tiempo de reverberación es el mismo en todos los puntos de un recinto, independientemente de la posición de la fuente dentro de él. La influencia de las soluciones absorbentes sobre el tiempo de reverberación no depende de su localización sino su superficie de aplicación.

La fórmula de Sabine permitirá obtener estados óptimos de reverberación para cada sala, según las especificaciones y características de estas, así, el tiempo de reverberación de la sala de conciertos es diferente a la de cine o audiovisuales. También esta distinción facilitará determinar los diferentes tipos de materialidades requeridos para cada sala.

Figura 11. *Tiempos de reverberación óptima para cada espacio.*

| Uso habitual | V (miles de m ³) | T(s) |
|------------------|------------------------------|-----------|
| Conferencia | 0-4 | 0.4 - 1 |
| Música de cámara | 0.3 - 11 | 1 - 1.4 |
| Música clásica | 2-20 | 1.5 |
| Música de órgano | 1-25 | 1.5 - 2.3 |
| Ópera | 10-25 | 1.6 - 1.8 |
| Música romántica | 3-15 | 2.1 |

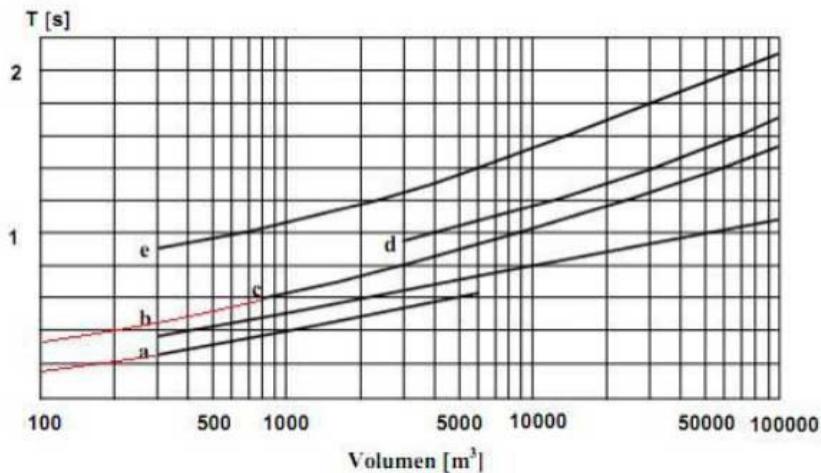
Nota. Adaptado por Grupo de acústica (2003).

Las investigaciones realizadas sobre las características acústicas de las salas a nivel mundial han revelado que para cada finalidad existe un tiempo de reverberación óptimo, que generalmente se incrementa al aumentar el volumen en m^3 de la sala.

En particular, la música sacra requiere valores más altos porque generalmente está asociada a recintos como las catedrales, que suelen ser muy reverberantes.

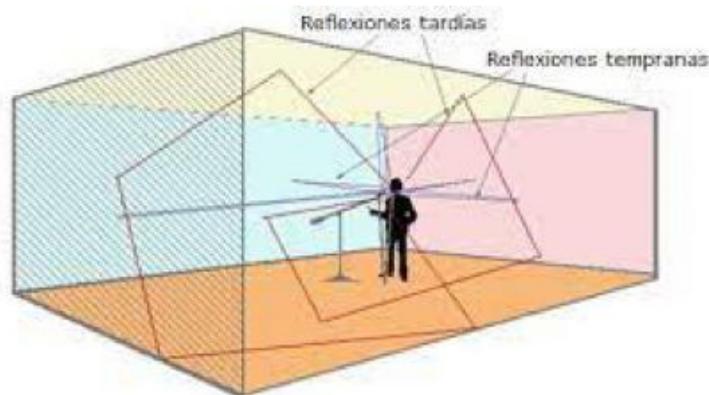
También en el estudio de la acústica se puede utilizar las curvas obtenidas por Beranek (1969, p.450), las mismas que determinan el tiempo de reverberación óptimo en función del volumen de una determinada sala. Es menester indicar que los estudios de Beranek se realizaron para grandes volúmenes y se los ha proyectado con aceptables resultados hacia recintos más pequeños.

Figura 12. *Tiempos de reverberación por m^3 de las salas.*



Nota. Adaptado por Beranek (Acústica, 1969).

Figura 13. *Reflexiones acústicas dentro de un espacio.*



Nota. Adaptado por Google Site (Acústica arquitectónica, s.f.).

Cuando se produce un sonido, la onda sonora es generada hacia el receptor. No obstante, existen ondas restantes que se reflejan en las paredes del techo o suelo de un espacio cerrado, por ejemplo, una habitación. El tiempo en el que se estima la llegada de las ondas sonoras al oído humano, atravesando los diversos materiales que conforman el espacio se denomina reverberación.

Este método de estudio servirá para realizar una proyección del espacio a ser adecuado acústicamente, mediante su geometría en plantas y cortes y, poder ver las reflexiones que se van a dar en el mismo mediante líneas tomadas con láser.

Después del periodo de las reflexiones tempranas, comienzan aparecer las reflexiones de las reflexiones y, estas continúan sucesivamente, dando origen a una situación muy compleja, en la cual se densifican cada vez más. Esta permanencia del sonido aún después de interrumpida la fuente se denomina reverberación. Ahora bien; en cada reflexión, una parte del sonido es absorbido por la superficie, y otra parte es reflejada. La parte absorbida puede transformarse en minúsculas cantidades de calor, o propagarse a otra habitación vecina, o ambas cosas.

Mientras tanto la parte reflejada mantiene su carácter de sonido, y viajará dentro del recinto hasta encontrarse con otra superficie, en la cual nuevamente una parte se absorberá y otra se reflejará. El proceso continúa así hasta que la mayor parte del sonido sea absorbido, y el sonido reflejado sea ya demasiado débil para ser audible, es decir, se extinga.

Para medir cuánto demora este proceso de extinción del sonido se introduce el concepto de tiempo de reverberación, T , técnicamente definido como el tiempo que demora el sonido en bajar 60 dB por debajo de su nivel inicial (se ha elegido 60 dB porque con esa caída se tiene la sensación de que el sonido se ha extinguido completamente). En algunas publicaciones se suele representar también este valor con el símbolo $RT60$, formado por la sigla en inglés de reverberación time seguida por la referencia a los 60 dB. Otra abreviatura es $T60$.

Resultados esperados

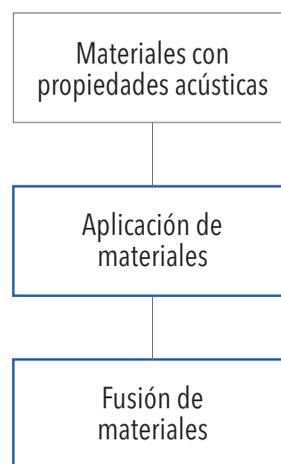
Después del análisis del espacio, los levantamientos arquitectónicos y, la recopilación de información mediante entrevistas a los expertos se llegará a entender y comprender de mejor manera cómo funcionan los materiales absorbentes, reflejantes y aislantes de sonido en estos espacios que requieren un acondicionamiento acústico para una mejor optimización y aprovechamiento del mensaje formativo al receptor. También, recalcar la funcionalidad del proceso de experimentación mediante el cual se pudo realizar pruebas piloto para comprobar la funcionalidad de los materiales que mejorarían la acústica de aquellos.

Experimentación y resultados

Estrategias

Aplicadas al uso de materiales dentro de las salas a intervenir de la edificación Teatro Casa de la Cultura, para identificar el comportamiento del sonido con sus respectivas variaciones.

Figura 14. Estrategias tecnológicas y operativas.



Nota. Elaborado por Villavicencio, A., y Narváez, N. (2021).

Tiempo de reverberación óptimo y fórmula de Sabine

Tiempo de Reverberación (o reverberación), también llamado T60, es el parámetro que define la calidad de la respuesta acústica de una sala, y se expresa en segundos. En otras palabras, la reverberación puede asimilarse parcialmente a los conceptos más conocidos de eco y resonancia; es en cierto modo, la persistencia sonora de los sonidos emitidos en una habitación cerrada.

Si la persistencia de un sonido (T60) es demasiado larga, genera un efecto de confusión sonora donde todos los sonidos se superponen y se enredan hasta volverse incomprensibles. Por el contrario, si el tiempo de reverberación es excesivamente corto, los sonidos son demasiado secos o acolchados y no llegan a los oyentes. Por lo tanto, cada local tiene su propio tiempo de reverberación óptimo, según el uso para el que está destinado.

Se toma como estrategia en esta investigación un método empírico, basado en la fórmula de Sabine $T60 = 0,161 * (V/A)$, este método de cálculo

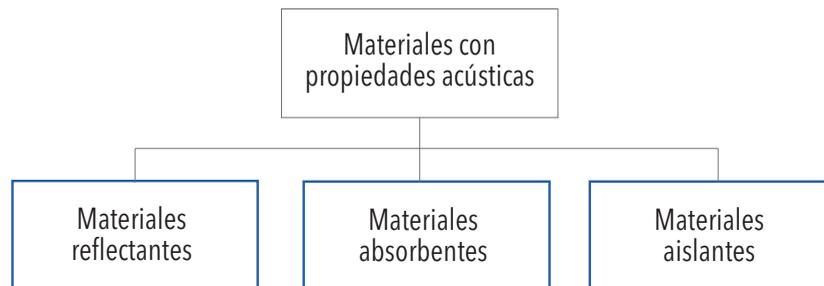
se basa en el principio de un campo sonoro difuso y evalúa el tiempo de reverberación, se puede identificar la dimensión de las superficies que forman parte del cálculo y gracias a las tablas de coeficiente de absorción, también se puede observar cuál de ellas no cumple con las características acústicas necesarias para su acondicionamiento. Los resultados obtenidos al aplicar la fórmula son bastantes precisos.

Materiales con propiedades acústicas

Se conoce como materiales acústicos aquellos que son diseñados y pensados con el propósito de absorber el sonido, que se refleja de las ondas sonoras de un espacio, de este modo, se define como absorción acústica al sonido que no se llega a reflejar tras impactarse contra un material dentro de un lugar, es decir, que no vuelve en forma de reverberación.

Estos se los clasifica por sus características y propiedades físicas, ya que por este motivo la calidad del sonido dentro de un espacio llega a ser distinto.

Figura 15. Tipos de materiales acústicos.



Nota. Elaborado por Villavicencio, A., y Narváez, N. (2021).

Análisis del espacio de experimentación

Para el proceso de experimentación se escogió un cuarto con dimensiones de 12m² y una

altura de 2.70 m. Aquí se utilizará una serie de materiales absorbentes, reflectantes y aislantes del ruido ambiental y realizar los cálculos y sus experimentaciones con respecto al sonido.

Espacio experimental

Figura 16. *Espacio del Teatro Casa de la Cultura Ecuatoriana.*



Nota. Adaptado por Villavicencio, A., y Narváez, N. (2022).

Dentro de este espacio se puede observar que no existen materiales, tiene sus paredes lisas con acabados de empaste y terminados lisos con un piso cerámico y su cielo raso de gypsum, también cuenta con unos coeficientes de absorción sonoros muy bajos.

Experimentación

Esta etapa de la investigación se la realiza para delimitar los parámetros y lineamientos que se van a utilizar dentro del diseño del espacio a intervenir como son las salas del teatro Casa de la Cultura Ecuatoriana Benjamín Carrión, así mismo, poder identificar los materiales adecuados para que su posterior

adaptabilidad a las salas se pueda llevar a cabo con eficacia y eficiencia, cumpliendo parámetros acústicos dentro del espacio, y poder entender las diferentes variaciones que se realizará en la propuesta de diseño. También al ejecutar estos parámetros se han tomado en cuenta materiales adecuados según su característica y propiedades acústicas para poder aplicarlas dentro de una fórmula que calcula el estado óptimo de reverberación dependiendo del uso de la sala, analizando características como el volumen del espacio, materialidad, mobiliario y uso del mismo.

Materiales usados

Se utilizaron los siguientes materiales:

- Micrófono de estudio con condensador.
- Parlante.
- Programa para producir música Ableton.
- Sonómetro.
- Materiales: Reflectivos y Absorbentes
- Reflectantes: MDF Madera lacada espesor 10 mm.

Figura 17. *Madera lacada.*



Nota. Adaptado por lacados Cartaya. Diferencia entre barnizado y lacado de madera. España

Tabla 1. *Absorción a la frecuencia.*

| Coeficiente de absorción a la frecuencia | | | | | | |
|--|------|------|------|-------|-------|-------|
| Material | 125 | 250 | 500 | 1.000 | 2.000 | 4.000 |
| Madera aglomerada en panel | 0,47 | 0,52 | 0,50 | 0,55 | 0,58 | 0,63 |

Nota. Adaptado por Guillen, J., citado por Guzmán, S. (Acústico interior, 2019).

Tabla 2. *Absorción sonora.*

| Coeficiente de absorción a la frecuencia | | | | | | |
|--|------|------|------|-------|-------|-------|
| Material | 125 | 250 | 500 | 1.000 | 2.000 | 4.000 |
| Espuma de poliuretano (Sonex) 40 mm | 0,07 | 0,32 | 0,72 | 0,88 | 0,97 | 1,01 |

Nota. Adaptado por Guillen, J., citado por Guzmán, S. (Acústico interior, 2019).

Establecidos todos estos parámetros y con las herramientas adecuadas se procede a realizar una experimentación dentro de un espacio, identificando sus propiedades actuales para así poder aplicar la materialidad que se programará usar en las salas del teatro Casa de la Cultura, por lo que estas pruebas permitirán tener claros argumentos tecnológicos para poder aplicarlos en el lugar y cumplan su adaptabilidad en el espacio con un estado óptimo de su acústica.

Para poder determinar todos estos parámetros se realizará pruebas con un parlante, un micrófono con condensador que por lo general es usado en estudios de música para su mejor recepción del sonido, y usando la normativa T60 de la fórmula de Sabine el parlante debe estar entre 90db y 120db para poder tener las suficientes reflexiones del sonido y ver su compartimiento en el espacio.

Experimentación sin materiales

Figura 18. *Espacio experimental sin materiales.*



Nota. Adaptado por Villavicencio, A., y Narváez, N. (2022).

En esta experimentación se procedió a enviar ondas acústicas de 90db y 120db mediante un parlante, se busca escuchar la sensación que este espacio sin materiales pueda emanar y también tener una percepción de las distintas variaciones que se pueden realizar.

Figura 19. *Perspectiva digital del espacio a experimentar.*



Nota. Adaptado por Villavicencio, A., y Narváez, N. (2022).

Con base a tener todos los equipos preparados para realizar la experimentación primero se hace un cálculo en el cual se aplica la fórmula de Sabine por lo que se obtiene los m² de las superficies y se pone su coeficiente de absorción sonora para poder ver su tiempo de reverberación.

Tabla 3. *Espacio experimental sin materiales.*

| Tabla de superficie por m ² | | | | | | |
|--|------------|----------------|---------------------|-----------|--------------|-------------------------|
| volumen | superficie | m ² | materiales | a(1000hz) | (1000hz) x n | tiempo de reverberación |
| 29.55 m ³ | A | 10.01 | Pared lisa | 0.02 | 0.3876 | |
| | B | 7.81 | Pared lisa | 0.02 | 0.3876 | |
| | C | 10.01 | Pared lisa | 0.02 | 0.3876 | |
| | D | 7.81 | Cielo raso Gypsum | 0.09 | 1.207 | 5.5 |
| | E | 11.15 | Cerámica reflejante | 0.01 | 0.4892 | |
| | F | 11.15 | Pared lisa | 0.02 | 0.3876 | |
| | | | | sumatoria | 32.162 | |

Nota. Adaptado por Villavicencio, A., y Narváez, N. (2022).



El espacio al no contar con materiales absorbentes y reflectivos tiene mucho eco, lo que resalta es que al ser un espacio que no está apropiado para esas reflexiones, todas se emiten y provoca un espacio altamente reverberante. También al aplicar la fórmula de Sabine se observa que al ser la reverberación 5,5 calculados en segundos, se concluye que es muy alto, por lo tanto, en los audios experimentados se escucha igual.

PRUEBA DE SONIDO SIN MATERIALES

Espacio con materiales reflectivos (madera lacada)

Figura 20. *Espacio a experimentar/materiales reflectivos.*



Nota. Adaptado por Villavicencio, A., y Narváez, N. (2022).

En esta experimentación se procedió a mandar ondas acústicas mediante 90db y 120db con un parlante lo que permitirá escuchar la sensación sin materiales de este espacio a experimentar y se pueda tener una percepción de las distintas variaciones que se pueden realizar.

Figura 21.



Nota. Adaptado Villavicencio, A., y Narváez, N. (2022).

Al tener todos los equipos preparados para realizar la experimentación primero se hace un cálculo en el cual se aplica la fórmula de Sabine por lo que se obtiene los m² de las superficies y se pone su coeficiente de absorción sonora para poder ver su tiempo de reverberación.

Tabla 4. *Espacio experimental con materiales reflectivos.*

| Tabla de superficie por m ² | | | | | | |
|--|------------|----------------|---------------------|-----------|--------------|-------------------------|
| volumen | superficie | m ² | materiales | a(1000hz) | (1000hz) x n | tiempo de reverberación |
| 29.55 m ³ | A | 10.01 | Reflectivos | 0.01 | 0.4576 | |
| | B | 7.81 | Reflectivos | 0.01 | 0.4576 | |
| | C | 10.01 | Reflectivos | 0.01 | 0.4576 | |
| | D | 7.81 | Cielo raso Gypsum | 0.09 | 1.207 | 1,07 |
| | E | 11.15 | Cerámica reflejante | 0.01 | 0.4892 | |
| | F | 11.15 | Reflectivos | 0.01 | 0.4576 | |
| | | | | sumatoria | 4,655 | |

Nota. Adaptado por Villavicencio, A., y Narváez, N. (2022).



PRUEBA DE SONIDO CON
MATERIALES REFLECTIVOS

En esta experimentación se obtuvo como resultado que sus coeficientes de absorción no son absorbentes, sin embargo, en el momento de los cálculos presentan un estado óptimo de reverberación y se obtiene una sensación con materiales reflectivos semejando a una sala de conciertos para ver cómo actúan las ondas musicales aquí, por lo que dentro de este audio lo que se permita escuchar es una sensación de como los instrumentos se relacionan entre sí siendo un sonido menos saturado y más captado por el oído humano.

Espacio con materiales absorbentes

Figura 22. *Espacio a experimentar/ materiales absorbentes.*



Nota. Adaptado por Villavicencio, A., y Narváez, N. (2022).

En esta experimentación lo que se procedió a realizar es mandar ondas acústicas mediante 90db y 120db con un parlante lo que permitirá escuchar la sensación sin materiales de este espacio a experimentar y se pueda tener una percepción de las distintas variaciones que se pueden realizar.

Al momento tener todos los equipos preparados para realizar la experimentación primero se hace un cálculo en el cual se aplica la fórmula de Sabine por lo que se obtiene los m² de las superficies y se pone su coeficiente de absorción sonora para poder ver su tiempo de reverberación.

Figura 23. *Espacio a experimentar/ materiales absorbentes.*



Nota. Adaptado por Villavicencio, A., y Narváez, N. (2022).

Tabla 5. *Espacio experimental con materiales absorbentes.*

| Tabla de superficie por m ² | | | | | | |
|--|------------|----------------|---------------------|-----------|--------------|-------------------------|
| volumen | superficie | m ² | materiales | a(1000hz) | (1000hz) x n | tiempo de reverberación |
| 29.55 m ³ | A | 10.01 | Absorbente | 0.15 | 2.595 | |
| | B | 7.81 | Absorbente | 0.15 | 2.595 | |
| | C | 10.01 | Absorbente | 0.15 | 2.595 | |
| | D | 7.81 | Cielo raso Gypsum | 0.09 | 1.207 | 0,3 |
| | E | 11.15 | Cerámica reflejante | 0.01 | 0.4892 | |
| | F | 11.15 | Absorbente | 0.15 | 2.595 | |
| | | | | sumatoria | 11.702 | |

Nota. Adaptado por Villavicencio, A., y Narváz, N. 2022. Ecuador.



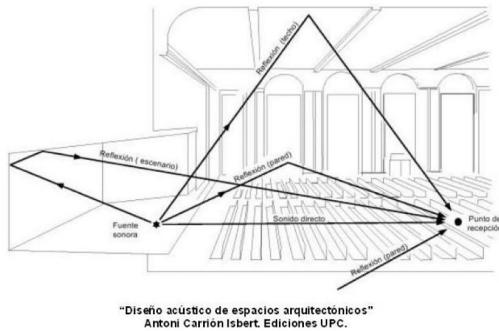
PRUEBA DE SONIDO CON
MATERIALES ABSORBENTES

Dentro de este espacio lo que se obtuvo según los resultados de la fórmula de Sabine es un estado de reverberación muy bajo, esto refleja que los materiales tienen un coeficiente de absorción alto, permitiendo así tener, una percepción más baja del sonido, haciendo ilusión a una sala de cines, lo que permitirá aplicar en la sala de cine y audiovisual permitiendo tener una absorción del sonido y una baja reverberación como un sonido seco facilitando un confort acústico en una presentación de cine o visual.

Fenómenos que caracterizan el sonido

Dentro de estos fenómenos que caracterizan el sonido se puede observar cómo sería las ondas musicales y la forma en la que actúan en el espacio y su distribución en un plano en tercera dimensión dentro de estos hay factores que actúan como son los reflectivos, reflexiones secundarias y reflexiones que se desvanecen en un punto permitiendo así entender cómo el espacio según sus superficies actúa dentro de este fenómeno acústico.

Figura 24. *Espacio sin materiales.*



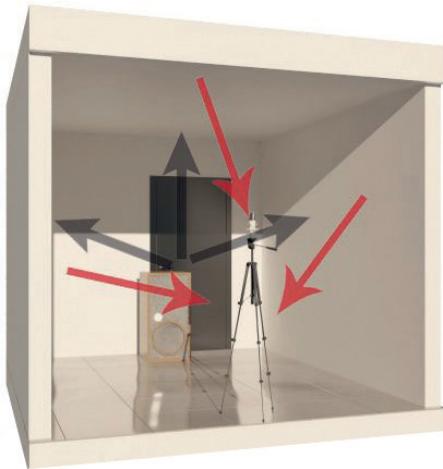
Espacio con materiales reflectivos

Figura 26. *Perspectiva digital.*



Espacio experimental

Figura 25. *Perspectiva digital.*



Nota. Elaborado por Villavicencio, A., y Narváez, N. (2022).

Dentro de este espacio como sus cálculos nos representa tiene una reverberación no alta sino óptima como simulando a una sala de concierto haciendo que sus ondas musicales y este fenómeno de reflexiones, pero de un modo que se distribuye bien simulando una sala de conciertos.

Nota. Elaborado por Villavicencio, A., y Narváez, N. (2022).

En este punto lo que se observa como lo mostrado en la experimentación en el punto anterior es que el sonido actúa de una manera muy reflectiva y con una reverberación muy alta lo que hace que tenga una percepción de eco, por lo que en el gráfico se observa las flechas negras que llegan a un punto y se reflejan demasiado, y se llega a tener una resonancia lo que hace que el sonido no se capte bien.

Espacio con materiales absorbentes

Figura 27. *Perspectiva digital.*



Nota. Elaborado por Villavicencio, A., y Narváez, N. (2022).

Dentro de este espacio se puede obtener que los materiales al ser muy absorbentes las ondas llegan a un solo punto y no se reflejan sino ahí se terminan y se desvanecen por lo que sería muy óptimo para poder usarlo en una sala de cine o audiovisual.

Conceptualización / Proyecto de diseño

Para poder lograr una correcta intervención en los espacios a rediseñar, se pensó en tres pasos, con el fin de facilitar el análisis de las diferentes áreas dentro del Teatro Casa de la Cultura de la ciudad de Cuenca, para realizar este proceso se tomó en cuenta la experiencia y propuestas de diferentes homólogos de diseño interior y arquitectura en espacios culturales patrimoniales.

A partir de estos análisis se piensa intervenir en la edificación patrimonial para lograr una confortabilidad auditiva y visual del bien, llegando a potenciar la cultura y el arte. En este espacio se

plantea la adaptación de paneles con características y propiedades acústicas, de manera correcta con estructuras y anclajes con cualidades de ser reversibles, sin afectar la infraestructura para que así funcione las áreas de la edificación de una manera óptima, logrando así, la conservación y la rehabilitación de los espacios; los pasos que se planteó para realizar la intervención.

Zonificación

Se escogió áreas específicas de la edificación Teatro Casa de la Cultura donde se consideró necesario una intervención para lograr una confortabilidad auditiva y visual que facilite en la funcionalidad del espacio.

Definición de valores arquitectónicos

Posteriormente del análisis de información y zonificación de los lugares a intervenir, las identificaron los valores arquitectónicos existentes para comenzar con el proceso de rediseño de la edificación, llegando a la conclusión de que el Teatro Casa de la Cultura pertenece a un área de primer orden con Valor Arquitectónico "B", gracias a esto podemos tener una correcta manipulación e intervención respetando el espacio patrimonial.

Pensar a futuro

Se planteó un análisis a futuro para poder determinar el funcionamiento del espacio con la intervención necesaria para lograr una confortabilidad acústica del lugar, mediante la incorporación de paneles acústicos en áreas específicas tomando en cuenta los espacios constitutivos del Teatro Casa de la Cultura.

También se propuso el rediseño de diferentes áreas de la edificación teniendo diferentes consideraciones e implementación de materialidad, cromática y paneles de fibra de textil de acuerdo a las necesidades de cada espacio para así lograr continuidad total en toda la infraestructura.

Las áreas físicas del teatro Casa de la Cultura analizadas fueron las siguientes:

Planta Baja y recepción: Los criterios de diseño que se aplicarán en la planta baja del Teatro Casa de la Cultura serán basados en criterios de funcionalidad - factibilidad, tecnológicos, expresivos - confortabilidad e identidad cultural y conservación patrimonial. En esta área se planteará una circulación abierta, de uso continuo y público, donde se colocará un counter de volumen ergonómico, de madera e iluminación led como recurso expresivo que brinde confort visual, con una morfología y cromática planteado acorde al diseño de la macana, además, de manejar una espacialidad amplia, luminosa y con características modernas.

Primer y segundo piso y pasillos conectores: Los criterios de diseño que se aplicarán en los pasillos conectores del Teatro de la Casa de la Cultura serán basados en la funcionalidad sensorial, tecnológicos, expresivos, confortabilidad e identidad cultural y conservación patrimonial. En estos espacios se planteó el uso de iluminación, cromática, materialidad y circulación abierta, ya que es un área de uso público y continua, llegando a generar sensaciones y confortabilidad visual al usuario.

Camerinos: Los criterios de diseño que se aplicarán dentro del Teatro Casa de la Cultura, están basados en la funcionalidad sensorial, tecnológica aplicada al mobiliario, expresiva, la confortabilidad y conservación cultural. El mobiliario y sus materiales que se plantean dentro de este espacio van de acuerdo al estilo moderno aplicado dentro de toda el área intervenida.

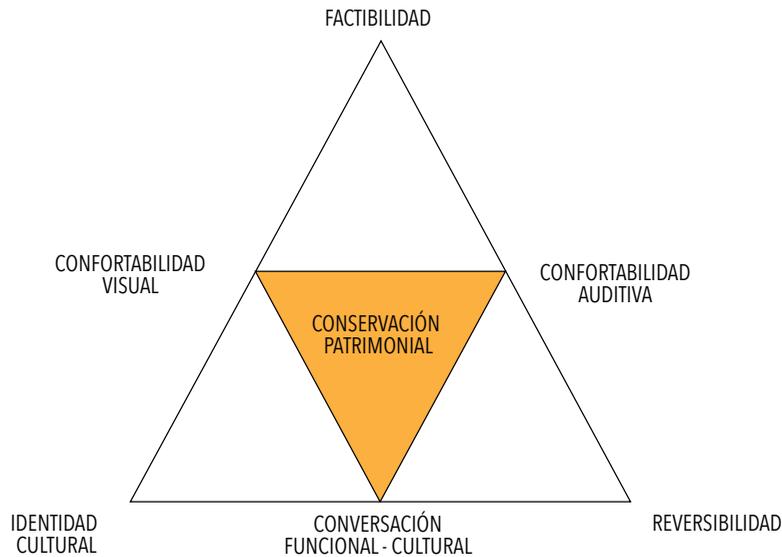
Espacios de uso cultural y patrimonial

Los criterios de diseño aplicados a estos espacios culturales del Teatro Casa de la Cultura, están basados en cuanto a su funcionalidad, factibilidad, confortabilidad, identidad cultural y patrimonial, así también los criterios: tecnológico, reversibilidad y expresivos.

Dentro de este espacio se analizó y aplicó el montaje e instalación de paneles acústicos con propiedades y características sonoras en paredes de la sala a intervenir, con la ayuda de accesorios para brindar confortabilidad auditiva a los usuarios, también, se propuso el uso de mobiliario de volumen ergonómico y de perfiles de aluminio para anclar la panelería planteada a presión y, así no dañar la infraestructura de la edificación, aunado a aquellos el uso de la fibra de textil local, por ejemplos, las macanas que permitirán revestir ciertas partes de las paredes, logrando así obtener absorción sonora y continuar con la perpetuación de la identidad cultural en el espacio.

Mediante la propuesta de rediseño de estas áreas, se analizó el espacio de manera que sea funcional de acuerdo a la necesidad de cada zona intervenida sin llegar a afectar la estructura del Teatro Casa de la Cultura.

Figura 28.



Nota. Adaptado por Villavicencio, A., y Narváez, N. (2022).

Análisis de materiales según su coeficiente de absorción

El análisis del espacio sujeto de experimentación se pudo comprobar el comportamiento del sonido en relación a los materiales propuestos, se llegó a la conclusión de que a mayor área que llegue a cubrir el material, brinda mayor coeficiente de absorción, por lo tanto, el tiempo de reverberación en el espacio será menor.

Para poder solucionar la problemática acústica del espacio interior es necesario identificar qué superficie es la que menor absorción brinda, de este modo podemos llegar a comprobar si el tiempo de reverberación es el adecuado para la función de ese espacio, en el cual se debe tener los siguientes aspectos:

- La capacidad de absorción del material por m^2 , según sus propiedades acústicas.
- El área de disponibilidad de intervención.

- Dimensionamiento del material.
- Volumen del metraje que se va a establecer.

Todos estos puntos nombrados son necesarios identificar y establecer para realizar el cálculo del tiempo de reverberación del espacio interior que se quiere acondicionar acústicamente.

Análisis de materiales según su clasificación dentro del espacio a intervenir

Materiales reflectantes sala de conciertos

Estado actual

- Piso de madera.
- Cielo raso de gypsum.
- Paredes de bloque.
- Puertas de madera

Tabla 6. Determinación de área reflectiva.

| DESCRIPCIÓN DE SUPERFICIE LÍMITE | Área Geométrica (m ²) | Material | Coeficiente de absorción α a la frecuencia | | | | | | | Área reflectora $\alpha * A$ | | | a la frecuencia | | |
|--|-----------------------------------|----------|---|------|------|------|------|------|--------------|------------------------------|---------------|---------------|-----------------|---------------|--------|
| | | | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 125 | 250 | 250 | 1000 | 2000 | 4000 | |
| Pared lateral 1 | Superficie neta de pared | 64,69 | Revoque de arena y cemento | 0,04 | 0,05 | 0,06 | 0,08 | 0,04 | 0,06 | 2,59 | 3,23 | 3,88 | 5,18 | 2,59 | 3,88 |
| | Puerta 1 | 2,31 | Puerta de madera | 0,47 | 0,52 | 0,5 | 0,55 | 0,58 | 0,63 | 1,09 | 1,20 | 1,16 | 1,27 | 1,34 | 1,46 |
| | Puerta 2 | 5,45 | Puerta de madera | 0,47 | 0,52 | 0,5 | 0,55 | 0,58 | 0,63 | 2,56 | 2,83 | 2,73 | 3,00 | 3,16 | 3,43 |
| Pared lateral 2 | Superficie neta de pared | 43,93 | Revoque de arena y cemento | 0,04 | 0,05 | 0,06 | 0,08 | 0,04 | 0,06 | 1,76 | 2,20 | 2,64 | 3,51 | 1,76 | 2,64 |
| | Puerta | 1,76 | Puerta de madera | 0,07 | 0,31 | 0,49 | 0,75 | 0,7 | 0,6 | 0,12 | 0,55 | 0,86 | 1,32 | 1,23 | 1,06 |
| | Pared lateral 2.1 | 21 | Revoque de arena y cemento | 0,04 | 0,05 | 0,06 | 0,08 | 0,04 | 0,06 | 0,84 | 1,05 | 1,26 | 1,68 | 0,84 | 1,26 |
| Pared posterior 1 | Superficie neta de pared | 21,09 | Revoque de arena y cemento | 0,04 | 0,05 | 0,06 | 0,08 | 0,04 | 0,06 | 0,84 | 1,05 | 1,27 | 1,69 | 0,84 | 1,27 |
| | Puerta 1 | 2,13 | Puerta de madera | 0,47 | 0,52 | 0,5 | 0,55 | 0,58 | 0,63 | 1,00 | 1,11 | 1,07 | 1,17 | 1,24 | 1,34 |
| Pared posterior 1.1 | Superficie neta de pared | 12,4 | Revoque de arena y cemento | 0,04 | 0,05 | 0,06 | 0,08 | 0,04 | 0,06 | 0,50 | 0,62 | 0,74 | 0,99 | 0,50 | 0,74 |
| Pared frontal | Superficie neta de pared | 31,86 | Revoque de arena y cemento | 0,04 | 0,05 | 0,06 | 0,08 | 0,04 | 0,06 | 1,27 | 1,59 | 1,91 | 2,55 | 1,27 | 1,91 |
| | Ventana | 22,6 | Ventana Vidrio | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,07 | 0,07 | 0,68 | 0,45 | 0,45 | 0,23 | 1,58 | 1,58 |
| Piso | Superficie neta | 204,51 | Piso de madera | 0,07 | 0,31 | 0,49 | 0,75 | 0,7 | 0,6 | 14,32 | 63,40 | 100,21 | 153,38 | 143,16 | 122,71 |
| Techo | Superficie neta | 204,51 | Revoque de arena y cemento | 0,04 | 0,05 | 0,06 | 0,08 | 0,04 | 0,06 | 8,18 | 10,23 | 12,27 | 16,36 | 8,18 | 12,27 |
| AREA REFLECTIVA TOTAL (m²) | | | | | | | | | 38,31 | 92,35 | 133,16 | 195,32 | 170,85 | 158,98 | |

Nota. Adaptado por Villavicencio, A., y Narváez, N. (2022).

Tabla 7. Tiempo de reverberación a la frecuencia

| TIEMPO DE REVERBERACIÓN A LA FRECUENCIA | | | |
|---|------------|---|---------|
| Volumen Geométrico (m ³) | frecuencia | Área Refractora (m ²) a la frecuencia | T60 (S) |
| 512 | 125 | 38,31 | 2,15 |
| | 250 | 92,35 | 0,89 |
| | 500 | 133,16 | 0,62 |
| | 1.000 | 195,32 | 0,42 |
| | 2.000 | 170,85 | 0,48 |
| | 4.000 | 158,98 | 0,52 |

Nota. Adaptado por Villavicencio, A., y Narváez, N. (2022).

Figura 29. Estado actual sala de conciertos

Se observa que en superficies como pisos, paredes y cielo raso del espacio a intervenir el valor del coeficiente de absorción es mínimo y está representado de color rojo, por lo que en estas superficies es donde se tiene que intervenir para evitar molestias sonoras como, por ejemplo, el eco.

Materiales reflectantes propuestos dentro de la sala de conciertos

- Esponja Acústica.
- Resonadores.
- Piso de madera.
- Fibra de textil (macana).
- Paneles de madera lacada.

Nota. Fotografía por Villavicencio, A., y Narváez, N. (2022).

Tabla 8. Sala de conciertos propuesta.

| SALA DE CONCIERTOS PROPUESTA | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------------------------------|----------|---|------|------|------|-------|-------|------------------------------|-------|------|-----------------|-------|-------|------|
| DETERMINACIÓN DE ÁREA REFLECTIVA A | | | | | | | | | | | | | | | |
| DESCRIPCIÓN DE SUPERFICIE LÍMITE | Área Geométrica (m ²) | Material | Coeficiente de absorción α a la frecuencia | | | | | | Área reflectora $\alpha * A$ | | | a la frecuencia | | | |
| | | | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | |
| Pared lateral 1 | Superficie neta de pared | 64,69 | Madera lacada (Reflectivo) | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,035 | 0,038 | 0,038 | 1,29 | 1,29 | 1,94 | 2,26 | 2,46 | 2,46 |
| | Puerta 1 | 2,31 | Puerta de madera | 0,47 | 0,52 | 0,5 | 0,55 | 0,58 | 0,63 | 1,09 | 1,20 | 1,16 | 1,27 | 1,34 | 1,46 |
| | Puerta 2 | 5,45 | Puerta de madera | 0,47 | 0,52 | 0,5 | 0,55 | 0,58 | 0,63 | 2,56 | 2,83 | 2,73 | 3,00 | 3,16 | 3,43 |
| | Puerta 3 | 5,45 | Puerta de madera | 0,47 | 0,52 | 0,5 | 0,55 | 0,58 | 0,63 | 2,56 | 2,83 | 2,73 | 3,00 | 3,16 | 3,43 |
| Pared lateral 2 | Superficie neta de pared | 43,93 | Madera lacada (Reflectivo) | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,035 | 0,038 | 0,038 | 0,88 | 0,88 | 1,32 | 1,54 | 1,67 | 1,67 |
| | Puerta | 1,76 | Puerta de madera | 0,07 | 0,31 | 0,49 | 0,75 | 0,7 | 0,6 | 0,12 | 0,55 | 0,86 | 1,32 | 1,23 | 1,06 |
| Pared lateral 2.1 | Superficie neta de pared | 21 | Revoque de arena y cemento | 0,04 | 0,05 | 0,06 | 0,08 | 0,04 | 0,06 | 0,84 | 1,05 | 1,26 | 1,68 | 0,84 | 1,26 |
| Pared posterior 1 | Superficie neta de pared | 21,09 | Revoque de arena y cemento | 0,04 | 0,05 | 0,06 | 0,08 | 0,04 | 0,06 | 0,84 | 1,05 | 1,27 | 1,69 | 0,84 | 1,27 |
| | Puerta 1 | 2,13 | Puerta de madera | 0,47 | 0,52 | 0,5 | 0,55 | 0,58 | 0,63 | 1,00 | 1,11 | 1,07 | 1,17 | 1,24 | 1,34 |
| Pared posterior 1.1 | Superficie neta de pared | 12,4 | Madera lacada (Reflectivo) | 0,04 | 0,05 | 0,06 | 0,08 | 0,04 | 0,06 | 0,50 | 0,62 | 0,74 | 0,99 | 0,50 | 0,74 |
| Pared frontal | Superficie neta de pared | 31,86 | Revoque de arena y cemento | 0,04 | 0,05 | 0,06 | 0,08 | 0,04 | 0,06 | 1,27 | 1,59 | 1,91 | 2,55 | 1,27 | 1,91 |
| | Ventana | 22,6 | Ventana Vidrio | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,07 | | 0,68 | 0,45 | 0,45 | 0,23 | 1,58 | |
| Piso | Superficie neta | 204,51 | Madera lacada (Reflectivo) | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,035 | 0,038 | 0,038 | 4,09 | 4,09 | 6,14 | 7,16 | 7,77 | 7,77 |
| Techo | Superficie neta | 204,51 | Madera lacada (Reflectivo) | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,035 | 0,038 | 0,038 | 4,09 | 4,09 | 6,14 | 7,16 | 7,77 | 7,77 |
| AREA REFLECTIVA TOTAL (m ²) | | | | | | | | | 21,82 | 23,64 | 29,6 | 35,01 | 34,84 | 35,57 | |

Nota. Adaptado por Villavicencio, A., y Narváez, N. (2022).

Tabla 9. *Tiempo de reverberación a la frecuencia.*

| TIEMPO DE REVERBERACIÓN A LA FRECUENCIA | | | |
|---|------------|---|-------------|
| Volumen Geométrico (m ³) | frecuencia | Área Refractora (m ²) a la frecuencia | T60 (S) |
| 512 | 125 | 21,82 | 3,78 |
| | 250 | 23,64 | 3,49 |
| | 500 | 29,69 | 2,78 |
| | 1.000 | 35,01 | 2,35 |
| | 2.000 | 34,84 | 2,37 |
| | 4.000 | 35,57 | 2,32 |

Nota. Adaptado por Villavicencio, A., y Narváez, N. (2022).

Figura 30. *Propuesta sala de conciertos.*

Nota. Fotografía por Villavicencio, A., y Narváez, N. (2022).

Se debe identificar las necesidades del espacio porque según su función va a variar la materialidad aplicada para lograr un acondicionamiento auditivo y visual, puesto que no significa lo mismo aplicar materiales con características reflectivas a una sala de conciertos que a una de cine, así en esta última se requerirá otro tipo de intervención para lograr esa confortabilidad acústica.

En el cuadro planteado se puede observar el valor de absorción de cada superficie con la materialidad propuesta dentro del espacio, donde tenemos tiempos de reverberación óptimos, esto es reflejado en los valores de coeficientes de absorción representados de color verde, por lo cual se llegó a la conclusión de que, materiales con características y propiedades reflectantes como los aplicados dentro de esta sala ayudan a potenciar el sonido, facilitando y mejorando consideradamente la acústica dentro del lugar.

Materiales absorbentes sala de cine

Estado actual sala de cine

- Piso de cerámica.
- Cielo raso de gypsum.
- Paredes de bloque.
- Puertas de madera.

En la Tabla 10 se observa que en superficies como pisos, paredes y cielo raso del espacio a intervenir el valor del coeficiente de absorción es mínimo, por lo que en estas superficies es necesario un coeficiente de absorción alto, esto se realizará mediante materiales con características absorbentes para mejorar la funcionalidad dentro del espacio.

Tabla 10. Determinación del área reflectiva A

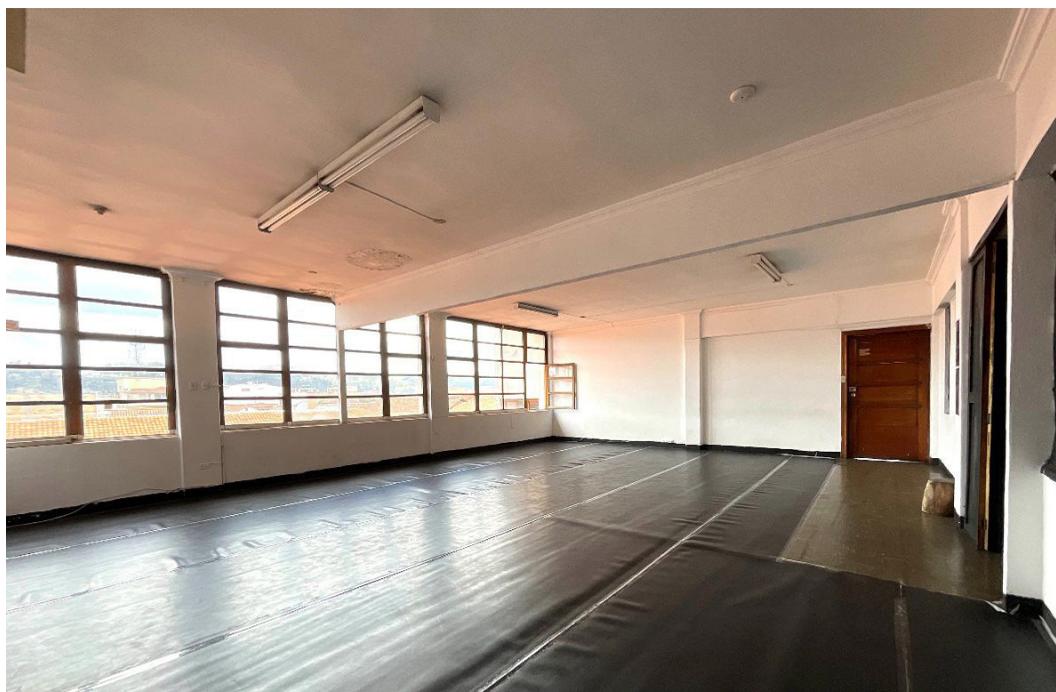
| DESCRIPCIÓN DE SUPERFICIE LÍMITE | Área Geométrica (m ²) | Material | Coeficiente de absorción α a la frecuencia | | | | | | Área reflectora $\alpha * A$ | | | a la frecuencia | | | |
|--|-----------------------------------|----------|---|------|------|------|------|------|------------------------------|--------------|--------------|-----------------|--------------|--------------|------|
| | | | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | |
| Pared lateral 1 | Superficie neta de pared | 28,53 | Revoque de arena y cemento | 0,04 | 0,05 | 0,06 | 0,08 | 0,04 | 0,06 | 1,14 | 1,43 | 1,71 | 2,28 | 1,14 | 1,71 |
| | Ventana | 20,45 | Ventana Vidrio | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,07 | 0,07 | 0,61 | 0,41 | 0,41 | 0,20 | 1,43 | 1,43 |
| Pared lateral 2 | Superficie neta de pared | 28,53 | Revoque de arena y cemento | 0,04 | 0,05 | 0,06 | 0,08 | 0,04 | 0,06 | 1,14 | 1,43 | 1,71 | 2,28 | 1,14 | 1,71 |
| | Puerta 1 | 2,41 | Puerta de madera | 0,47 | 0,52 | 0,5 | 0,55 | 0,58 | 0,63 | 1,13 | 1,25 | 1,21 | 1,33 | 1,40 | 1,52 |
| Pared posterior | Ventana 1 | 0,85 | Ventana Vidrio | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,07 | 0,07 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,06 | 0,06 |
| | Ventana 2 | 0,85 | Ventana Vidrio | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,07 | 0,07 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,06 | 0,06 |
| | Ventana 3 | 0,85 | Ventana Vidrio | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,07 | 0,07 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,06 | 0,06 |
| Pared posterior | Superficie neta de pared | 21,09 | Revoque de arena y cemento | 0,04 | 0,05 | 0,06 | 0,08 | 0,04 | 0,06 | 0,88 | 1,10 | 1,32 | 1,76 | 0,88 | 1,32 |
| | Puerta 1 | 2,64 | Puerta de madera | 0,47 | 0,52 | 0,5 | 0,55 | 0,58 | 0,63 | 1,24 | 1,37 | 1,32 | 1,45 | 1,53 | 1,66 |
| Pared frontal | Superficie neta de pared | 21,98 | Revoque de arena y cemento | 0,04 | 0,05 | 0,06 | 0,08 | 0,04 | 0,06 | 0,88 | 1,10 | 1,32 | 1,76 | 0,88 | 1,32 |
| | Puerta 1 | 2,64 | Puerta de madera | 0,47 | 0,52 | 0,5 | 0,55 | 0,58 | 0,63 | 1,24 | 1,37 | 1,32 | 1,45 | 1,53 | 1,66 |
| Piso | Superficie neta | 74,84 | Cerámica | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 1,50 | 1,50 |
| Techo | Superficie neta | 74,84 | Revoque de arena y cemento | 0,04 | 0,05 | 0,06 | 0,08 | 0,04 | 0,06 | 2,99 | 3,74 | 4,49 | 5,99 | 2,99 | 4,49 |
| AREA REFLECTIVA TOTAL (m²) | | | | | | | | | 12,09 | 14,00 | 15,61 | 19,28 | 14,60 | 18,50 | |

Nota. Adaptado por Villavicencio, A., y Narváez, N. (2022).

Tabla 11. *Tiempo de reverberación a la frecuencia.*

| TIEMPO DE REVERBERACIÓN A LA FRECUENCIA | | | |
|---|------------|---|----------------|
| Volumen Geométrico (m³) | frecuencia | rea Refractora (m ²) a la frecuencia | T60 (S) |
| 216,87 | 125 | 12,09 | 2,89 |
| | 250 | 14,00 | 2,49 |
| | 500 | 15,61 | 2,24 |
| | 1.000 | 19,28 | 1,81 |
| | 2.000 | 14,60 | 2,39 |
| | 4.000 | 18,50 | 1,89 |

Nota. Adaptado por Villavicencio, A., y Narváez, N. (2022).

Figura 31. *Estado actual sala de cine.*

Nota. Fotografía por Villavicencio, A., y Narváez, N. (2022).

Materiales absorbentes propuestos dentro de la sala de cine

- Paneles de madera lacada.
- Esponja acústica.
- Piso de cerámica con revestimiento de alfombra.
- Fibra de textil (macana).

Tabla 12. Determinación del área reflectiva

| DESCRIPCIÓN DE SUPERFICIE LÍMITE | Área Geométrica (m ²) | Material | Coeficiente de absorción α a la frecuencia | | | | | | | Área reflectora $\alpha * A$ | | | a la frecuencia | | |
|---|-----------------------------------|----------|---|------|------|------|------|------|------|------------------------------|-------|-------|-----------------|-------|-------|
| | | | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | |
| Pared lateral 1 | Superficie neta de pared | 28,53 | Panel Acústico Fibra textil | 0,11 | 0,14 | 0,36 | 0,02 | 0,9 | 0,97 | 3,14 | 3,99 | 10,27 | 0,57 | 25,68 | 27,67 |
| | Ventana | 20,45 | Ventana Vidrio | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,07 | 0,07 | 0,61 | 0,41 | 0,41 | 0,20 | 1,43 | 1,43 |
| Pared lateral 2 | Superficie neta de pared | 28,53 | Panel Acústico Fibra textil | 0,04 | 0,05 | 0,06 | 0,08 | 0,04 | 0,06 | 1,14 | 1,43 | 1,71 | 2,28 | 1,14 | 1,71 |
| | Puerta 1 | 2,41 | Puerta de madera | 0,47 | 0,52 | 0,5 | 0,55 | 0,58 | 0,63 | 1,13 | 1,25 | 1,21 | 1,33 | 1,40 | 1,52 |
| Pared posterior | Ventana 1 | 0,85 | Ventana Vidrio | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,07 | 0,07 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,06 | 0,06 |
| | Ventana 2 | 0,85 | Ventana Vidrio | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,07 | 0,07 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,06 | 0,06 |
| Pared frontal | Ventana 3 | 0,85 | Ventana Vidrio | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,07 | 0,07 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,06 | 0,06 |
| | Superficie neta de pared | 21,98 | Panel Acústico Fibra textil | 0,11 | 0,14 | 0,36 | 0,02 | 0,9 | 0,97 | 2,42 | 3,08 | 7,91 | 0,44 | 19,78 | 21,32 |
| Piso | Puerta 1 | 2,64 | Puerta de madera | 0,47 | 0,52 | 0,5 | 0,55 | 0,58 | 0,63 | 1,24 | 1,37 | 1,32 | 1,45 | 1,53 | 1,66 |
| | Superficie neta de pared | 21,98 | Revoque de arena y cemento | 0,04 | 0,05 | 0,06 | 0,08 | 0,04 | 0,06 | 0,88 | 1,10 | 1,32 | 1,76 | 0,88 | 1,32 |
| Techo | Puerta 1 | 2,64 | Puerta de madera | 0,47 | 0,52 | 0,5 | 0,55 | 0,58 | 0,63 | 1,24 | 1,37 | 1,32 | 1,45 | 1,53 | 1,66 |
| | Superficie neta | 74,84 | Alfombra de lana 1.2 Kg /m ² | 0,1 | 0,16 | 0,11 | 0,3 | 0,02 | 0,02 | 7,48 | 11,97 | 8,23 | 22,45 | 1,50 | 1,50 |
| AREA REFLECTIVA TOTAL (m ²) | Superficie neta | 74,84 | Revoque de arena y cemento | 0,04 | 0,05 | 0,06 | 0,08 | 0,04 | 0,06 | 2,99 | 3,74 | 4,49 | 5,99 | 2,99 | 4,49 |
| | | | | | | | | | | | 22,36 | 29,77 | 38,24 | 37,95 | 58,04 |

Nota. Adaptado por Villavicencio, A., y Narváez, N. (2022).

Tabla 13. *Tiempo de reverberación a la frecuencia.*

| TIEMPO DE REVERBERACIÓN A LA FRECUENCIA | | | |
|--|------------|---|---------|
| Volumen Geométrico (m ³) | frecuencia | rea Refractora (m ²) a la frecuencia | T60 (S) |
| 216,87 | 125 | 22,36 | 1,56 |
| | 250 | 29,77 | 1,17 |
| | 500 | 38,24 | 0,91 |
| | 1.000 | 37,95 | 0,92 |
| | 2.000 | 58,04 | 0,60 |
| | 4.000 | 64,47 | 0,54 |

Nota: Adaptada por Villavicencio, A., y Narváez, N. (2022).

Figura 32. *Propuesta sala de conciertos.*

Nota. Fotografía por Villavicencio, A., y Narváez, N. (2022).

En el cuadro planteado se puede observar que el valor de coeficiente de absorción es alto en cada superficie con la materialidad propuesta dentro del espacio, ya que en este tipo de ambientes es necesario tener valores altos para una óptima función del lugar.

Estado actual sala de audiovisuales

- Piso de cerámica con recubrimiento de alfombra.
- Cielo raso de gypsum.
- Paredes de bloque.
- Puertas de madera.

Tabla 14. Determinación del área reflectiva.

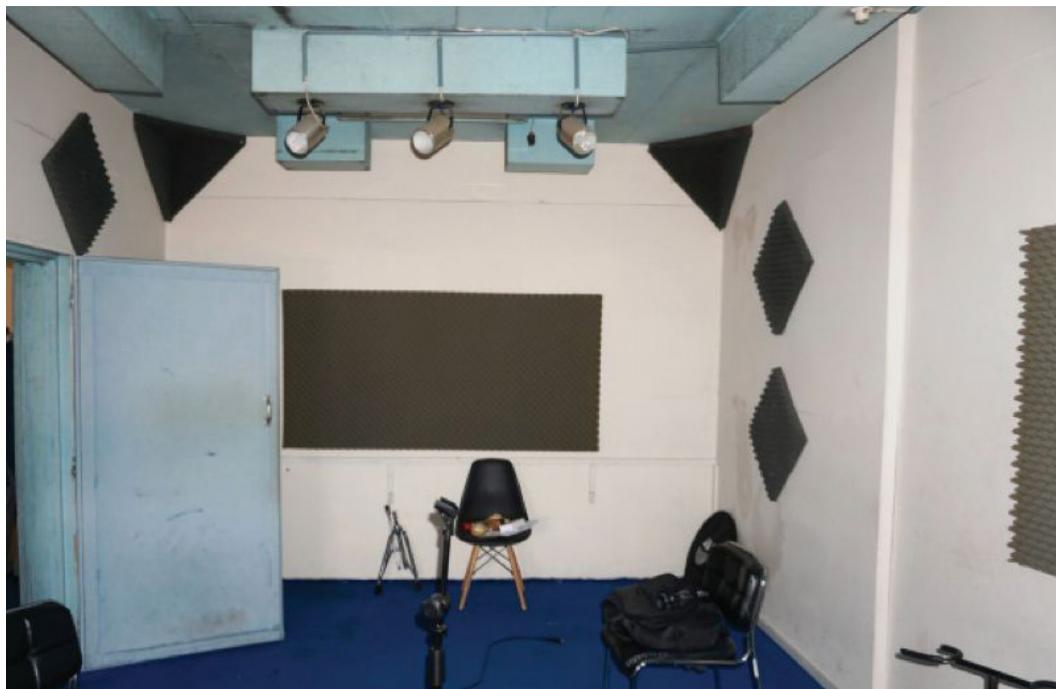
| DESCRIPCIÓN DE SUPERFICIE LÍMITE | Área Geométrica (m ²) | Material | Coeficiente de absorción α a la frecuencia | | | | | | | Área reflectora $\alpha * A$ | | | a la frecuencia | | |
|--|-----------------------------------|----------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------------|------------------------------|-------------|-------------|-----------------|-------------|------|
| | | | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | |
| Pared lateral 1 | Superficie neta de pared | 16,58 | Hormigón enlucido | 0,004 | 0,004 | 0,005 | 0,006 | 0,008 | 0,015 | 0,07 | 0,07 | 0,08 | 0,10 | 0,13 | 0,25 |
| | Puerta | 2,15 | Puerta de madera | 0,47 | 0,52 | 0,5 | 0,55 | 0,58 | 0,63 | 1,01 | 1,12 | 1,08 | 1,18 | 1,25 | 1,35 |
| | Ventana | 2,7 | Ventana Vidrio | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,07 | 0,07 | 0,08 | 0,05 | 0,05 | 0,03 | 0,19 | 0,19 |
| Pared lateral 2 | Superficie neta de pared | 16,58 | Hormigón enlucido | 0,004 | 0,004 | 0,005 | 0,006 | 0,008 | 0,015 | 0,07 | 0,07 | 0,08 | 0,10 | 0,13 | 0,25 |
| Pared frontal | Superficie neta de pared | 21,98 | Revoque de arena y cemento | 0,04 | 0,05 | 0,06 | 0,08 | 0,04 | 0,06 | 0,42 | 0,52 | 0,63 | 0,84 | 0,42 | 0,63 |
| | Ventana | 0,825 | Ventana Vidrio | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,07 | 0,07 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,06 | 0,06 |
| Pared posterior | Superficie neta de pared | 21,98 | Panel Acústico Fibras textil | 0,004 | 0,004 | 0,005 | 0,006 | 0,008 | 0,015 | 0,07 | 0,07 | 0,08 | 0,10 | 0,13 | 0,25 |
| Piso | Superficie neta | 74,84 | Alfombra de lana 1.2 Kg /m2 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,45 | 0,45 |
| Techo | Superficie neta | 74,84 | Revoque de arena y cemento | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,45 | 0,45 |
| AREA REFLECTIVA TOTAL (m²) | | | | | | | | | 2,18 | 2,36 | 2,47 | 2,80 | 3,21 | 3,88 | |

Nota. Adaptado por Villavicencio, A., y Narváez, N. (2022).

Tabla 15. *Tiempo de reverberación a la frecuencia.*

| TIEMPO DE REVERBERACIÓN A LA FRECUENCIA | | | |
|---|--------------|---|----------------|
| Volumen Geométrico (m³) | frecuencia | rea Refractora (m ²) a la frecuencia | T60 (S) |
| 58,72 | 125 | 2,18 | 4,33 |
| | 250 | 2,36 | 4,00 |
| | 500 | 2,47 | 3,82 |
| | 1.000 | 2,80 | 3,37 |
| | 2.000 | 3,21 | 2,94 |
| | 4.000 | 3,88 | 2,44 |

Nota: Adaptada por Villavicencio, A., y Narváez, N. (2022).

Figura 33. *Estado actual sala de audiovisuales.*

Nota. Fotografía por Villavicencio, A., y Narváez, N. (2022).

Se observa que el valor de coeficiente de absorción es mínimo, por lo que es necesario intervenir en este espacio para evitar molestias y lograr un acondicionamiento óptimo con la ayuda de materiales con características absorbentes que son las adecuadas para rediseñar este tipo de ambientes y, así lograr una confortabilidad sonora y visual en espacios interiores arquitectónicos.

Materiales absorbentes propuestos dentro de la sala de audiovisuales

- Paneles de Madera Lacada.
- Esponja Acústica.
- Piso de cerámica con revestimiento de alfombra.
- Fibra de textil (macana).

Tabla 16. Determinación del área reflectiva.

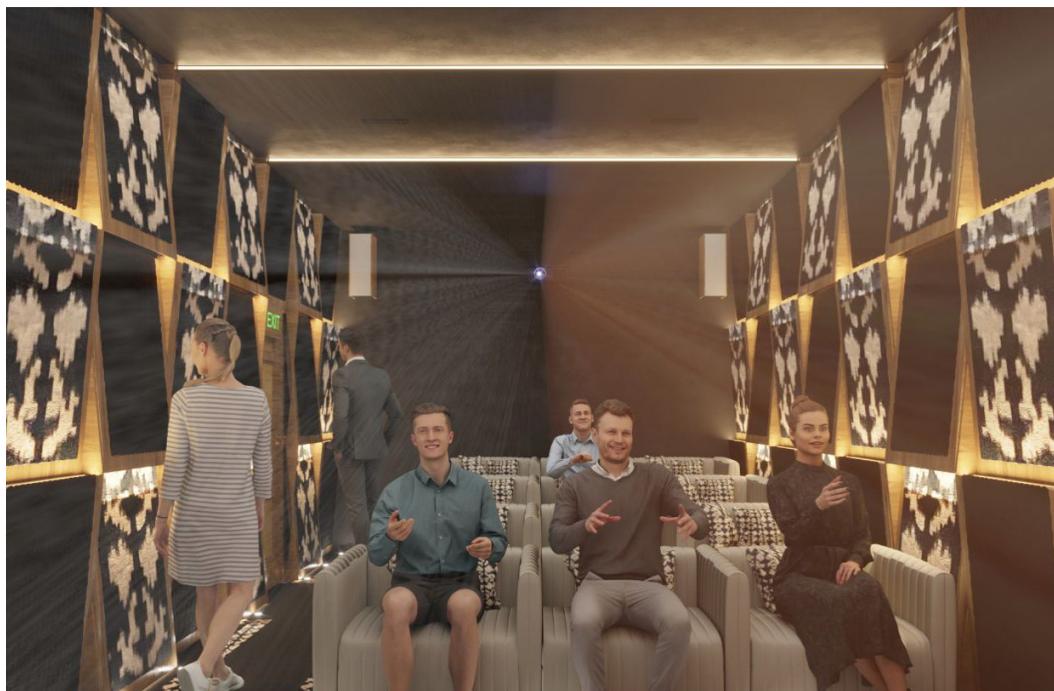
| DESCRIPCIÓN DE SUPERFICIE LÍMITE | Área Geométrica (m ²) | Material | Coeficiente de absorción α a la frecuencia | | | | | | Área reflectora $\alpha * A$ | | | a la frecuencia | | | |
|--|-----------------------------------|----------|---|-------|-------|-------|-------|-------|------------------------------|-------------|--------------|-----------------|--------------|--------------|-------|
| | | | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | |
| Pared lateral 1 | Superficie neta de pared | 16,58 | Panel Acústico Fibra textil | 0,11 | 0,14 | 0,36 | 0,02 | 0,9 | 0,97 | 1,82 | 2,32 | 5,97 | 0,33 | 14,92 | 16,08 |
| | Puerta | 2,15 | Puerta de madera | 0,47 | 0,52 | 0,5 | 0,55 | 0,58 | 0,63 | 1,01 | 1,12 | 1,08 | 1,18 | 1,25 | 1,35 |
| | Ventana | 2,7 | Ventana Vidrio | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,07 | 0,07 | 0,08 | 0,05 | 0,05 | 0,03 | 0,19 | 0,19 |
| Pared lateral 2 | Superficie neta de pared | 16,58 | Panel Acústico Fibra textil | 0,11 | 0,14 | 0,36 | 0,02 | 0,9 | 0,97 | 1,82 | 2,32 | 5,97 | 0,33 | 14,92 | 16,08 |
| Pared frontal | Superficie neta de pared | 10,44 | Hormigón enlucido | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,21 | 0,21 |
| | Ventana | 0,825 | Ventana Vidrio | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,07 | 0,07 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,06 | 0,06 |
| Pared posterior | Superficie neta de pared | 16,58 | Panel Acústico Fibra textil | 0,004 | 0,004 | 0,005 | 0,006 | 0,008 | 0,015 | 0,07 | 0,07 | 0,08 | 0,10 | 0,13 | 0,25 |
| Piso | Superficie neta | 22,57 | Alfombra de lana 1.2 Kg /m2 | 0,1 | 0,16 | 0,11 | 0,3 | 0,02 | 0,02 | 2,26 | 3,61 | 2,48 | 6,77 | 0,45 | 0,45 |
| Techo | Superficie neta | 22,57 | Hormigón enlucido | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,45 | 0,45 |
| AREA REFLECTIVA TOTAL (m²) | | | | | | | | | 7,42 | 9,84 | 15,98 | 9,08 | 32,58 | 35,13 | |

Nota. Adaptado por Villavicencio, A., y Narváez, N. (2022).

Tabla 17. *Tiempo de reverberación a la frecuencia.*

| TIEMPO DE REVERBERACIÓN A LA FRECUENCIA | | | |
|---|--------------|---|----------------|
| Volumen Geométrico (m³) | frecuencia | rea Refractora (m ²) a la frecuencia | T60 (S) |
| 58,72 | 125 | 7,42 | 1,27 |
| | 250 | 9,84 | 0,96 |
| | 500 | 15,98 | 0,59 |
| | 1.000 | 9,08 | 1,04 |
| | 2.000 | 32,58 | 0,29 |
| | 4.000 | 35,13 | 0,27 |

Nota: Adaptada por Villavicencio, A., y Narváez, N. (2022).

Figura 34. *Estado actual sala de audiovisuales.*

Nota. Fotografía por Villavicencio, A., y Narváez, N. (2022).

En estas salas se pudo examinar que al usar materiales con características y propiedades absorbentes como: materialidades de esponja acústica y la fibra de textil (macana), nos ayuda a absorber la onda sonora logrando evitar el rebote de la misma, anulando así distorsiones, ecos y la reverberación que es perjudicial para el usuario y para el espacio, obteniendo una confortabilidad acústica en espacios como cines y salas de audiovisuales.

Conclusiones

Es muy importante conocer los conceptos básicos de los temas que se está abordando y de las características que influye un acondicionamiento acústico para llegar a proponer una propuesta de rediseño dentro de un espacio, ya que existe muchos factores afines y ajenas al sonido que influyen sobre la acústica en un área específica donde es necesario tener el control de este en ambientes no solo de uso social como los antes ya nombrados, sino también en aulas y espacios habitacionales donde es importante la confortabilidad y el acondicionamiento acústico de un ambiente arquitectónico interior para evitar daños a la salud y así lograr que el lugar en el que se trabaja funcione de una manera óptima.

Por lo que en este proyecto de investigación se ha logrado identificar el comportamiento del sonido con diferentes coeficientes de absorción de un espacio cultural permitiendo observar a los materiales actuales del lugar, lo que nos permitió entender que ciertos espacios con una función específica necesitan de diferentes particularidades de como poder tener una combinación clara de los materiales acústicos y culturales entre ellos los más importantes como la madera, fibras textiles y espumas absorbentes para poder aplicar los mismos en los distintos espacios y llegar a un estado óptimo de reverberación que permitirá el uso de las salas en su mejor estado, es decir que en una sala de concierto se necesita materiales reflectivos porque es necesario una reverberación más alta para que se pueda combinar con los sonidos de los instrumentos y así se pueda distribuir por todo el espacio, en cambio en una sala de cine y audiovisuales es lo contrario, se necesita materiales absorbentes porque es necesario que el sonido de todo el lugar sea absorbido, ya que la reverberación del ambiente debe ser más baja.

En conclusión, poder llegar a tener soluciones para todos estos criterios y poder generar paneles acústicos para las salas y sus distintos usos teniendo la culturalidad de parte y también poder tener de la mano la parte acústica, generando así una conexión entre el concepto de ADAPTABILIDAD, CONFORTABILIDAD Y CULTURALIDAD E IDENTIDAD dentro de un espacio.

Referencias

- Beranek, L. (1969). *Acústica*. Segunda edición. Buenos Aires. Recuperado el 30 de mayo de 2022 de https://monoskop.org/images/7/7d/Beranek_Leo_L_Acustica_Spanish.pdf.
- Carrión Isbert, A. (2015). *Diseño acústico de espacios arquitectónicos*. Ediciones de la Universitat Politècnica de Catalunya, SL. Recuperado el 30 de mayo de 2022 de https://www.academia.edu/28113490/Dise%C3%B1o_Ac%C3%A1stico_de_espacios_arquitectonicos_Antoni_Carrion_Isbert_.
- Culcos Pérez, M. (2017). *Aplicación del confort acústico en el diseño arquitectónico de teatro Municipal en los humedales de Miraflores Alto – Chimbote*. Perú. Recuperado el 30 de mayo de 2022 de <http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/8377>.
- Del Álamo Núñez, Enrique. (s.f). *Los espacios de la cultura*. Manual Atalaya. Recuperado el 30 de mayo de 2022 de <http://atalayagestioncultural.es/capitulo/espacios-cultura>.
- García García, J. Rodríguez Mendoza, W. (2020). *Requerimientos acústicos, espaciales y funcionales para implementar nuevas instalaciones para el Conservatorio de Música Carlos Valderrama, Trujillo*. Recuperado el 30 de mayo de 2022 de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/53753>.
- Gillam Scoott, R. (1970). *Fundamentos del diseño*. Edit. Victor Leru. Buenos Aires. Recuperado el 30 de mayo de 2022 de *Fundamentos Del Diseño - Robert Gillam Scott PDF | PDF (scribd.com)*.
- Guzmán Freire, S. (2019). *Estrategias para el acondicionamiento acústico interior*. Ecuador. Recuperado el 30 de mayo de 2022 de <https://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/9082>.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2014). *Acústica práctica recomendada para el diseño de lugares de trabajo con bajo nivel de ruido que contienen maquinaria. PARTE 1: Estrategias de control del ruido (ISO 11690-1:1996, IDT)*. Quito. Recuperado el 30 de mayo de 2022 de https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_iso_11690-1.pdf.
- Lozano Lituma, J. (2016). *Intervención arquitectónica patrimonial y propuesta acústica en el centro cultural municipal Alfredo Mora Reyes de la ciudad de Loja*. Ecuador. Recuperado el 30 de mayo de 2022 de <https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/1098?locale=es>.
- Matute García, Segundo. (2016). *Gestión de proyectos culturales: estudios de prefactibilidad para el emplazamiento de centros en los imaginarios culturales del cantón Cuenca, estudio piloto, parroquia baños*. Recuperado el 30 de mayo de 2022 de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/26106>.
- Merino, O. (1992). *Reflexiones sobre el teatro popular en el Ecuador*. Quito. Recuperado el 30 de mayo de 2002 de <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/41334.pdf>.
- Ministerio Coordinador de Patrimonio. (2012). *Introducción al patrimonio cultural. Manual introductorio para personal municipal*. Quito. Recuperado el 30 de mayo de 2022 de <https://amevirtual.gob.ec/wp-content/uploads/2017/04/libro-introduccion-al-patrimonio-cultural.compressed-ilovepdf-compressed.pdf>.
- Montejano, R. (2006). *Materiales acústicos*. Recuperado el 30 de mayo de 2022 de <https://www.analfatecnicos.net/archivos/28.MaterialesAcusticos.pdf>.
- Municipio de Cuenca. (2010). *Ordenanza para la gestión y conservación de las áreas históricas y patrimoniales del cantón Cuenca*. Recuperado el 30 de mayo de 2022 de <https://www.cuenca.gob.ec/node/8993>.

- Paredes Cornejo, Silvia. (2018). Intervención del Teatro Municipal de San Juan de Lurigancho. Lima; Perú. Recuperado el 30 de mayo de 2022 de [Intervención del Teatro Municipal de San Juan de Lurigancho \(upc.edu.pe\)](http://www.upc.edu.pe)
- Párraga Velásquez, M. García Zapata, T. (2005). El ruido y el diseño de un ambiente acústico. Universidad Nacional Mayor de San Marcos Lima, Perú. Recuperado el 30 de mayo de 2022 de <https://www.redalyc.org/pdf/816/81680213.pdf>.
- Pinto Gallardo, Geraldine. (2020). Diseño interior de las aulas de la casa de la cultura núcleo el Oro. Recuperado el 30 de mayo de 2022 de https://rraae.cedia.edu.ec/Record/UG_18371d-696f878cf8fb5c8442b34c08ec.
- Proarquitectura. (2018). Aislamiento y acondicionamiento acústico: las mejores armas para combatir el ruido. Madrid. Recuperado el 30 de mayo de 2022 de <https://www.proarquitectura.es/aislamiento-acondicionamiento-acustico-las-mejores-armas-combatir-al-ruido>.
- Redonda Fernández, M. (2013). Acústica aplicada a la edificación: evolución histórica desde la Antigüedad hasta su actual integración en los procesos constructivos. Recuperado el 30 de mayo de 2022 de <http://hdl.handle.net/2183/10113>.
- Rodríguez Cisneros, Y. Baldeón Quispe, Wilfredo. (2018). Evaluación del ruido y el confort acústico en la Biblioteca Agrícola Nacional. Lima, Perú. Recuperado el 30 de mayo de 2022 de https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0465-546X2018000100017.
- Saieh, N. (2014). Sala de conciertos Blaibach de Haimerl, P. Recuperado el 1 de octubre de 2022 de: <https://www.archdaily.cl/cl/758288/sala-de-conciertos-blaibach-peter-haimerrchitektur>
- Sánchez Ramos, M. (2012). El concepto diseño en el taller de diseño: reflexiones teóricas. México. Recuperado el 30 de mayo de 2022 de <http://www.apps.buap.mx/ojs3/index.php/insigne/article/view/1408>
- Stumpf González, M., Colnaghi, J y Oliveira Nunes, M. (2018) Análisis acústico del auditorio Padre Werner en Unisinos. Brasil. Recuperado el 30 de mayo de 2022 de https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50732018000300291.