

# FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO



CARRERA DE ARQUITECTURA Y URBANISMO

“ESTRATEGIAS GEOMÉTRICAS PARA EL ACONDICIONAMIENTO  
ACÚSTICO EN EL DISEÑO DE ARQUITECTURA DEPORTIVA DE  
ALTA COMPETENCIA EN TRUJILLO 2020”

Trabajo de Investigación para optar el grado de:

Bachiller en Arquitectura

**Autora:**

Gabriel Esteban Avila Terrones

**Asesor:**

Arq. Llanos Chuquipoma, Alberto Carlos

Trujillo - Perú

2020

## TABLA DE CONTENIDO

|  |           |
|--|-----------|
| <b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>   | <b>4</b>  |
| <b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>  | <b>5</b>  |
| <b>CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN.....</b>                                  | <b>7</b>  |
| 1.1 Realidad problemática .....                                      | 7         |
| 1.2 Formulación del problema.....                                    | 12        |
| 1.3 Objetivo .....   | 12        |
| 1.4 Antecedentes .....   | 12        |
| 1.5 Dimensiones y criterios arquitectónicos de aplicación.....       | 25        |
| 1.5.1 Dimensiones.....   | 25        |
| 1.5.2 Criterios arquitectónicos de aplicación.....                   | 26        |
| 1. Primera dimensión: Distorsiones sonoras.....                      | 26        |
| 2. Segunda dimensión: Geometría volumétrica y espacial.....          | 27        |
| 3. Tercera dimensión: Sistemas y materiales fonos absorbentes.....   | 29        |
| 4. Lista de criterios arquitectónicos de aplicación.....             | 30        |
| <b>CAPÍTULO 2 METODOLOGÍA .....</b>                                  | <b>32</b> |
| 2.1 Tipo de investigación.....                                       | 32        |
| 2.2 Presentación de casos arquitectónicos .....                      | 33        |
| 2.3 Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos ..... | 42        |
| 2.4 Matriz de consistencia .....                                     | 44        |
| <b>CAPÍTULO 3 RESULTADOS.....</b>                                    | <b>45</b> |
| Análisis de casos arquitectónicos .....                              | 45        |

|  |  |           |
|--|--|-----------|
| 3.1  | Piscina Alfriston .....  | 45        |
| 3.2  | Centro deportivo para la escuela Max-Planck .....                                | 50        |
| 3.3  | Nuevo Arena Indoor de Trujillo (Tesis nacional) .....                            | 55        |
| 3.4  | Nave multi programa, Sistema vertical de plataformas deportivas y culturales ... | 60        |
| 3.5  | La Atlántida, Centro de Artes Escénicas de Osona .....                           | 65        |
| 3.6  | Auditorio de la ciudad de Huancayo (Tesis nacional).....                         | 69        |
| 3.7  | Lineamientos del diseño .....  | 75        |
| <b>CAPÍTULO 4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DE INVESTIGACIÓN.....</b> |  | <b>78</b> |
| 4.1  | Conclusiones teóricas .....  | 78        |
| 4.2  | Recomendaciones para el proyecto de aplicación profesional .....                 | 80        |
| <b>REFERENCIAS .....</b>   |  | <b>82</b> |
| <b>ANEXOS .....</b>  |  | <b>84</b> |

## ÍNDICE DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| Tabla 1. Lista de relación entre casos, con la variable y el tema de investigación..... | 34 |
| Tabla 2. Ficha modelo de estudio de casos/muestra .....                                 | 43 |
| Tabla 3. Matriz de consistencia .....   | 44 |
| Tabla 4. Ficha de análisis de casos n° 01 .....   | 45 |
| Tabla 5..Ficha de análisis de casos n° 2.....   | 50 |
| Tabla 6..Ficha de análisis de casos n° 3.....   | 55 |
| Tabla 7.Ficha de análisis de casos n° 4.....  | 60 |
| Tabla 8. Ficha de análisis de casos n° 5.....   | 65 |
| Tabla 9.Ficha de análisis de casos n° 6.....  | 69 |
| Tabla 10. Modelo matriz de análisis de casos.....                                       | 88 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1. Vista principal y cortes caso 1 - Piscina Alfriston .....   | 35 |
| Figura 2. Vista principal y cortes caso 2 - Centro deportivo para la escuela Max – Planck ...   | 36 |
| Figura 3. Vista principal y cortes caso 3 - Arena Indoor .....  | 37 |
| Figura 4. Vista principal y cortes caso 4 - Nave multi programa .....   | 38 |
| Figura 5. Vista principal y cortes caso 5 - Centro de Artes Escénicas de Osona .....  | 40 |
| Figura 6. Vista principal y cortes 3D caso 6 - Auditorio de la ciudad de Huancayo.....  | 41 |
| Figura 7. Análisis de materiales y sistemas constructivos de la piscina Alfriston. ....   | 49 |
| Figura 8. Análisis de macro volumetría del Centro deportivo Max – Planck.....   | 53 |
| Figura 9. Análisis de micro volumetría y procesos del Centro deportivo Max - Planck .....   | 53 |
| Figura 10. Análisis de materiales y sistemas constructivos del Centro deportivo Max - Planck<br>.....   | 54 |
| Figura 11. Análisis de materiales y sistemas constructivos del Nuevo Arena Indoor. Figura 12.<br>Análisis de materiales y sistemas constructivos del Centro deportivo Max - Planck..... | 54 |
| Figura 13. Análisis de micro volumetría y procesos del Nuevo Arena Indoor.....  | 58 |
| Figura 14. Análisis de macro volumetría del Nuevo Arena Indoor .....  | 58 |
| Figura 15. Análisis de materiales y sistemas constructivos del Nuevo Arena Indoor.....  | 59 |
| Figura 16. Análisis de micro volumetría del Centro Multiplataformas Cultural. ....  | 63 |
| Figura 17. Análisis de macro volumetría de la Nave Multiplataformas Cultural .....  | 63 |
| Figura 18. Análisis de materiales y sistemas constructivos del Centro Multiplataformas<br>Cultural. ....  | 64 |
| Figura 19. Análisis de micro volumetría y comportamiento del Centro de Artes Escénicas la<br>Atlántida.....   | 67 |

|  |    |
|--|----|
| Figura 20. Análisis de macro volumetría del Centro de Artes Escénicas la Atlántida. ....                   | 67 |
| Figura 21. Análisis de materiales y sistemas constructivos del Centro de Artes Escénicas la Atlántida..... | 68 |
| Figura 22. Análisis de macro volumetría del Nuevo Auditorio de Huancayo.....                               | 71 |
| Figura 23. Análisis de micro volumetría del Nuevo Auditorio de Huancayo. ....                              | 71 |
| Figura 24. Análisis de materiales y sistemas constructivos del nuevo auditorio de Huancayo .....           | 72 |
| Figura 25. Análisis volumétrico de problemáticas en Coliseo Oswaldo Quito, Ecuador.....                    | 84 |
| Figura 26. Análisis volumétrico de problemáticas en CAR de voley, Lima .....                               | 85 |
| Figura 27. Análisis volumétrico de problemáticas en el Coliseo Gran Chimú, Trujillo .....                  | 86 |
| Figura 28. Análisis volumétrico de problemáticas en el coliseo Inca, Trujillo .....                        | 87 |

## CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN

### 1.1 Realidad problemática

Desde la antigüedad se han creado espacios destinados al deporte variando su complejidad y estilo al pasar el tiempo, como primera referencia de centro deportivo de alta competencia el estadio de Olimpia en Grecia contando con tratamientos acústicos e isópticos adaptando la morfología dando el mejor confort de la época, haciendo tendencia los juegos olímpicos que han recorrido el mundo y formado parte de nuestra cultura aumentando las exigencia de infraestructuras según la función y deporte realizado, actualmente es habitual que la arquitectura aplicada al deporte de alta competencia brinden las mejores condiciones térmicas, de iluminación y ergonómicas tanto al deportista como los espectadores, sin embargo existe una cierta preterición en el tratamiento del acondicionamiento acústico tanto en el entrenamiento o espectáculos deportivos, siendo éste una variable sustancial ante la presencia de ruido en recintos de gran tamaño ocasionando molestias a usuarios y los habitantes de alrededor, originando un problema que debe ser tratados desde el origen del hecho arquitectónico modificando mediante estrategias geométricas de acondicionamiento acústico pasivo que condicionen la volumetría, obteniendo espacios donde el eco sea mínimo mejorando la inteligibilidad del sonido y evitando la reverberación interna.

En cuanto al emplazamiento del volumen y el impacto urbano se debe tener en cuenta las interrelaciones tanto del interior como del exterior.

Idealmente, las edificaciones urbanas deberían concebirse de modo que el ruido no penetre al interior u no aumente su nivel en el exterior. La consecución de estos dos objetivos armonizaría la relación de acondicionamiento entre el hábitat y el espacio comunitario, considerando el tipo de calles de las ciudades. (Higiani, 1999, p. 318).

Según lo citado la importancia del aislamiento del sonido en ambos sentidos del interior y exterior es crucial para mejorar la inteligibilidad interna del recinto, a nivel mundial

existen grandes centros de entrenamiento de alta competencia que se están enfocando en retirarse del nivel de lote centrando el proyecto para alejarse lo posible de las interacciones con ruidos exteriores, empleando vegetación como barreras acústicas, sin embargo hay centros deportivos donde realizan competencias locales además de ciertos eventos culturales o conciertos, como en el caso de España en el pabellón polideportivo de Salsona, donde se evalúan estudios para mejorar el aislamiento acústico y no perjudique tanto a los usuarios como a los vecinos del entorno.

A nivel nacional, en Lima podemos observar en el centro deportivo la Videna que las infraestructuras para los deportes de gran magnitud se encuentran en el perímetro y con un retiro mínimo de una vía con presencia de ruido por congestiones de tránsito, al no presentar estrategias en el emplazamiento se producen alteraciones en la inteligibilidad del sonido al realizar la práctica deportiva, del mismo modo en el centro de alto rendimiento de Arequipa presenta una cobertura suspendida para el flujo del viento con poco control y cerca al borde del lote, provocando grandes interacciones sonoras indeseadas en horas de congestión vehicular.

A nivel local, Trujillo no cuenta con centros de entrenamiento de alto nivel por lo que utiliza las infraestructuras deportivas antiguas, donde los retiros se han reducido ante la presencia de vías con el paso del tiempo, como el caso del Coliseo gran chimú (ver anexo 3), la piscina olímpica, que se encuentran casi al borde del lote en puntos críticos vehiculares, produciendo incomodidad sonora en los usuarios, del mismo modo el coliseo Inca que se usa para la práctica de vóley por parte de la municipalidad y no presenta retiros y vanos sin control, provocando en el interior grandes interacciones del exterior así como del interior hacia los usuarios cercanos al equipamiento

La forma geométrica del volumen depende del comportamiento de las ondas sonoras de la función dada.



Las primeras reflexiones presentan un nivel energético mayor que las correspondientes a la cola reverberante, ya que son de orden más bajo. 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. (Carrión, 2004, p. 51)

Según lo mencionado para alcanzar las mejores condiciones acústicas se debe tener en cuenta la forma geométrica del recinto quien está supeditado a las interacciones sonoras producidas en el interior, a nivel mundial se encuentran equipamientos cuya forma presenta características de volúmenes con transformaciones irregulares ortogonales y no ortogonales, mejorando el comportamiento del sonido, por otro lado, se evidencian equipamientos como en el caso de Ecuador donde se busca rediseñar un bloque del polideportivo de la federación deportiva de Tungurahua, el cual es antiguo y ante las exigencias de más atletas el espacio se hace inadecuado a ser un paralelepípedo ortogonal no fue tratado por estrategias acústicas.

A nivel nacional se presenta el caso del centro de alto rendimiento deportivo de vóley ubicado en la Videna en Lima, donde el pabellón es un gran paralelepípedo ortogonal (ver anexo 2) que abarca tres losas deportivas, siendo repartidor de espacios dejando al contorno los ambientes complementarios, no presenta tratamientos acústicos por lo que las reverberaciones internas, y las interrelaciones del sonido dentro y fuera del espacio del entrenamiento son inevitables, presentando molestias en los deportistas al momento de utilizar las tres losas deportivas al mismo tiempo.

En lo referente al ámbito local, en Trujillo se presenta el coliseo Gran Chimú (ver anexo 3) como centro de entrenamiento por turnos para los deportistas en la única losa que presenta, sin embargo al ser un gran recinto con graderías y de forma volumétrica cóncava circular y no presentar ningún tipo de tratamiento acústico las molestias por el ruido y la reverberación interna son constantes, además de ser centro de eventos deportivos al conglomerar a los espectadores producen grandes afluencias de ruidos a sus alrededores.

Para pretender llegar al máximo confort acústico se debe tomar en cuenta los materiales que recubren las aristas interiores en base a su función desarrollada del ambiente, así como la composición de los vanos y sistemas constructivos.

Se encuentran revestimientos para muros, trabajados en madera, espuma acústica, yeso, tabiquería, decoraciones acústicas y doble vidriado hermético... Dentro de los recintos cerrados, es fundamental conseguir un equilibrio adecuado entre el sonido directo y el campo sonoro reverberante. Por ello, un adecuado acondicionamiento acústico implica que las ondas reflejadas sean las menos posibles, por lo que desempeña un papel la capacidad de absorción de los materiales absorbentes que minimizarán la reverberación indeseada o ecos que pueden dificultar la ininteligibilidad de la comunicación sonora. (Fernández R. 2013, p. 11, p. 99)

Para potenciar el aislamiento sonoro y confort acústico se deben, a nivel mundial se encuentra el empleo de materiales con índices de absorción sonoras, así como los refuerzos en los vanos para volverse aislantes y el uso de sistemas constructivos tanto en muros como en losas para impedir el paso del sonido a otros ambientes, sin embargo en ciertos equipamientos no se cumple lo requerido, como el caso del Coliseo Oswaldo en Quito (ver anexo 1) donde se encuentran análisis para rediseñar el interior ante la imposibilidad de modificar la volumetría construida, y las interrelaciones por los vanos no controlados acústicamente y ciertos vacíos para el paso del viento, son puntos clave para las interacciones con otras fuentes de ruido o el paso de las ondas a otros ambientes.

En el caso nacional, se encuentran la mayoría de equipamientos deportivos sin acondicionamiento de materiales acústicos en las superficies internas, tomando como ejemplo la Videna, el centro de alto rendimiento de vóley en Lima (ver anexo 3), y el centro de alto rendimiento de Arequipa, ya que éste último presenta construcciones de baja calidad para lo que se refiere a la alta competencia, utilizando ladrillos cara vista y cobertura de plástico donde las ondas sonoras rebotan con intensidades similares sin disminuir la reverberación.

En cuanto al ámbito local en Trujillo sucede de la misma manera, en el centro de gimnasia del IPD, el coliseo Gran Chimú (ver anexo 3), y el coliseo inca (ver anexo 4), donde se realiza entrenamiento de algunos clubes de vóley, se emplean muros simples de ladrillo caravista y coberturas de placas de acero y de PVC los cuales son materiales lisos con índices bajos de absorción acústica, del mismo modo el coliseo gran Chimú donde poseen vanos con aberturas sin control produciendo grandes interacciones sonoras con el exterior y aumentos de reverberaciones al realizar la práctica deportiva provocando incomodidad entre los usuarios.

Ante lo planteado, es de suma importancia la aplicación del acondicionamiento acústico a un recinto deportivo, de tomarse en cuenta con la importancia necesaria en el futuro las edificaciones que se construyan tendrán los mismos deficientes y en ciertos casos incrementados ante el aumento de deportistas y losas deportivas provocando deficiencias en la inteligibilidad de la palabra y el sonido al momento de realizar la actividad deportiva, además de malestares por excesos de ruidos y presencia de sonidos no deseados en ambientes cercanos por la falta del control acústico en el recinto, ya que el sonido difícilmente se controla con sistemas artificiales a diferencia de la iluminación entre otros.

En consecuencia, de las problemáticas analizadas en los casos locales, nacionales e internacionales, se evidencia un cierto desinterés por el control del acondicionamiento acústico y el impacto que genera en los usuarios, se preocupa más por la esbeltez y los acabados que por disminuir el sonido que toda práctica deportiva genera desde el rebote del balón, correr, saltar hasta las indicaciones que se brindan en tonos elevados produciendo grandes reverberaciones y disminuyendo la inteligibilidad de la palabra en recintos cerrados de gran tamaño, por lo que debe ser indispensable tomarse en cuenta estrategias geométricas de acondicionamiento acústico que condicionen el diseño de un ambiente deportivo en la

práctica del entrenamiento de alta competencia ya que éstos deportistas necesitan óptimas condiciones ambientales para mejorar su rendimiento.

## 1.2 Formulación del problema

¿De qué manera las estrategias geométricas para el acondicionamiento acústico en condicionan el diseño de arquitectura deportiva de alta competencia en Trujillo 2020?

## 1.3 Objetivo

Determinar de qué manera las estrategias geométricas para el acondicionamiento acústico en condicionan el diseño de arquitectura deportiva de alta competencia en Trujillo 2020.

## 1.4 Antecedentes

### 1.4.1 Antecedentes teóricos

1. Carrión A. (1998) Diseño acústico de espacios arquitectónicos, Barcelona España, Editorial: Ediciones UPC.

El libro menciona lo amplio que es el estudio de la acústica como ciencia, ya que, comprende la de acústica ambiental, la acústica musical, la psico acústica y la acústica arquitectónica, entre otras, centrándose sólo en la acústica arquitectónica tomando como base datos obtenidos en investigaciones realizadas por expertos de la materia, por ello va dirigido a estudiantes y profesionales de Arquitectura con el fin de tener un conocimiento básico para comprender las interacciones y de tal manera, poder diseñar un ambiente de manera científica y aceptado por algún profesional en la materia; como resultado se explica y detalla las definición del acondicionamiento acústico, los principios básicos y análisis del comportamiento tanto en su naturaleza del sonido como en la interacción ante distintas superficies y formas de recintos, detallando el uso complementario de los materiales absorbentes, difusores, reflectores e impulsores, además de sistemas constructivos de

aislantes acústicos donde detallan la composición de los muros y cerramientos de un ambiente para una mayor calidad de control acústico, así como, las diferencias entre el aislamiento acústico y el acondicionamiento acústico, para una mejor aplicación de los parámetros, datos, y recomendaciones brindadas en el presente documento mediante resultados cuantitativos de carácter científico y análisis de casos típicos, obteniendo criterios y estrategias básicas de diseño para obtener el resultado esperado al aplicar el acondicionamiento acústico a un recinto con una función específica; por otro lado, también presenta el análisis y diseño de espacios de gran tamaño como auditorios, centros recreativos y salas de conciertos donde la inteligibilidad de la palabra y el sonido es crucial para el desarrollo de la actividad del lugar, los cuales siguiendo los criterios y resultados obtenidos se puede lograr controlar y dirigir las primeras reflexiones sonoras realizar el diseño de estos espacios de manera óptima para la acústica respectiva, evitando y disminuyendo los fenómenos acústicos.

La Investigación detallada en este libro, sirve para tener una base teórica primero el comportamiento y naturaleza del sonido, para luego establecer criterios y aplicaciones de un acondicionamiento acústico a un determinado recinto donde la interacción de las superficies, materiales empleados, también para plantear como deben ser los sistemas constructivos de cerramientos arquitectónicos tales como muros dobles y triples, del mismo modo, elementos a utilizar como paneles que influyen de manera directa en la propagación de las ondas sonoras, llegando a controlar para determinadas actividades realizadas en un recinto.

## 2. Goidsack L. (sin fecha) Comodidad acústica, Universidad de Chile, Chile.

El documento es un resumen que da un enfoque de confort explicando la naturaleza del sonido y sus distintos métodos de estudio, tales como: la acústica estadística, la acústica geométrica y la acústica ondulatoria, centrándose en la acústica geométrica como el método

más adaptable y práctico para simular las interacciones sonoras en una superficie, analizando a la onda del sonido como rayos aplicando ángulos para determinar los puntos de incidencia, refracción y reflexión del sonido, para transformar el recinto dependiendo de la función que se realice. Por otro lado define y explica con apoyo de gráficos los fenómenos sonoros como lo son la reverberación, el eco y la resonancia que actúan en todos los objetos dentro del campo de interacción de la onda sonora, brindando los datos para el adecuado nivel de confort y rangos dañinos para el oído humano; con el método geométrico analiza distintas superficies euclidianas y no euclidianas, para clasificar las superficies según su función como: reflexión especular, reflexión especular diferida y reflexión difusa, resultando estrategias de tratamiento acústico basado en la aislación, absorción y amortiguación; del mismo modo detalla el empleo de complementos como difusores del sonido y sus características del material a emplear para mayor confort. Por último, brinda ciertas soluciones para evitar la reverberación en espacios de gran tamaño y la transición del sonido por impacto al presentar soluciones estructurales de losas y muros para absorber y aislar el sonido impidiendo su paso a otros ambientes contiguos.

Este documento servirá para la base teórica y gráfica en el comportamiento de la propagación del sonido mediante el método geométrico al ser aplicado en distintas formas y superficies euclidianas y no euclidianas, tomando como datos criterios de diseño en planta de formas trapezoidales y poligonales, así como en la elevación de la forma con coberturas inclinadas para el aislamiento y absorción de las ondas disminuyendo su propagación, controlando el ruido tanto como materiales y sistemas constructivos de aislamiento por múltiples capas, así mismo muestra soluciones de paneles acústicos en espacios interiores de gran tamaño.

### 3. Higiani (1999) ABC de la Acústica Arquitectónica, España. Editorial: Ceac, S.A.

El libro va enfocado a un análisis completo de la formación, diseño y comprobación de criterios y estrategias para lograr el máximo confort acústico desde el origen del diseño de la arquitectura, el cual presenta una gran base de datos teóricos y pruebas de carácter cuantitativo y cualitativo aceptadas por los expertos en la materia donde detallada, en primera instancia la naturaleza del sonido, las fuentes sonoras para entender el comportamiento así los niveles de ruido y criterios de confort, para posteriormente habla del aislamiento acústico que es la base del acondicionamiento al reforzar las paredes con materiales con propiedades absorbentes y rellenos de espuma para impedir el paso de transmisión de sonido por vibración; se analiza el acondicionamiento acústico en distintas salas, estableciendo parámetros, índices y estrategias para controlar y direccionar las ondas sonoras, donde evalúa la interacciones mediante el método geométrico y estadístico acústico los rayos sonoros en distintas superficies y formas de recintos, determinando los más eficientes para lograr el nivel de confort deseado, obteniendo que las formas no euclidianas, poligonales irregulares convexas son las ideales para absorber los rayos sonoros, ante esto también se presentan fenómenos en la absorción acústica donde se obtienen criterios y coeficientes de reflexión ante resonadores en los paneles para adecuarlos de tal manera que eviten esos efectos no deseados. Por último, analiza el sonido en espacios semicerrados para ser acondicionados y formar barreras acústicas como en las fachadas de los edificios y el sonido en ambientes semiabiertos como terrazas y balcones, llevando a tomar criterios de emplazamiento y barreras acústicas para impedir la incidencia directa de las ondas.

Este libro ayudará a definir cómo deben ser la morfología de los ambientes y establecer los criterios de volumetría, tales como usar formas trapezoidales, poligonales, convexas y no euclidianas, así como quiebres en las superficies internas de la volumetría para direccionar el sonido, del mismo modo techos inclinados y el uso de patrones crecientes

para eliminar la simetría y emplear las perspectivas multifocales que según el documento son los criterios de mayor eficiencia ante el acondicionamiento acústico y el uso de materiales fonoabsorbentes al presentar una amplia base de datos comprobados y simulados con el método geométrico acústico, empleando sistemas constructivos de muros con múltiples capas, losas aislantes, por otro lado establece criterios que deben aplicar para acondicionar no sólo en función del interior del edificio sino también en espacios exteriores para formar barreras acústicas.

4. Zamora J. & D'Aula E. (2008) "ICADA: índice de calidad acústica de la arquitectura interior", Universidad de Coímbra, España.

Este artículo de investigación tiene como finalidad presentar estrategias y soluciones arquitectónicas para un mayor confort de calidad acústica en los recintos, mediante pruebas y análisis científicos de acústica, determinan los aspectos relevantes que condicionan la acústica de un local, como la incidencia del ruido de fondo, la inteligibilidad de la palabra, los materiales y sistemas constructivos de revestimiento, la geometría espacial, entre otros; mediante una metodología distinta que aplica ICADA, para la detección y solución de los fenómenos sonoros que interactúan en un objeto arquitectónico. Entre los resultados analizan el fenómeno del ruido de fondo producidos por fuentes exteriores, que dependen de la calle a la que esté direccionada y fuentes interiores que dependen de la forma y la ubicación del recinto; ante estas dos cualidades se concluye que la proporción de la forma y el emplazamiento del objeto con respecto a una fuente de ruido es crucial para el acondicionamiento acústico de un recinto, adicional a ello, se plantea una solución para la transmisión de ruido por ambientes y corresponde a zonificar en base a agrupación de ambientes por ruido para que donde haya más afluencia sonora no afecte a los ambientes de los cuales se requiere absoluto silencio separando por otros ambientes intermedios donde no



es necesario la falta de sonido para desarrollar sus actividades, y por último detalla la importancia de los materiales y los sistemas constructivos como los vidrios fijos reforzados para una mayor optimización de acondicionamiento acústico.

El artículo muestra los indicadores para un control acústico adecuado que nos servirá para determinar la proporción y forma de un ambiente, posicionamiento y emplazamiento con respecto a ruidos exteriores los cuales influyen en la inteligibilidad del sonido, así como criterios en materiales de control acústico y espacial.

5. Fernández R. (2013) Acústica para un diseño absorbente, paneles modulares para aislación y absorción acústica (diseño industrial), Escuela de Arquitectura y Diseño Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.

La investigación se basa en el diseño, comportamiento y la importancia de los paneles modulares acústicos para el manejo de las ondas sonoras en un recinto mediante el método geométrico de rayos sonoros para simular las interacciones de las variantes de la forma. Para entender el funcionamiento primero detalla cuales son los índices saludables y perjudiciales del ruido para las personas, ante ello analiza de manera científica con datos estadísticos obtenidos tras pruebas con instrumentos y variaciones de paneles según sus materiales y formas para obtener el resultado más eficiente de un panel; llevando a concluir en distintas tipologías de paneles para cada función específica, en base a sus cualidades de los materiales como, densidad, porosidad, rigidez estructural, y sus propiedades que éstos general como absorción y aislación sonora y el control de vibraciones demostrando los efectos de las ondas sonoras en paneles tipo para comprobar su funcionamiento de manera gráfica así como los detalles de la estructura para su construcción; por otro lado ejemplifica con variaciones de los paneles tipo añadiendo paneles plegables brindando criterios para el diseño modular al imitar el comportamiento de los panes en las superficies del recinto.

El presente artículo servirá no sólo para la aplicación adecuada de un panel dependiente de la función que se desempeñe en el recinto, sino también, de los criterios que se debe seguir para llevar a un diseño modular volumétrico al tomar en cuenta los patrones y proporciones brindadas en el análisis y resultados de los distintos paneles acústicos que muestras; por otro lado los estudios de los materiales acústicos pueden ser empleados para usarlos individualmente al recubrir las superficies internas del objeto arquitectónico dependiendo del caso.

6. Ruiz L. (2014) Representación gráfica de la primera reflexión en espacios destinados a la palabra (Trabajo final Máster), universidad Politécnica de Cataluña, España.

La tesis de final de Master presenta un trabajo donde demuestra la importancia de las primeras reflexiones obtenidas por el método geométrico de estudio del sonido mediante la representación gráfica ante el comportamiento acústico de espacios destinados a la palabra tales como teatros, salas de conferencias y aulas. El objetivo de la investigación es lograr la mejor inteligibilidad de la palabra o grado de comprensión del mensaje ante los ambientes mencionados ya que la función y actividad de la sala dependen del punto óptimo de la propagación de las ondas sonoras, así como del sonido directo y de las reflexiones que se presenten en su propagación e interacción ante los primeros objetos reflejados llegando a influenciar en la inteligibilidad de la palabra. Aquellas reflexiones se conoce como reflexiones tempranas o primeras reflexiones, las cuales son transmitidas por el aire con un nivel energético lo suficientemente alto que al sumar al sonido directo incrementa el nivel sonoro a la audiencia que más lo necesita, a la vez se relacionan con la forma de la sala, los acabados de las superficies y la función de la misma para dirigir a donde se requieren llegar las primeras reflexiones considerando la audiencia desfavorable donde el sonido llega débil o no legible. Al brindar los criterios y métodos para dirigir el sonido, también ejemplifica

cuales son las circunstancias donde el sonido se pierde o disminuye, donde para el objetivo del documento no lo necesita, pero es también de importancia si se desea evitar la propagación con formas irregulares convexas como muestra gráficamente el documento; además del uso de materiales eco absorbentes para lograr el máximo control acústico.

La tesis mencionada sirve para determinar la aplicación de formas trapezoidales en planta para direccionar la propagación de las primeras reflexiones del sonido ante ruidos y uso de la palabra como lo son en la parte deportiva el rebote de balones y el uso del habla seguido para dirigir el entrenamiento, de tal modo que nos permitirá tomar las decisiones para centrar el sonido y mejorar la inteligibilidad en distintas formas de ambientes, detectando la forma espacial óptima.

#### **1.4.2. Antecedentes teóricos arquitectónicos**

7. Mora (2015) Las características técnicas de los centros de entrenamiento deportivo y el rediseño de los espacios interiores del bloque uno del polideportivo de Ingahurco de la Federación Deportiva de Tungurahua (Título de Arquitecta), Universidad técnica de Ambato, Ecuador.

La presente tesis trata de generar una solución arquitectónica tras el mal funcionamiento de los espacios interiores de un bloque polideportivo de la federación de Tungurahua procurando hacer una remodelación abarcando las estrategias para su mayor confort ambiental, además, de los parámetros técnicos y deportivos para mejorar la funcionalidad del espacio deportivo, tomando en cuenta también la parte estética y compositiva del ambiente para influir en sus ocupantes; obteniendo los datos necesarios mediante estudios cuantitativos y cualitativos donde se comprende la naturaleza y funcionamiento del proyecto; donde uno de los puntos a tratar en la remodelación es el acondicionamiento acústico que es un factor importante en esta tipología de espacios con

requerimientos particulares y generales de los deportistas y espectadores, para controlar, aislar y transmitir el sonido necesario sin afectar la legibilidad al producir reverberaciones no deseadas eliminando los efectos de ruido exteriores al aplicar métodos aislantes en la parte estructural del objeto arquitectónico, tales como, materiales aislantes en los muros, reforzar los vanos para volverlos aislantes, y el emplazamiento con respecto a fuentes de ruidos exteriores; llevando a utilizar paneles modulares acústicos en forma de falso cielo raso, ya que, el objeto está consolidado y la remodelación consiste en adecuar la arquitectura para obtener un mayor confort acústico, además de la utilización de materiales eco absorbentes en las distintas superficies interiores.

La tesis sirve para determinar los criterios de aplicación de paneles acústicos y materiales en superficies del recinto, debido a la problemática del centro de alto rendimiento deportivo llevándolo a un rediseño analizando diversos aspectos entre ellos el acondicionamiento ambiental y el acústico, donde utiliza parámetros y estrategia para obtener un mayor confort.

8. Cadena (2017) Acondicionamiento arquitectónico térmico y acústico del Coliseo Oswaldo Proaño Yépez con sistemas sustentables dirigido al Colegio Municipal Experimental “Sebastián de Benalcázar” (Tesis de título de Arquitecto), Universidad tecnológica Equinoccial, Ecuador.

La investigación de la tesis pretende desarrollar una propuesta de remodelación para un diseño que alcance el confort térmico y acústico que los usuarios necesitan en un coliseo donde se realizan distintas actividades deportivas y culturales, ocasionando gran cantidad de problemas ambientales como los ruidos hacia el exterior que emite este proyecto de gran tamaño con eventos musicales y temperaturas bajas o fuertes ventilaciones que no corresponden al tipo de espacios que hay dentro del coliseo; mediante el implemento de

estrategias espaciales y estructurales aprovechando los recursos naturales y del propio coliseo, se intenta lograr un grado de confort acústico óptimo para todos los puntos interiores evitando los ruidos molestos y la inteligibilidad de la palabra, mediante análisis minuciosos de sistemas constructivos y de mobiliario como muros acústicos dobles y ventanas fijas con doble capa dejando vacíos para amortiguar el sonido y aprovechando la forma del objeto se ubican paneles en la cobertura interior para disminuir el tiempo de reverberación creando un falso cielo abarcando hasta los muros para crear un espacio de aire que separe de la estructura existente donde se expulsan las ondas sonoras, así mismo revestir de materiales acústicos, y mobiliario con índices aceptados para que sean eco absorbentes. Por otro lado, el manejo del aire en el confort térmico también influye en la propagación de las ondas sonoras ya que las ondas tienen a difractarse al pasar de un aire caliente al frío llevando, por lo que si se libera el aire caliente a la superficie del recinto las ondas sonoras tomarán una desviación superior al momento de la reverberación.

La tesis es de utilidad para determinar los criterios de aplicación de paneles como solución acústica en un recinto construido, además de materiales eco absorbentes y sistemas constructivos para asilar del ruido exterior; por otro lado se muestra la importancia del manejo de la temperatura del ambiente en este tipo de proyectos donde el aumento de la temperatura es por la actividad física y de no estar bien acondicionado produce afectaciones no sólo en el acondicionamiento térmico sino también en el acústico ya que las ondas sonoras tienen un comportamiento diferente al paso del aire frío y caliente.

## 9. Huamán (2018) Calidad acústica en los auditorios de la ciudad de Huancayo

Metropolitano, 2018 (Tesis para título de arquitecto), Universidad Peruana los Andes, Perú.

En la presente tesis de investigación basada en el análisis de dos auditorios en la ciudad de Huancayo para realizar el diseño de un auditorio con énfasis en el estudio del confort y calidad acústica pues son en estos lugares donde el sonido tiene que propagarse con total legibilidad sin interrupciones o alteraciones para que se lleve a cabo de manera correcta la funcionalidad del lugar. Parte del entendimiento del comportamiento del sonido y revisión de bases teóricas para criterios y fenómenos del acondicionamiento acústico, seguido del análisis de casos de los auditorios para establecer una comparativa de los requerimientos que principalmente influyen en la propagación sonora como, el ruido de fondo, geometría espacial, inteligibilidad, materiales y hace una mención al documento de índice ICADA; llevando a la detención de criterios como emplazamiento ante fuentes de ruidos exteriores, transmisión de ruido por muros, la geometría del espacio como factor principal de influencia en la propagación sonora detallando el volumen y la dirección de las superficies interiores, los factores que intervienen en la inteligibilidad de la palabra como primeras reflexiones sonoras del interlocutor y los oyentes, como los paneles acústicos, y por último el uso de materiales fonoabsorbentes y sistemas constructivos como vidrios fijos, muros dobles y mobiliario con coeficientes de absorción del sonido; concluyendo en la geometría del volumen como el punto más importante del acondicionamiento, empleando formas geométricas euclidianas irregulares, patrones modulares progresivos, asimetría, perspectivas multifocales, muros inclinados para direccionar el sonido, además, de inclinaciones sucesivas y patrones piramidales en diferentes direcciones para retener las reflexiones sonoras en las distintas superficies e impedir que se reflejen en el interior a manera de ruido flotante o reverberación, optimizando el confort acústico para el auditorio diseñado.

La tesis sirve para ver el análisis de auditorios y las características más influyentes para el acondicionamiento acústico óptimo tomando como datos principales criterios, tales como la importancia de la forma del objeto y su transformación con patrones irregulares y

perspectiva multifocal influyendo en la propagación y reflexión de las ondas sonoras, de tal manera que disminuya la repercusión del sonido en un recinto de gran tamaño, además del uso de materiales acústicos en las superficies y mobiliario con cavidades y características absorbentes para mejorar la eficiencia.

**10.** Lozada (2019) Estrategias de acondicionamiento acústico pasivo aplicados en el diseño geométrico de la cobertura del nuevo Arena Indoor en Trujillo 2019 (Tesis para título de arquitecto), Universidad Privada del Norte, Perú

La tesis se concentra básicamente en la influencia de las ondas sonoras en las variaciones de las formas geométricas de la cobertura de un coliseo deportivo con el fin de conseguir una difusión acústica uniforme y controlada en todos los puntos del objeto, mejorando el grado de confort sonoro. Para comenzar detalla brevemente el comportamiento del sonido y los fenómenos sonoros que actúan en espacios de gran envergadura, seguido del análisis de casos para detectar cuales son las principales deficiencias que se presentan en el manejo de esta escala y función del proyecto, reuniendo una serie de criterios y estrategias para diseñar la forma de la cobertura mencionada, tomando como puntos específicos responsables el ruido de fondo, control de la reverberación, distorsiones sonoras, atención del efecto tambor, llevando a realizar criterios de diseño de transformación volumétrica, aplicación de materiales y sistemas constructivos, tales como el uso de colchones acústicos para amortiguar el ruido exterior al posicionarse a una cierta distancia de las vías con mayor propagación de ruido, uso de geometrías no euclidianas, evitar el paralelismo en paredes de gran tamaño ya que éste tipo de ambientes son focos de reverberación acústica por la escala que presenta, uso de planos seriados con patrones modulares en distintas proporciones para controlar los efectos de rebote, uso de materiales acústicos y espumas absorbentes, del mismo modo evitar cavidades de aire en los pavimentos rígidos, que se dejan por el tipo de actividad

deportiva, deben ser rellenos con espuma para evitar los vacíos y el efecto tambor al realizar la práctica del deporte. Llevando a realizar una estructura y cobertura acústica con elementos seriados no euclidianos irregulares encerrando al objeto que funciona como barrera acústica para disminuir la interacción de ruidos exteriores e interiores.

La tesis es importante para entender el comportamiento de elementos de tipo irregular en progresión que sirven de revestimiento acústico para controlar los ruidos exteriores e interiores además de distribuir uniformemente el sonido en los interiores del recinto, por otro lado, el uso de sistemas constructivos en la losa deportiva rellenos con espuma para evitar efectos tambor por la actividad deportiva que se realiza.

**11. Tacca B. (2019) Centro de alto rendimiento deportivo para el voleibolista de la región de Puno (Tesis para título de arquitecto), Universidad Nacional del Altiplano, Perú**

La tesis se basa en el diseño de un centro deportivo de alto rendimiento dedicado para los voleibolistas de la región de Puno donde parte de los criterios de diseño es la aplicación del confort térmico, aislamiento y absorción acústica para mejorar la calidad del entrenamiento en los recintos de gran tamaño, tomando en cuenta las consideraciones del entorno para el emplazamiento el proyecto ya que se realiza en zona topográfica elevada evitando afluencias de vías ruidosas. Muestra un tratamiento de materiales principalmente en el suelo y en el techo interior al presentar un recinto típico, se acondiciona para producir el mejor confort acústico que se permite mediante el uso de pisos flotantes rellenos de material aislante para evitar efecto tambor en la práctica deportiva, y falso cielo con paneles absorbentes para disminuir la reverberación del recinto, del mismo modo el uso de sistemas constructivos para aislar la zona deportiva acústicamente recubriendo con material antigolpes a la vez tiene características acústicas.



La mencionada tesis es de utilidad para aplicar los sistemas constructivos acústicos como el piso flotante relleno de espuma para la losa deportiva, y los muros con relleno acústico; del mismo modo el implemento de paneles acústicos, en caso de que, la forma del recinto no solucione completamente a los criterios establecidos para un índice acústico óptimo.

## **1.5 Dimensiones y criterios arquitectónicos de aplicación**

### **1.5.1 Dimensiones**

#### **1. Distorsiones sonoras**

Lozada (2019) Estrategias de acondicionamiento acústico pasivo aplicados en el diseño geométrico de la cobertura del nuevo Arena Indoor en Trujillo 2019 (Tesis para título de arquitecto), Universidad Privada del Norte, Perú.

Existen sonidos y ruidos indeseados tanto del interior como del exterior que afectan la legibilidad del sonido actuante, afectando la calidad acústica del recinto emplazado provocado reverberación y deformación en el comportamiento del sonido.

#### **2. Geometría volumétrica espacial**

Huamán (2018) Calidad acústica en los auditorios de la ciudad de Huancayo Metropolitano, 2018 (Tesis para título de arquitecto), Universidad Peruana los Andes, Perú.

El volumen del espacio geométrico que constituye un recinto es el factor más influyente en la percepción y propagación del sonido; mediante la proporción y forma del volumen y la reflexión del sonido en sus aristas.

### 3. Sistemas y materiales Fonos absorbentes

Fernández R. (2013) Acústica para un diseño absorbente, paneles modulares para aislamiento y absorción acústica (diseño industrial), Escuela de Arquitectura y Diseño Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.

Para una absorción acústica adecuada, se recurre a materiales y estructuras con características específicas, los cuales, por su comportamiento controlan la acústica en el espacio aplicado, así como el mobiliario acústico disminuye la reverberación, y muros que aíslen un espacio.

#### 1.5.2 Criterios arquitectónicos de aplicación

##### 1. Primera dimensión: Distorsiones sonoras

1. Articular interconexiones volumétricas por encadenamiento a distintas alturas. Zamora J. & D'Aula E. (2008) "ICADA: índice de calidad acústica de la arquitectura interior". Se debe tomar en cuenta la ubicación de recintos con mayor propagación de ruido de tal manera que los ambientes cercanos no necesitarán el control estrictamente, y alejando a los ambientes donde se requiere permanecer en un mínimo de ruidos, de esta forma se direccionan los volúmenes con espacios de transición a distintas alturas, para que no afecte el ruido a donde no se requiera, evitando la contaminación sonora por transmisión de sólidos.
2. Usar modulaciones volumétricas con ritmo y asimetría en la cobertura del objeto. Fernández R. (2013) en la tesis Acústica para un diseño absorbente, paneles modulares para aislamiento y absorción acústica (diseño industrial), Escuela de Arquitectura y Diseño Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Al imitar los difusores, usando sólo el recubrimiento absorbente mediante la composición volumétrica y modulación, es ideal para diseminar y absorber uniformemente la energía acústica en el interior del recinto

disminuyendo así de manera homogénea la reverberación del sonido, recubiertos con materiales porosos y de gran coeficiente de absorción acústica.

3. Emplear retiros verdes y volúmenes con aberturas de tipo fractal en los exteriores del objeto. Higiani (1999) en su libro ABC de la Acústica Arquitectónica, España. Editorial: Ceac, S.A. Para eliminar el ruido exterior al posicionarse ante una vía con una predominancia del ruido se recomienda usar colchones acústicos como muros verdes, adicional a ello, revestir accesos y áreas de ventilación para disminuir el ingreso de ruidos exteriores evitando la propagación directa de las ondas sonoras.
4. Generar volúmenes euclidianos con pliegues ortogonales en partes superior de forma alternada. Goidsack L. (sin fecha) en su documento Comodidad acústica, Universidad de Chile, Chile. La refracción del sonido se da cuando las ondas se propagan de un medio a otro con diferente composición, altera la dirección de la onda sonora, como en casos cotidianos de centros deportivos donde aumenta la temperatura, el comportamiento de la onda irá hacia abajo ya que el aire más denso es el aire caliente, de tal manera que tiene que permanecer ventilado el recinto y con inclinaciones en el techo para que el aire caliente suba y por lo tanto la onda cambie de dirección, por otro lado, evita la reverberación al no tener superficies paralelas.

## **2. Segunda dimensión: Geometría volumétrica y espacial**

5. Usar volúmenes poligonales irregulares sin paralelismo en el diseño de ambientes de gran tamaño. Higiani (1999) en su libro ABC de la Acústica Arquitectónica, España. Editorial: Ceac, S.A. Optando por esta tipología de formas, al eliminar las caras paralelas en planta y en elevación, podemos conseguir que disminuir el eco flotante, que es una sucesión

rápida de pequeños ecos producidos por un sonido impulsivo, teniendo cuidado de no crear formas poligonales como el caso de hexágono y octágono, donde poseen caras paralelas.

6. Emplear volúmenes con base trapezoidal orientando lado menor a fuente de ruido exterior. Zamora J. & D'Aula E. (2008) en el artículo "ICADA: índice de calidad acústica de la arquitectura interior". Al emplazar el objeto arquitectónico cerca o en dirección a una fuente de ruido exterior se debe: direccionando la menor área posible hacia la pista, con cara opaca protegía por una piel, o envolver al edificio en sí mismo direccionando todo hacia el interior silencioso y abierto.
7. Emplear volúmenes de tipo convexo con patrones hiperbólicos. Higiani (1999) en su libro ABC de la Acústica Arquitectónica, España. Editorial: Ceac, S.A. Las formas arquitectónicas como la elipse y la cúpula, son capaces de provocar múltiples ecos y concentraciones focales de ruido; por otro lado, el uso de superficies convexas actúa como difusores acústicos al dispersar y disminuir las ondas sonoras al no regresar el sonido directamente a la fuente de origen evitando el eco al disminuir las primeras reflexiones.
8. Aplicar en la volumetría la perspectiva multifocal en composición deconstructivista. Carrión A. (1998) en su libro Diseño acústico de espacios arquitectónicos, Barcelona España, Editorial: Ediciones UPC. Para disminuir el eco flotante o reverberación se debe llevar a la descentralización, a la eliminación de caras paralelas y al uso de distintos ángulos en las aristas, creando múltiples vistas diferentes exteriores del objeto arquitectónico, para que al encontrarse las ondas sonoras con muros en diferentes direcciones las ondas sonoras tendrán diferentes reflexiones y la energía sonora se disipará en las superficies.

9. Usar volúmenes irregulares inclinados con ángulos agudos al exterior. Higiani (1999) en su libro ABC de la Acústica Arquitectónica, España. Editorial: Ceac, S.A. Para obtener un mejor aislamiento acústico en superficies verticales deberán inclinarse mínimo de  $5^\circ$  y en ciertas zonas usar ángulos más agudos de modo que los rayos sonoros tendrán a incidir perpendicularmente sobre el plano lo que redireccionará el rebote hacia el lado inclinado, absorbiendo la reverberación.

### **3. Tercera dimensión: Sistemas y materiales fonos absorbentes**

10. Emplear materiales rugosos, concreto expuesto, madera entre otros en superficies. Carrión A. (1998) en su libro Diseño acústico de espacios arquitectónicos, Barcelona España, Editorial: Ediciones UPC. El uso de materiales rugosos o de superficies perforadas, disipa y absorbe la energía de las ondas en forma de calor y por lo tanto absorbe el sonido; esto se produce en las pequeñas capas de aire que se forman en las superficies, de manera constructiva el hormigón expuesto y la madera tienen un mejor comportamiento, a manera de acabados tenemos: lana mineral y de vidrio, espuma de resina y de poliuretano.
11. Generar capas múltiples estructurales con material aislante en muros. Goidsack L. (sin fecha) en su documento Comodidad acústica, Universidad de Chile, Chile. Formando muros dobles o triples con capas entre ellos de materiales absorbentes y cámaras de aire se consigue aislar de manera más efectiva la transición sonora por medio de sólidos como vienen a ser un muro.
12. Usar sistemas dobles y triples de vidrios como aislante en vanos de ambientes ruidosos. Carrión A. (1998) en su libro Diseño acústico de espacios arquitectónicos, Barcelona

España, Editorial: Ediciones UPC. Crucial en recintos de gran propagación sonora para evitar y aislar el sonido tanto exterior como interior, al generar sistemas de vidrios dobles y triples con el contorno reforzado para que al cerrar el vano impida el paso del sonido y transferencia de ruido por vibraciones al estar separadas las láminas de vidrio por cavidades de aire.

13. Rellenar cavidades vacías con espumas fono absorbentes en la estructura de una losa flotante. Carrión A. (1998) en su libro Diseño acústico de espacios arquitectónicos, Barcelona España, Editorial: Ediciones UPC. Para eliminar el efecto tambor que es el efecto resonador del pavimento originado por la existencia de cavidades de aire vacías y usado en pisos flotantes deportivos, se debe rellenar la cavidad con lana de vidrio, lana mineral o espuma; y reemplazar la losa de hormigón con un pavimento linóleo ya que la reducción de ruido por impacto es menor.

#### **4. Lista de criterios arquitectónicos de aplicación**

##### Criterios en 3D:

1. Articular interconexiones volumétricas por encadenamiento a distintas alturas.
2. Emplear retiros verdes y volúmenes con aberturas de tipo fractal en los exteriores del objeto
3. Generar volúmenes euclidianos con pliegues ortogonales en partes superior de forma alternada
4. Usar volúmenes poligonales irregulares sin paralelismo en el diseño de ambientes de gran tamaño.

5. Emplear volúmenes con base trapezoidal orientando lado menor a fuente de ruido exterior.
6. Emplear volúmenes de tipo convexo con patrones hiperbólicos.
7. Aplicar en la volumetría la perspectiva multifocal en composición deconstructivista.
8. Usar volúmenes irregulares inclinados con ángulos agudos al exterior.
9. Usar modulaciones volumétricas con ritmo y asimetría en la cobertura del objeto.

Criterios de detalles:

10. Generar capas múltiples estructurales con material aislante en muros.
11. Usar sistemas dobles y triples de vidrios como aislante en vanos de ambientes ruidosos.

Criterios de materiales:

12. Emplear materiales rugosos, concreto expuesto, madera entre otros en superficies.
13. Rellenar cavidades vacías con espumas fono absorbentes en la estructura de una losa flotante.

## CAPÍTULO 2 METODOLOGÍA

### 2.1 Tipo de investigación

- Según su profundidad: investigación descriptiva por describir el comportamiento de una variable en una población definida o en una muestra de una población.
- Por la naturaleza de los datos: investigación cualitativa por centrarse en la obtención de datos no cuantificables, basados en la observación.
- Por la manipulación de la variable es una investigación no experimental, basada fundamentalmente en la observación.

La presente investigación se divide en tres fases:

#### 1. Primera fase, revisión documental

Método: Revisión de documentos primarios sobre investigaciones científicas.

Propósito:

- Precisar el tema de estudio y la variable.
- Identificar los criterios arquitectónicos de aplicación.
- Los criterios arquitectónicos de aplicación son elementos descritos de modo preciso e inequívoco, que orientan el diseño arquitectónico.

Materiales: muestra de artículos (10 investigaciones primarias entre artículos y tesis)

Procedimiento: identificación de los criterios arquitectónicos de aplicación más frecuentes que caracterizan la variable.

#### 2. Segunda fase, análisis de casos

Método: Análisis de los criterios arquitectónicos de aplicación en planos e imágenes.

Propósito:

- Identificar los criterios arquitectónicos de aplicación en hechos arquitectónicos reales para validar su pertinencia y funcionalidad.



Materiales: 5 hechos arquitectónicos seleccionados por ser homogéneos, pertinentes y representativos.

Procedimiento:

- Identificación los criterios arquitectónicos de aplicación en hechos arquitectónicos.
- Elaboración de cuadro de resumen de validación de los criterios arquitectónicos de aplicación

### **3. Tercera fase, resultados**

Método: Describir de manera cualitativa y grafica los resultados obtenidos en el análisis de casos.

Propósito: Determinar los lineamientos teóricos de diseño arquitectónico.

## **2.2 Presentación de casos arquitectónicos**

### **2.2.1 Casos Internacionales:**

- Piscina Alfriston
- Centro deportivo para la escuela Max-Planck
- Nave multi programa, Sistema vertical de plataformas deportivas y culturales
- La Atlántida, Centro de Artes Escénicas de Osona

### **2.2.2 Casos Nacionales:**

- Nuevo Arena Indoor de Trujillo (Tesis nacional)
- Auditorio de la ciudad de Huancayo (Tesis nacional)

Tabla 1. *Lista de relación entre casos, con la variable y el tema de investigación*

| <b>CASO</b> | <b>NOMBRE DEL PROYECTO</b>                            | <b>ESTRATEGIAS GEOMÉTRICAS DE ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO PASIVO</b> | <b>CENTRO DE ALTO RENDIMIENTO DEPORTIVO</b> |
|-------------|---|---|---|
| 1           | Piscina Alfriston.                                    | ✓   | ✓   |
| 2           | Centro deportivo para la escuela Max-Planck.          | ✓   | ✓   |
| 3           | Nuevo Arena Indoor.                                   | ✓   | ✓   |
| 4           | Nave multi programa, Sistema vertical de plataformas. | ✓   |   |
| 5           | La Atlántida, Centro de Artes Escénicas de Osona.     | ✓   |   |
| 6           | Auditorio de la ciudad de Huancayo.                   | ✓   |   |

*Fuente: Elaboración propia*

## 1. Piscina Alfriston



*Figura 1. Vista principal y cortes caso 1 - Piscina Alfriston*

Fuente: [wikiarquitectura.com](http://wikiarquitectura.com)

### Reseña del proyecto:

La Piscina Alfriston, se concluyó en el 2014 en el Reino Unido, el objetivo es albergar a deportistas de natación con la mayor calidad en infraestructura deportiva y acondicionamiento acústico, presenta una volumetría poligonal con un techo trabajado con patrones de formas piramidales así como los muros que comprenden polígonos rectos convexos hacia el interior, con sensación de ligereza ante una planta libre de muros cortina donde la cobertura se separa del piso creando iluminación indirecta y comfortable para los deportistas así como un tratamiento acústico óptimo por su forma planificada.

El proyecto es pertinente debido a, la aplicación de diversas estrategias de acondicionamiento acústico para solucionar el problema en esta tipología de ambientes deportivos donde presenta un gran espacio con tendencia a la reverberación, modificando su volumetría ortogonal a una forma geométrica poligonal eliminando las caras paralelas con

inclinaciones y ángulos agudos con patrones convexos piramidales para la cobertura del recinto logrando un adecuado redireccionamiento de las ondas sonoras y absorción para un correcto acondicionamiento acústico, además de ser toda la cobertura de madera como material absorbente y criterios estructurales aislantes absorbente para una mayor aislación sonora.

## 2. Centro deportivo para la escuela Max-Planck



*Figura 2. Vista principal y cortes caso 2 - Centro deportivo para la escuela Max – Planck*

Fuente: Archidaily.pe

### Reseña del proyecto:

El centro deportivo para la escuela Max-Planck se concretó el 2018 en Alemania, con el objetivo de albergar a distintos deportistas las instalaciones para un alto rendimiento en el entrenamiento multidisciplinario deportivo, a pesar de tener la forma general de paralelepípedo regular, se toma el acondicionamiento ambiental tanto acústico como de iluminación pasiva; al poseer un techo con inclinaciones sucesivas con ángulos agudos evitando las caras paralelas en la superficie más grande del recinto, además de aprovechar

como fuente de iluminación indirecta, por otro lado, usa concreto expuesto al ser rugoso es absorbente, materiales rugosos en techos y paredes en todos los ambientes controlando el sonido del equipamiento deportivo.

Este proyecto es significativo debido a, el manejo del acondicionamiento acústico tanto de forma volumétrica como en los materiales que emplea, al poseer el techo con inclinaciones sucesivas logrando varios puntos con ángulos agudos direccionados al exterior evitando la reverberación interna, así como el manejo del concreto expuesto y material rugoso por todo el equipamiento empleando falsos cielos rasos absorbentes disminuyendo el eco y mejorando el confort acústico.

### 3. Nuevo Arena Indoor de Trujillo (Tesis nacional)



*Figura 3. Vista principal y cortes caso 3 - Arena Indoor*

Fuente: Repositorio tesis Universidad Privada del Norte

#### Reseña del proyecto:

En la tesis del Nuevo Arena Indoor de Trujillo realizada en el 2019, muestra un análisis del acondicionamiento acústico en equipamiento deportivo de gran envergadura, logrando combinar métodos acústicos y la forma estructural del objeto; se emplazamiento y

ubicar colchones acústicos como muros verdes en zonas cercanas a fuentes de ruidos exteriores, presenta geometría no euclidiana y patrones modulares progresivos en las estructuras de planos seriados de distintos tamaños que encierran todo el estadio; además de trabajar con materiales absorbentes, muros y losas reforzadas para un mejor aislamiento acústico.

El proyecto plantea una serie de estrategias de acondicionamiento acústico como principios de diseño estructural y volumétrico, al crear una serie de formas no euclidianas a manera de patrones con ritmo y repetición de planos seriados envolviendo al objeto logrando un acondicionamiento acústico en el interior, además del emplazamiento con retiros perimetrales donde se ubican colchones verdes como barrera acústica y el uso de materiales y sistemas aislantes tanto en la losa deportiva como en los muros con múltiples capas, mejorando el aislamiento acústico del interior.

4. Nave multi programa, Sistema vertical de plataformas deportivas y culturales.



*Figura 4. Vista principal y cortes caso 4 - Nave multi programa*

Fuente: Archidaily.pe

### Reseña del proyecto:

El centro Nave multi programa, sistema vertical de plataformas deportivas y culturales construido en Caracas el 2014 en Venezuela, cuya función es crear una red de espacios culturales, deportivos y asistenciales para las zonas populares del territorio de manera que posee espacios multiusos y en el piso superior más grande posee losa deportiva para entrenamiento, cuyos principios de diseño es controlar la reverberación del sonido para no afectar a las viviendas ya que se encuentran muy cerca, tomando como base una volumetría poligonal irregular, al dividir en múltiples quiebres con ángulos agudos las aristas además de generar ventilación e iluminación pasiva por medio de los orificios en los muros.

El proyecto plantea diversas estrategias de acondicionamiento acústico al emplazarse en una distancia muy reducida con respecto a las viviendas, presentando plantas trapezoidales, con inclinaciones y ángulos agudos poligonales, desde las intersecciones con el piso con ángulo hacia arriba creando perspectivas multifocales con techos inclinados y modulaciones progresivas a distintos tamaños de círculos en la superficie para generar ventilación e iluminación pasiva además de servir como difusores del sonido; por otro lado plantea el uso de materiales absorbentes en concreto expuesto y materiales absorbentes.

5. La Atlántida, Centro de Artes Escénicas de Osona



*Figura 5. Vista principal y cortes caso 5 - Centro de Artes Escénicas de Osona*

Fuente: Archidaily.pe

Reseña del proyecto:

El Centro de Artes Escénicas de Osona, L'Atlántida inaugurado el 2010 en España, con el objetivo de albergar distintas actividades culturales y eventos musicales al tener un gran auditorio y salas multiusos, sus principios de diseño principal es eliminar el paralelismo al tener múltiples quiebres modulares triangulares progresivos en las aristas de la volumetría conformando una volumetría poligonal y descentralizadas al tener un emplazamiento irregular de estilo deconstructivista, al poseer perspectivas multifocales y tratamientos de materiales no convencionales con acabados irregulares como, planchas metálicas simulando golpes y deformaciones.

El proyecto mediante estrategias de acondicionamiento acústico presenta formas volumétricas agudas e irregulares formando techos con inclinaciones pronunciadas en formas piramidales, para disminuir y controlar las reflexiones de la reverberación del sonido creando



una geometría de estilo arquitectónico deconstructivista, en el interior posee espacios de gran escala que separan ambientes de la zona de afluencia de ruido de los que no lo necesitan, además del uso de materiales eco absorbentes y paneles en el auditorio para mejorar el rendimiento, así como sistemas constructivos como muros reforzados y vanos dobles con cavidad de aire para optimizar el aislamiento.

6. Auditorio de la ciudad de Huancayo (Tesis nacional)



*Figura 6. Vista principal y cortes 3D caso 6 - Auditorio de la ciudad de Huancayo*

Fuente: Repositorio tesis Universidad Nacional del Altiplano

Reseña del proyecto:

La tesis del Auditorio de la ciudad de Huancayo elaborada en el 2018, tiene como objetivo proporcionar el mayor confort acústico en el diseño de un auditorio, llevando a realizar una volumetría casi deconstructivista, tomando como principios de diseño eliminar el paralelismo en todas las aristas de la volumetría con muros verticales inclinados hacia arriba,

además, de poseer una forma general trapezoidal al inclinar los muros con ángulo agudo hacia el exterior.

El proyecto es pertinente por las aplicaciones de estrategias para acondicionamiento acústico modificando su volumetría a un estilo deconstructivista, al presentar inclinaciones sucesivas en cada arista y geometría irregular fragmentando las superficies en pirámides modulares progresivas sin repetición eliminando así la simetría del objeto, que produce una perspectiva multifocal mejorando la eficiencia del acondicionamiento acústico en la sala, además de techos con inclinaciones progresivas y agudas para disminuir el eco flotante, así como el uso de materiales eco absorbentes para mejorar la eficiencia del confort acústico del recinto.

### **2.3 Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos**

A partir de los casos presentados se procederá al análisis de los datos mediante la siguiente ficha para evaluar la relación de cada caso con la variable y los criterios desarrollados, además de evidenciar la información general de cada proyecto como nombre, ubicación y área entre otros.

Tabla 2. Ficha modelo de estudio de casos/muestra

| FICHA DE ANÁLISIS DE CASOS  |                 |
|---|-----------------|
| INFORMACIÓN GENERAL   |                 |
| Nombre del proyecto:  | Arquitecto (s): |
| Proyecto:   | Área:           |
| Ubicación:  | Niveles:        |
| Fecha del proyecto:   |                 |
| Accesibilidad:  |                 |
| RELACIÓN CON LA VARIABLE  |                 |
| VARIABLE: ESTRATEGIAS GEOMÉTRICOS DE ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO PASIVO  |                 |
| CRITERIOS ARQUITECTÓNICOS DE APLICACIÓN   |                 |
| ✓   |                 |
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Articular interconexiones volumétricas por encadenamiento a distintas alturas.</li> <li>2. Emplear retiros verdes y volúmenes con aberturas de tipo fractal en los exteriores del objeto</li> <li>3. Generar volúmenes euclidianos con pliegues ortogonales en partes superior de forma alternada</li> <li>4. Usar volúmenes poligonales irregulares sin paralelismo en el diseño de ambientes de gran tamaño.</li> <li>5. Emplear volúmenes con base trapezoidal orientando lado menor a fuente de ruido exterior.</li> <li>6. Emplear volúmenes de tipo convexo con patrones hiperbólicos.</li> <li>7. Aplicar en la volumetría la perspectiva multifocal en composición deconstructivista.</li> <li>8. Usar volúmenes irregulares inclinados con ángulos agudos al exterior.</li> <li>9. Usar modulaciones volumétricas con ritmo y asimetría en la cobertura del objeto.</li> <li>10. Generar capas múltiples estructurales con material aislante en muros.</li> <li>11. Usar sistemas dobles y triples de vidrios como aislante en vanos de ambientes ruidosos.</li> <li>12. Emplear materiales rugosos, concreto expuesto, madera entre otros en superficies.</li> <li>13. Rellenar cavidades vacías con espumas fono absorbentes en la estructura de una losa flotante.</li> </ol> |                 |

## 2.4 Matriz de consistencia

Tabla 3. Matriz de consistencia

| MATRIZ DE CONSISTENCIA   |   |   |  |   |                                   |
|--|---|---|--|---|-----------------------------------|
| Título: "Estrategias geométricas para el acondicionamiento acústico en el diseño de Arquitectura deportiva de alta competencia en Trujillo 2020"   |   |   |  |   |                                   |
| Problema   | Objetivo  | Variable  | Dimensiones  | Criterios arquitectónicos de aplicación   | Instrumentación                   |
| <p><b>Problema general</b><br/>¿De qué manera las estrategias geométricas para el acondicionamiento acústico que condicionan el diseño de arquitectura deportiva de alta competencia en Trujillo 2020?</p> | <p><b>Objetivo general</b><br/>Determinar de qué manera las estrategias geométricas para el acondicionamiento acústico que condicionan el diseño de arquitectura deportiva de alta competencia en Trujillo 2020</p> | <p><b>Variable Independiente:</b><br/><br/><b>Estrategias geométricas de acondicionamiento acústico pasivo</b><br/><br/><b>Definición:</b><br/><br/>El acondicionamiento acústico es una serie de estrategias y criterios para controlar la propagación del sonido creando un confort óptimo para el usuario, donde la forma geométrica influye directamente en el comportamiento acústico de un recinto, por ello es de suma importancia que se aplique en recintos de gran tamaño como es el caso de los centros de entrenamiento deportivos donde la abundante reverberación le disminuye inteligibilidad al sonido produciendo incomodidad al momento de realizar la práctica deportiva.<br/><br/>Ruiz L. (2014) Representación gráfica de la primera reflexión en espacios destinados a la palabra (Trabajo final Máster), universidad Politécnica de Cataluña, España</p> | <p>1. <b>DISTORCIONES SONORAS</b><br/><br/>Lozada (2019) Estrategias de acondicionamiento acústico pasivo aplicados en el diseño geométrico de la cobertura del nuevo Arena Indoor en Trujillo 2019 (Tesis para título de arquitecto), Universidad Privada del Norte, Perú.<br/><br/>Existen sonidos y ruidos indeseados tanto del interior como del exterior que afectan la legibilidad del sonido actuante, afectando la calidad acústica del recinto emplazado provocado reverberación y deformación en el comportamiento del sonido.</p> <p>2. <b>GEOMETRÍA VOLUMÉTRICA Y ESPACIAL</b><br/><br/>Huamán (2018) Calidad acústica en los auditorios de la ciudad de Huancayo Metropolitano, 2018 (Tesis para título de arquitecto), Universidad Peruana los Andes, Perú.<br/><br/>El volumen del espacio geométrico que constituye un recinto es el factor más influyente en la percepción y propagación del sonido; mediante la proporción y forma del volumen y la reflexión del sonido en sus aristas.</p> <p>3. <b>SISTEMAS Y MATERIALES ECOABSORVENTES</b><br/><br/>Fernández R. (2013) Acústica para un diseño absorbente, paneles modulares para aislamiento y absorción acústica (diseño industrial), Escuela de Arquitectura y Diseño Pontificia Universidad Católica de Valparaíso<br/><br/>Para una absorción acústica adecuada, se recurre a materiales y estructuras con características específicas, los cuales, por su comportamiento controlan la acústica en el espacio aplicado, así como el mobiliario acústico disminuye la reverberación, y muros que aislen un espacio.</p> | <p><b>CRITERIOS DE 3D:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Articular interconexiones volumétricas por encadenamiento a distintas alturas.</li> <li>2. Emplear retiros verdes y volúmenes con cobertura de tipo fractal en los exteriores del objeto.</li> <li>3. Generar volúmenes euclidianos con pliegues ortogonales en partes superior de forma alternada</li> <li>4. Usar volúmenes poligonales irregulares sin paralelismo en el diseño de ambientes de gran tamaño.</li> <li>5. Emplear volúmenes con base trapezoidal orientando lado menor a fuente de ruido exterior.</li> <li>6. Emplear volúmenes de tipo convexo con patrones hiperbólicos.</li> <li>7. Aplicar en la volumetría la perspectiva multifocal en composición deconstructivista</li> <li>8. Usar volúmenes irregulares inclinados con ángulos agudos al exterior.</li> <li>9. Usar modulaciones volumétricas con ritmo y asimetría en la cobertura del objeto.</li> </ol> <p><b>CRITERIOS DE DETALLES:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>10. Generar capas múltiples estructurales con materiales aislantes en muros.</li> <li>11. Usar sistemas dobles y tripes de vidrios como aislante en vanos de ambientes ruidosos.</li> </ol> <p><b>CRITERIOS DE ECOMATERIALES:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>12. Emplear materiales rugosos, concreto expuesto, madera entre otros en superficies.</li> <li>13. Rellenar cavidades vacías con espuma fono absorbente en la estructura de una losa flotante.</li> </ol> | <p>Ficha de análisis de casos</p> |

## CAPÍTULO 3 RESULTADOS

### Análisis de casos arquitectónicos

#### 3.1 Piscina Alfriston

Tabla 4. Ficha de análisis de casos n° 01

| FICHA DE ANÁLISIS DE CASOS   |  |                |                          |
|--|--|----------------|--------------------------|
| INFORMACIÓN GENERAL  |  |                |                          |
| Nombre del Proyecto:   | Piscina Alfriston  | Arquitecto(s): | Duggan Morris Architects |
| Ubicación:   | Reino Unido  | Área:          |                          |
| Fecha del proyecto:  | 2014   | Niveles:       | 1 nivel                  |
| RELACIÓN CON LA VARIABLE   |  |                |                          |
| VARIABLE: ESTRATEGIAS GEOMÉTRICOS DE ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO PASIVO |  |                |                          |
| CRITERIOS ARQUITECTÓNICOS DE APLICACIÓN                                |  |                | ✓                        |
| 1.   | Articular interconexiones volumétricas por encadenamiento a distintas alturas.                   |                | ✓                        |
| 2.   | Emplear retiros verdes y volúmenes con aberturas de tipo fractal en los exteriores del objeto    |                | ✓                        |
| 3.   | Generar volúmenes euclidianos con pliegues ortogonales en partes superior de forma alternada     |                | ✓                        |
| 4.   | Usar volúmenes poligonales irregulares sin paralelismo en el diseño de ambientes de gran tamaño. |                | ✓                        |
| 5.   | Emplear volúmenes con base trapezoidal orientando lado menor a fuente de ruido exterior.         |                |                          |
| 6.   | Emplear volúmenes de tipo convexo con patrones hiperbólicos.                                     |                | ✓                        |
| 7.   | Aplicar en la volumetría la perspectiva multifocal en composición deconstructivista.             |                |                          |
| 8.   | Usar volúmenes irregulares inclinados con ángulos agudos al exterior.                            |                |                          |
| 9.   | Usar modulaciones volumétricas con ritmo y asimetría en la cobertura del objeto.                 |                | ✓                        |
| 10.  | Generar capas múltiples estructurales con material aislante en muros.                            |                | ✓                        |
| 11.  | Usar sistemas dobles y triples de vidrios como aislante en vanos de ambientes ruidosos.          |                | ✓                        |
| 12.  | Emplear materiales rugosos, concreto expuesto, madera entre otros en superficies.                |                | ✓                        |
| 13.  | Rellenar cavidades vacías con espumas fono absorbentes en la estructura de una losa flotante.    |                |                          |

### Análisis del proyecto:

El proyecto fue diseñado en base a conseguir el mayor acondicionamiento acústico al momento de realizar la práctica deportiva, empleando retiros verdes y volúmenes con aberturas de tipo fractal en los exteriores del objeto, emplazándose al centro del terreno dejando una gran plantación como barreras acústicas naturales minimizando la interacción sonora con el exterior.

El proyecto usa volúmenes poligonales irregulares sin paralelismo en el diseño de ambientes de gran tamaño, eliminando las caras paralelas en todas las aristas, creando múltiples quiebres poligonales modulados con ritmo y repetición alternando las inclinaciones para garantizar el óptimo confort acústico al tener diversos planos donde se refracta el sonido, creando ambientes de un solo nivel con gran escala.

En la cobertura, genera volúmenes con pliegues en partes superior de forma alternada y modulaciones volumétricas con ritmo y asimetría en la cobertura del objeto, generando patrones piramidales pronunciados a distintas alturas para eliminar la reverberación utilizando la cara más grande de la volumetría, desfragmentando y creando perspectivas multifocales donde el sonido pierde energía y se disminuye el eco flotante.

Emplea volúmenes de tipo convexo con patrones hiperbólicos, haciendo quiebres en los muros a manera de polígono ortogonales usando planos direccionados al interior, además de articular interconexiones volumétricas por encadenamiento a distintas alturas, al estar separado del suelo y unido a las otras volumetrías por encadenamiento usando ambientes donde no se requiere aislación acústica como circulaciones, donde impide la transmisión de ruido por sólidos y vibraciones.

El proyecto por otra parte, genera capas múltiples estructurales con material aislante en muros, al usar dobles muros y cobertura separando y llenando de aislante acústico para

reforzar los cerramientos estructurales, además usar sistemas dobles y triples de vidrios como aislante en vanos de ambientes ruidosos, empleando vidrios dobles con marco reforzado para contener el ruido exterior iluminando y ventilando de forma pasiva indirecta; además de crear una sensación de ligereza y volumen flotante con planta libre sólo bajando los puntos estructurales y muros cortina; por otro lado, emplear materiales rugosos, concreto expuesto, madera entre otros en superficies, usando material fono absorbente en distintas variaciones de madera en todas las aristas interiores del recinto, además de alfombras.

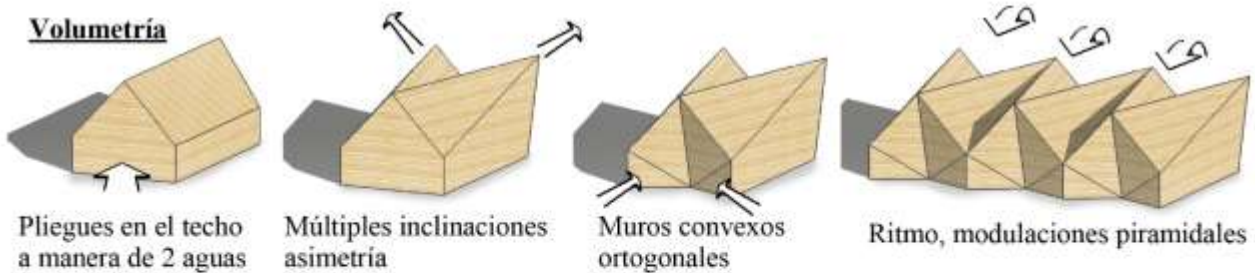
Figura 7. Análisis de macro volumetría de la piscina de Alfriston.



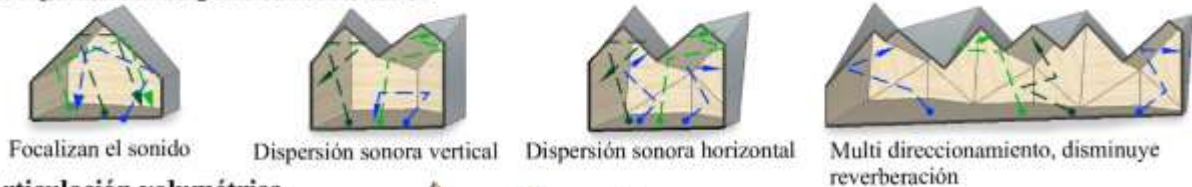
**Transformación volumétrica por estrategias acústicas y comportamiento**

Figura 8. Análisis de micro volumetría y procesos de la piscina Alfriston.

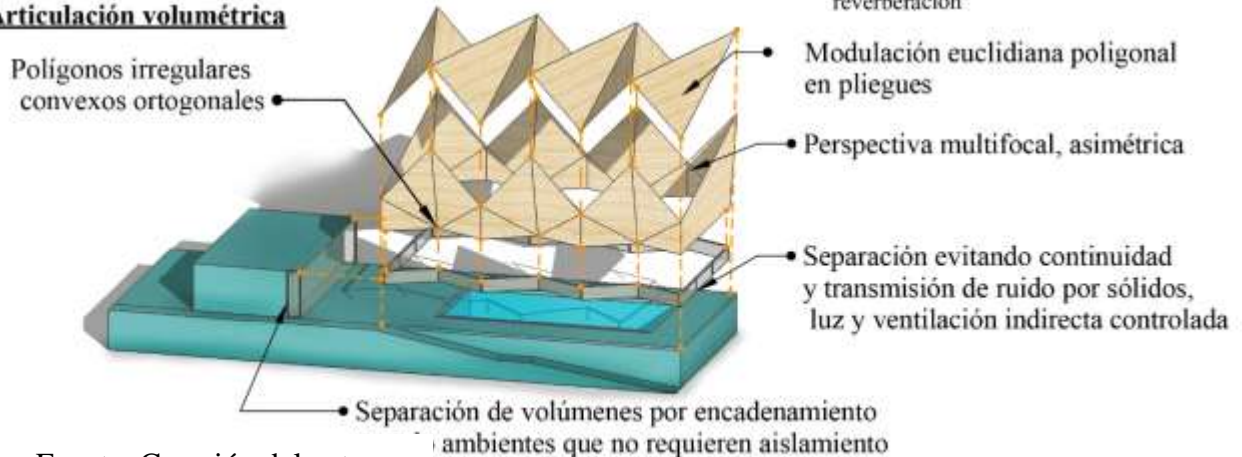
**Volumetría**



**Comportamiento geométrico acústico**



**Articulación volumétrica**

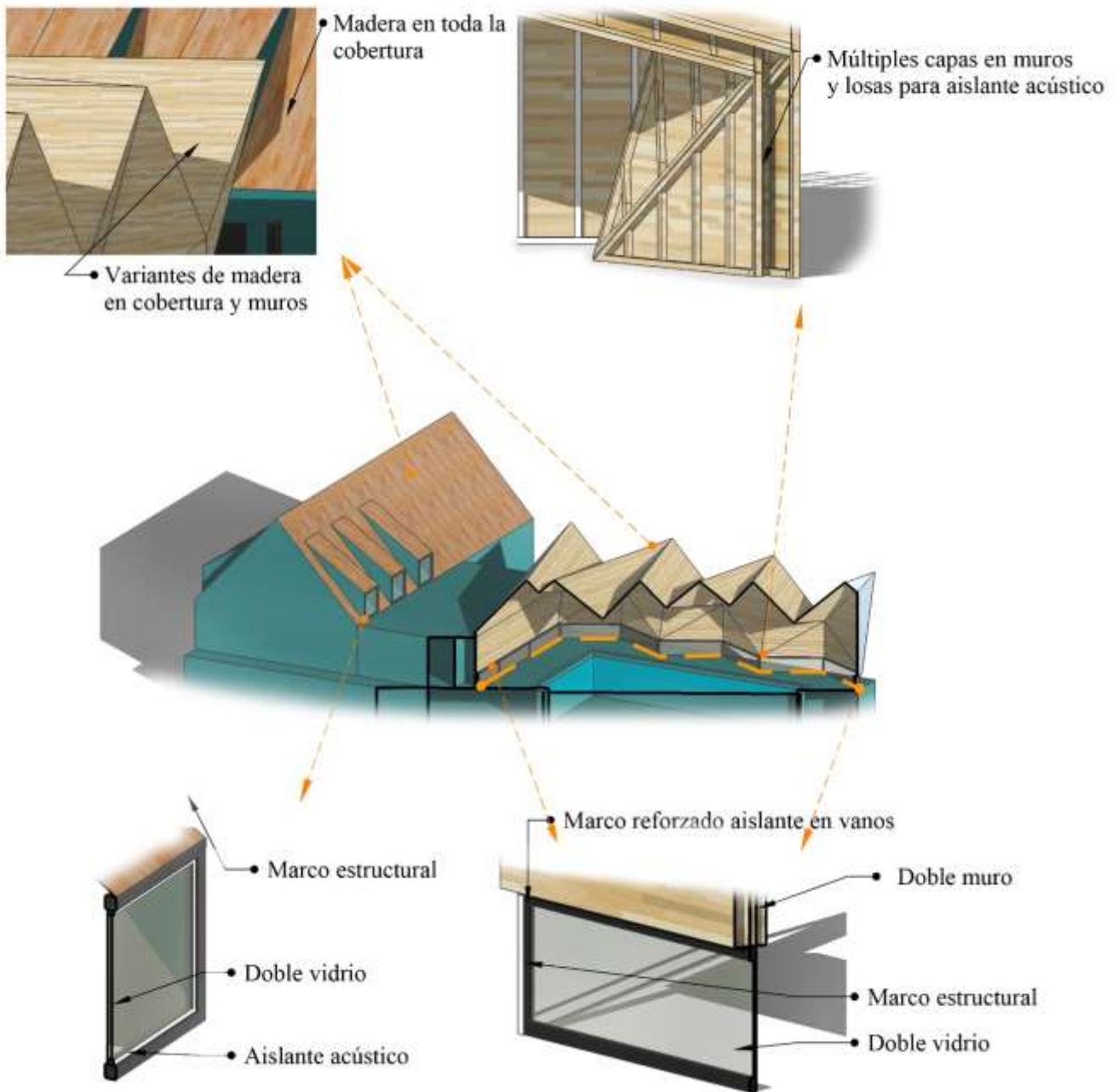


Fuente: Creación del autor



Figura 7. Análisis de materiales y sistemas constructivos de la piscina Alfriston.

## Materiales y sistemas constructivos



Vanos reforzados para impedir la transmisión de ondas sonoras por vibración a través de sólidos

Fuente: Creación del autor

### 3.2 Centro deportivo para la escuela Max-Planck

Tabla 5..Ficha de análisis de casos n° 2

| <b>FICHA DE ANÁLISIS DE CASOS</b>   |   |                |                           |
|---|---|----------------|---------------------------|
| <b>INFORMACIÓN GENERAL</b>  |   |                |                           |
| Nombre del Proyecto:  | Centro deportivo para la escuela Max-Planck | Arquitecto(s): | Loewer y Partner Architec |
| Ubicación:  | Alemania                                    | Área:          | 1900 m2                   |
| Fecha del proyecto:   | 2018  | Niveles:       | 1 nivel                   |
| Accesibilidad:  |   |                |                           |
| <b>RELACIÓN CON LA VARIABLE</b>   |   |                |                           |
| <b>VARIABLE: ESTRATEGIAS GEOMÉTRICOS DE ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO PASIVO</b>                       |   |                |                           |
| <b>CRITERIOS ARQUITECTÓNICOS DE APLICACIÓN</b>  |   |                | ✓                         |
| 1. Articular interconexiones volumétricas por encadenamiento a distintas alturas.                   |   |                |                           |
| 2. Emplear retiros verdes y volúmenes con aberturas de tipo fractal en los exteriores del objeto    |   |                | ✓                         |
| 3. Generar volúmenes euclidianos con pliegues ortogonales en partes superior de forma alternada     |   |                | ✓                         |
| 4. Usar volúmenes poligonales irregulares sin paralelismo en el diseño de ambientes de gran tamaño. |   |                |                           |
| 5. Emplear volúmenes con base trapezoidal orientando lado menor a fuente de ruido exterior.         |   |                |                           |
| 6. Emplear volúmenes de tipo convexo con patrones hiperbólicos.                                     |   |                |                           |
| 7. Aplicar en la volumetría la perspectiva multifocal en composición deconstructivista.             |   |                |                           |
| 8. Usar volúmenes irregulares inclinados con ángulos agudos al exterior.                            |   |                | ✓                         |
| 9. Usar modulaciones volumétricas con ritmo y asimetría en la cobertura del objeto.                 |   |                | ✓                         |
| 10. Generar capas múltiples estructurales con material aislante en muros.                           |   |                | ✓                         |
| 11. Usar sistemas dobles y triples de vidrios como aislante en vanos de ambientes ruidosos.         |   |                | ✓                         |
| 12. Emplear materiales rugosos, concreto expuesto, madera entre otros en superficies.               |   |                | ✓                         |
| 13. Rellenar cavidades vacías con espumas fono absorbentes en la estructura de una losa flotante.   |   |                | ✓                         |

### Análisis del proyecto:

El proyecto es planificado en base a conseguir el mayor aislamiento acústico al momento de realizar la práctica deportiva multidisciplinaria en el pabellón y en los ambientes del objeto, empleando retiros verdes y volúmenes con aberturas de tipo fractal en los exteriores del objeto, al emplazarse al centro del terreno dejando plantaciones como barreras acústicas naturales minimizando la interacción sonora con el exterior.

En la parte volumétrica presenta una planta ortogonal como paralelepípedo de un solo nivel con una entrada jerarquizada por una sustracción del volumen creando una pequeña terraza de recepción al entrar, por otro lado, en la zona de la losa deportiva se adiciona todo el bloque que comprende el área deportiva transformando para crear un confort acústico más efectivo en dicha zona.

En la cobertura genera volúmenes con pliegues en partes superior de forma alternada además de usar modulaciones volumétricas con ritmo y asimetría en la cobertura del objeto, presentando quiebres de gran escala sucesivos con ángulos agudos al exterior y ángulos rectos hacia la base creando pliegues con lado recto en el techo, direccionando así las ondas sonoras usando la mayor área del recinto.

Para la iluminación y ventilación usa volúmenes irregulares inclinados con ángulos agudos al exterior, aprovechando los quiebres generados eliminando las caras perpendiculares para posicionar los vanos de manera indirecta y orientadas con respecto a la inclinación del sol para no producir deslumbramiento a la hora de la práctica deportiva, de igual manera usando

sistemas dobles y triples de vidrios como aislante en vanos de ambientes ruidosos.

Emplea materiales rugosos, concreto expuesto, madera entre otros en superficies usando material antigolpes rugoso para los muros cercanos a la pista deportiva y al superar los 3 metros emplea el concreto expuesto como material rugoso fono absorbente, además de

generar capas múltiples estructurales con material aislante en muros, usando esponjas y lana a manera de trama y detalles de interiorismo variando el color mejorando la eficiencia del acondicionamiento acústico.

Rellena cavidades vacías con espumas fono absorbentes en la estructura de una losa flotante, empleando un sistema aislante con espuma para aislar el sonido al momento del entrenamiento, además de emplear falsos cielos rasos en diversos puntos del proyecto priorizando los pasajes de circulación creando múltiples caras internas para disminuir y absorber el sonido.

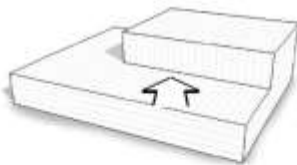
Figura 8. Análisis de macro volumetría del Centro deportivo Max – Planck.



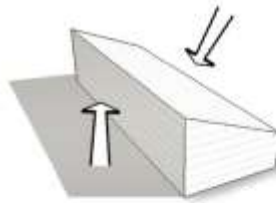
**Transformación volumétrica por estrategias acústicas y comportamiento**

Figura 9. Análisis de micro volumetría y procesos del Centro deportivo Max - Planck

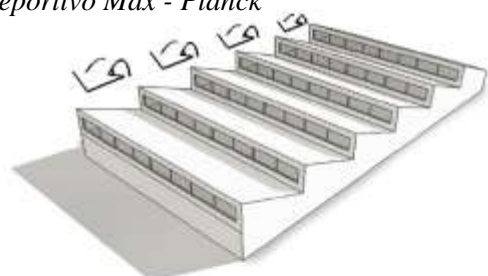
**Volumetría**



Adición paralelepípedo  
Asimetría

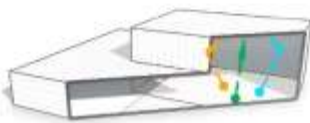


Inclinación con ángulo  
agudo al exterior

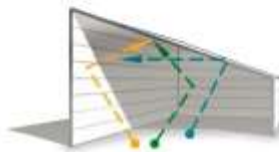


Repetición, modulaciones  
piramidales inclinadas

**Comportamiento método geométrico**



Dispersión sonora vertical

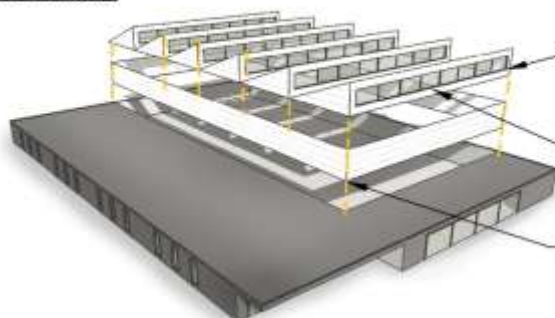


Dispersión sonora horizontal



Multi direccionamiento, disminuye reverberación

**Articulación**



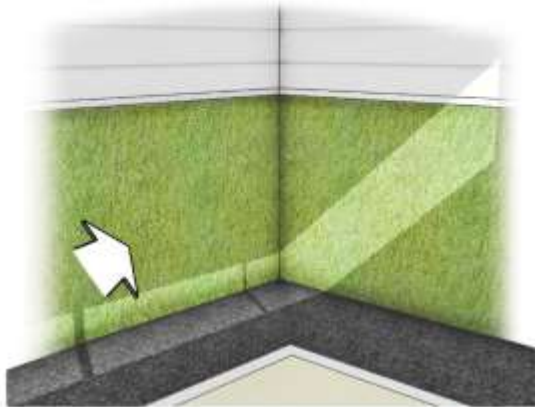
- Cobertura con múltiples inclinaciones a manera de pliegues con ángulo agudo al exterior
- Vanos direccionados para iluminación y ventilación pasiva superior de manera indirecta
- Volumen de gran escala

Fuente: Creación del autor

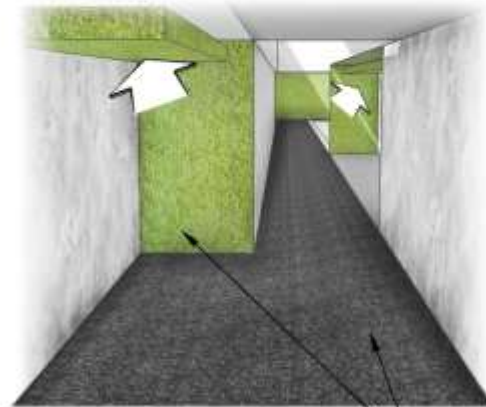
Figura 10. Análisis de materiales y sistemas constructivos del Centro deportivo Max - Planck

## Materiales y sistemas constructivos

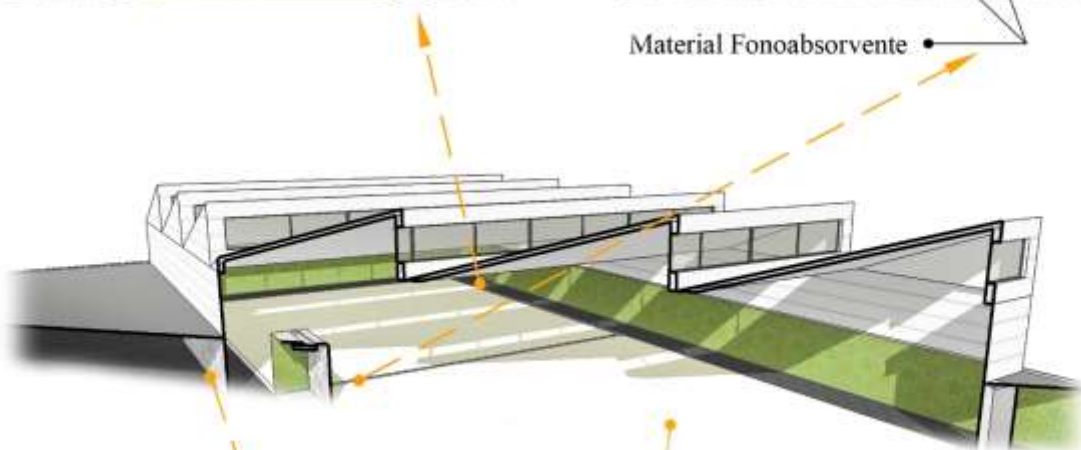
Muros con material anti golpes y rugoso para acústica



Falsos cielos rasos y muros con material rugoso, concreto expuesto



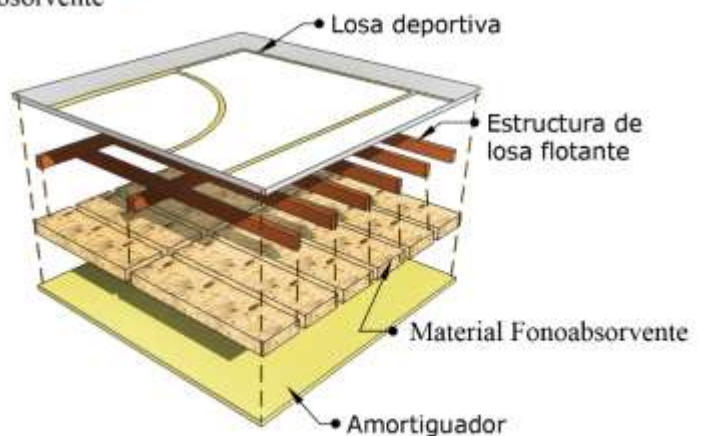
Material Fonoabsorvente



Muros dobles acústicos

Material Fonoabsorvente

Losa flotante aislante acústico



Fuente: Creación del autor

### 3.3 Nuevo Arena Indoor de Trujillo (Tesis nacional)

Tabla 6..Ficha de análisis de casos n° 3

| FICHA DE ANÁLISIS DE CASOS   |  |                |                |
|--|--|----------------|----------------|
| INFORMACIÓN GENERAL  |  |                |                |
| Nombre del Proyecto:   | Nuevo Arena Indoor   | Arquitecto(s): | Adderly Lozada |
| Ubicación:   | Perú   | Área:          | 15.6 ha        |
| Fecha del proyecto:  | 2019   | Niveles:       | 4 niveles      |
| Accesibilidad:   |  |                |                |
| RELACIÓN CON LA VARIABLE   |  |                |                |
| VARIABLE: ESTRATEGIAS GEOMÉTRICOS DE ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO PASIVO |  |                |                |
| CRITERIOS ARQUITECTÓNICOS DE APLICACIÓN                                |  |                | ✓              |
| 1.   | Articular interconexiones volumétricas por encadenamiento a distintas alturas.                   |                | ✓              |
| 2.   | Emplear retiros verdes y volúmenes con aberturas de tipo fractal en los exteriores del objeto    |                | ✓              |
| 3.   | Generar volúmenes euclidianos con pliegues ortogonales en partes superior de forma alternada     |                |                |
| 4.   | Usar volúmenes poligonales irregulares sin paralelismo en el diseño de ambientes de gran tamaño. |                |                |
| 5.   | Emplear volúmenes con base trapezoidal orientando lado menor a fuente de ruido exterior.         |                |                |
| 6.   | Emplear volúmenes de tipo convexo con patrones hiperbólicos.                                     |                | ✓              |
| 7.   | Aplicar en la volumetría la perspectiva multifocal en composición deconstructivista.             |                | ✓              |
| 8.   | Usar volúmenes irregulares inclinados con ángulos agudos al exterior.                            |                |                |
| 9.   | Usar modulaciones volumétricas con ritmo y asimetría en la cobertura del objeto.                 |                | ✓              |
| 10.  | Generar capas múltiples estructurales con material aislante en muros.                            |                | ✓              |
| 11.  | Usar sistemas dobles y triples de vidrios como aislante en vanos de ambientes ruidosos.          |                | ✓              |
| 12.  | Emplear materiales rugosos, concreto expuesto, madera entre otros en superficies.                |                | ✓              |
| 13.  | Rellenar cavidades vacías con espumas fono absorbentes en la estructura de una losa flotante.    |                | ✓              |

### Análisis del proyecto:

El proyecto se diseña con la intención de conseguir el máximo acondicionamiento acústico ya que al ser un objeto arquitectónico de entretenimiento y práctica deportiva de gran envergadura la reverberación sonora es uno de los principales problemas en estos espacios, emplear retiros verdes y volúmenes con aberturas de tipo fractal en los exteriores del objeto emplazándose al centro del terreno dejando plantaciones a manera de barreras acústicas, además de la creación de muros verdes para minimizar la interacción sonora con el exterior.

En cuanto a la volumetría, presenta una geometría no euclidiana en el coliseo deportivo donde se requiere mayor tratamiento sonoro, empleando volúmenes de tipo convexo con patrones hiperbólicos, tomando una forma elíptica a nivel de planta con una curvatura en la arista de forma convexa mejorando el acondicionamiento acústico focalizando el sonido en el la periferia.

Aplicar en la volumetría la perspectiva multifocal en composición de constructivista y usa modulaciones volumétricas con ritmo y asimetría en la cobertura del objeto, presentando una serie de planos estructurales que a su vez funciona como barrera acústica al envolver todo el objeto arquitectónico, con un diseño asimétrico no ortogonal convexo a distintas alturas creando múltiples aristas donde el sonido pierde energía disminuyendo el eco flotante, además de poseer un techo inclinado de forma convexa hacia el interior eliminando así las caras paralelas en todas las superficies del recinto.

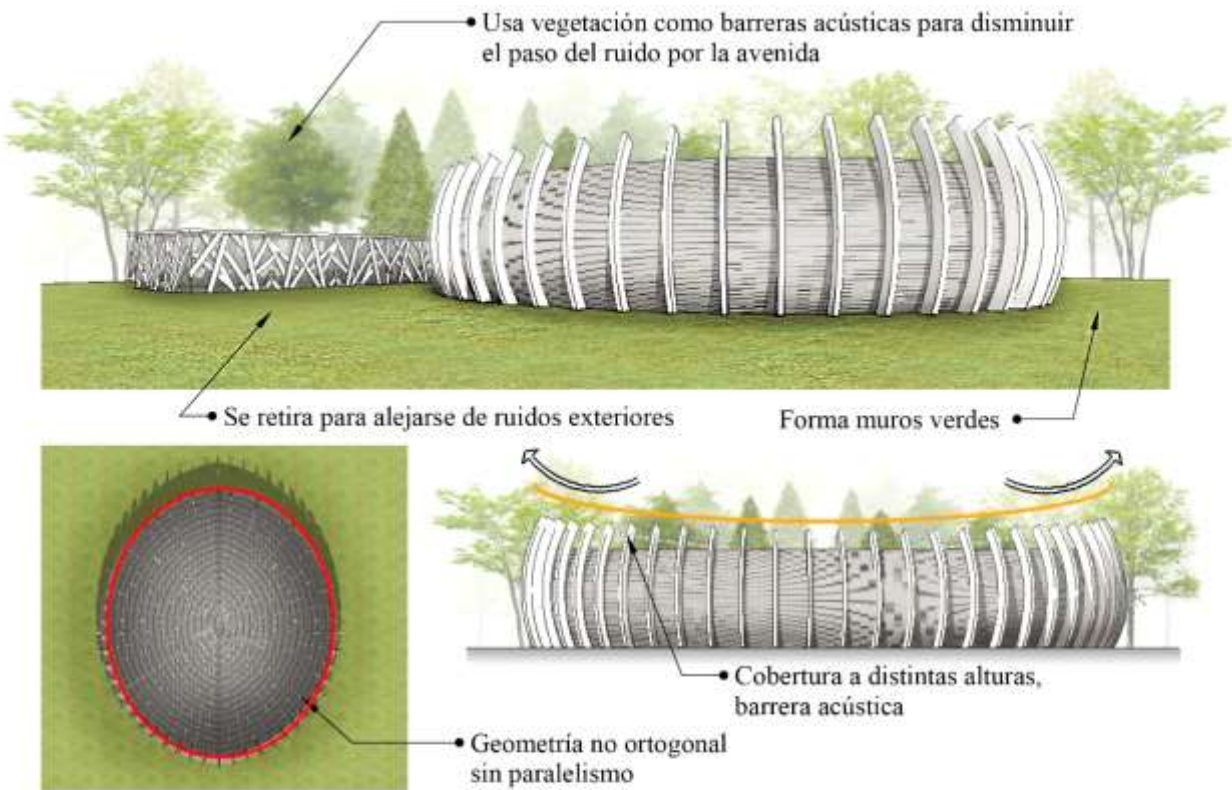
Los espacios de las zonas complementarias del proyecto están conformados por volúmenes ortogonales articulando las interconexiones volumétricas por encadenamiento a distintas alturas, para evitar la transmisión del sonido por sólidos creando espacios de gran altura en conjunto con circulaciones donde no se requiere el aislamiento sonoro, además de



crear otra envolvente con patrones rectilíneos cruzados cumpliendo el mismo funcionamiento de los patrones seriados del coliseo.

Rellenar cavidades vacías con espumas fono absorbentes en la estructura de una losa flotante, al presentar un sistema de relleno con material fono absorbente las cavidades, genera capas múltiples estructurales con material aislante en muros reforzando con material aislante para mejorar el comportamiento en diversas áreas del equipamiento, además de usar sistemas dobles y triples de vidrios como aislante en vanos de ambientes ruidosos reforzando el contorno logrando un mayor confort acústico y el uso de materiales rugosos, como concreto expuesto, madera entre otros en superficies.

Figura 14. Análisis de macro volumetría del Nuevo Arena Indoor



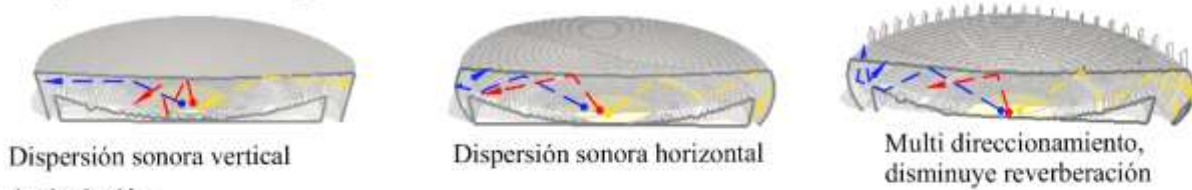
**Transformación volumétrica por estrategias acústicas y comportamiento**

Figura 13. Análisis de micro volumetría y procesos del Nuevo Arena Indoor

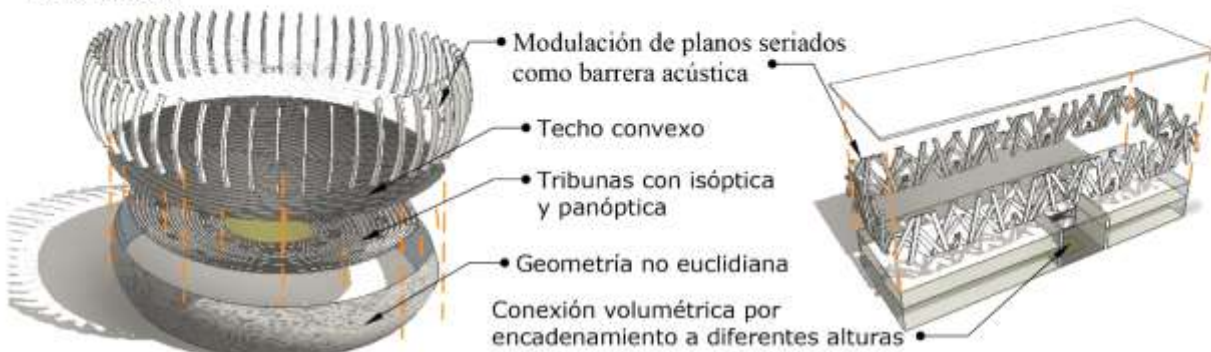
**Volumetría**



**Comportamiento método geométrico**

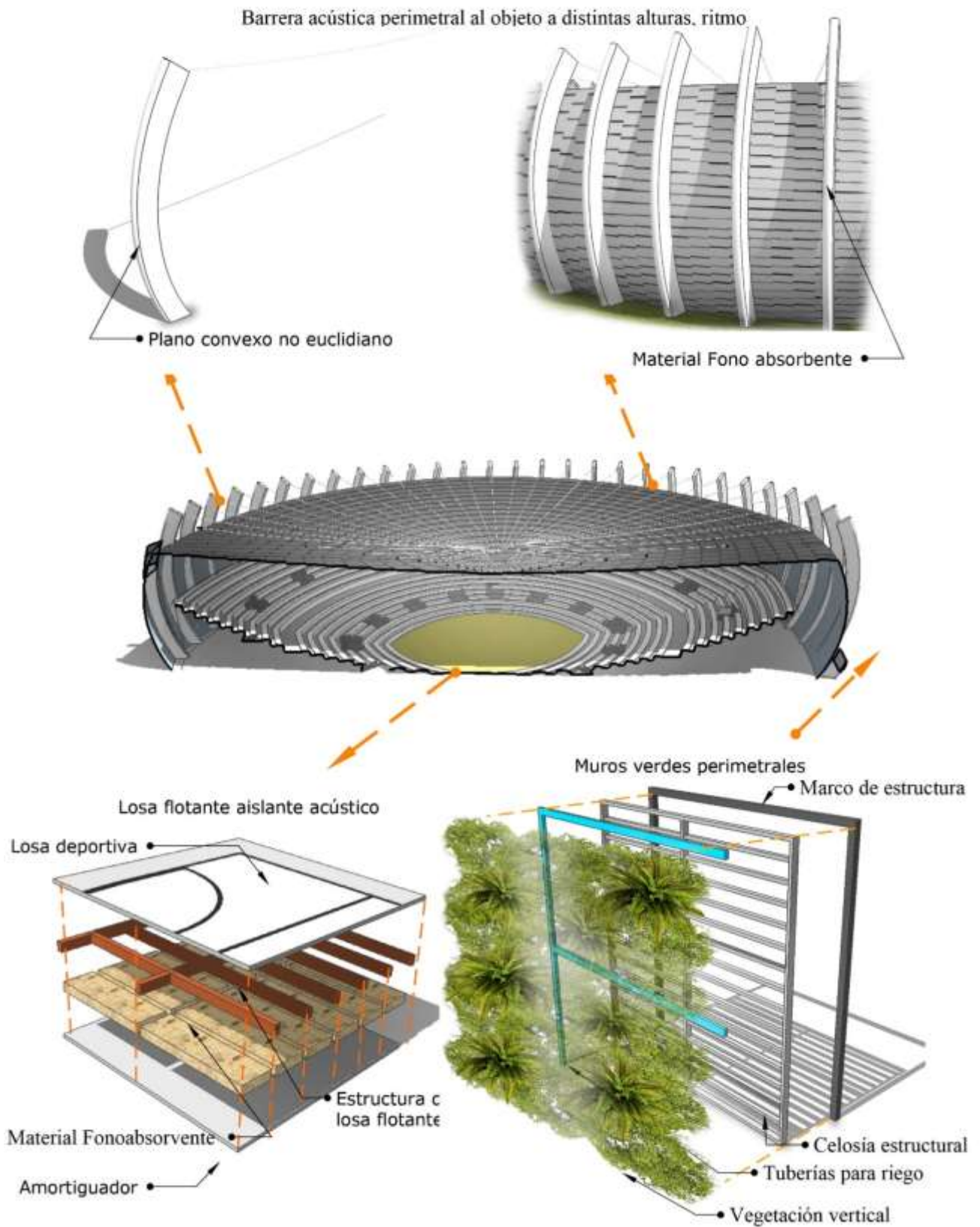


**Articulación**



Fuente: Creación del autor

Figura 15. Análisis de materiales y sistemas constructivos del Nuevo Arena Indoor.  
**Materiales y sistemas constructivos**



Fuente: Creación del autor

### 3.4 Nave multi programa, Sistema vertical de plataformas deportivas y culturales

Tabla 7. Ficha de análisis de casos n° 4

| <b>FICHA DE ANÁLISIS DE CASOS</b>   |                     |                |                    |
|---|---------------------|----------------|--------------------|
| <b>INFORMACIÓN GENERAL</b>  |                     |                |                    |
| Nombre del Proyecto:  | Nave multi programa | Arquitecto(s): | Alejandro Haiek    |
| Ubicación:  | Venezuela           | Área:          | 451 m <sup>2</sup> |
| Fecha del proyecto:   | 2014                | Niveles:       | 3 niveles          |
| Accesibilidad:  |                     |                |                    |
| <b>RELACIÓN CON LA VARIABLE</b>   |                     |                |                    |
| <b>VARIABLE: ESTRATEGIAS GEOMÉTRICOS DE ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO PASIVO</b>                       |                     |                |                    |
| <b>CRITERIOS ARQUITECTÓNICOS DE APLICACIÓN</b>  |                     |                | <b>✓</b>           |
| 1. Articular interconexiones volumétricas por encadenamiento a distintas alturas.                   |                     |                |                    |
| 2. Emplear retiros verdes y volúmenes con aberturas de tipo fractal en los exteriores del objeto    |                     |                | ✓                  |
| 3. Generar volúmenes euclidianos con pliegues ortogonales en partes superior de forma alternada     |                     |                |                    |
| 4. Usar volúmenes poligonales irregulares sin paralelismo en el diseño de ambientes de gran tamaño. |                     |                | ✓                  |
| 5. Emplear volúmenes con base trapezoidal orientando lado menor a fuente de ruido exterior.         |                     |                | ✓                  |
| 6. Emplear volúmenes de tipo convexo con patrones hiperbólicos.                                     |                     |                |                    |
| 7. Aplicar en la volumetría la perspectiva multifocal en composición deconstructivista.             |                     |                | ✓                  |
| 8. Usar volúmenes irregulares inclinados con ángulos agudos al exterior.                            |                     |                | ✓                  |
| 9. Usar modulaciones volumétricas con ritmo y asimetría en la cobertura del objeto.                 |                     |                | ✓                  |
| 10. Generar capas múltiples estructurales con material aislante en muros.                           |                     |                | ✓                  |
| 11. Usar sistemas dobles y triples de vidrios como aislante en vanos de ambientes ruidosos.         |                     |                |                    |
| 12. Emplear materiales rugosos, concreto expuesto, madera entre otros en superficies.               |                     |                | ✓                  |
| 13. Rellenar cavidades vacías con espumas fono absorbentes en la estructura de una losa flotante.   |                     |                | ✓                  |

### Análisis del proyecto

El proyecto es planificado en base a conseguir el mayor aislamiento acústico al momento de realizar la práctica deportiva ante su estrecha distancia con edificaciones urbanas, emplea retiros verdes y volúmenes con aberturas de tipo fractal en los exteriores del objeto al emplazarse elevando la zona de mayor actividad sonora aprovechando la pendiente y generando porosidad en el volumen, suspendiendo 3 niveles aproximando a 12m el volumen principal para alejar de las interacciones con el ruido exterior al no poseer retiros por la falta de área en el terreno.

En cuanto a la parte volumétrica usa volúmenes poligonales irregulares sin paralelismo en el diseño de ambientes de gran tamaño además de usar volúmenes irregulares inclinados con ángulos agudos al exterior, al poseer una geometría irregular poligonal con múltiples quiebres direccionado ángulos agudos al exterior eliminando el paralelismo en todo el objeto arquitectónico, por otro lado, emplea volúmenes con base trapezoidal orientando lado menor a fuente de ruido exterior, generando en la volumetría la perspectiva multifocal en composición deconstructivista al usar modulaciones volumétricas con ritmo y asimetría en la cobertura del objeto

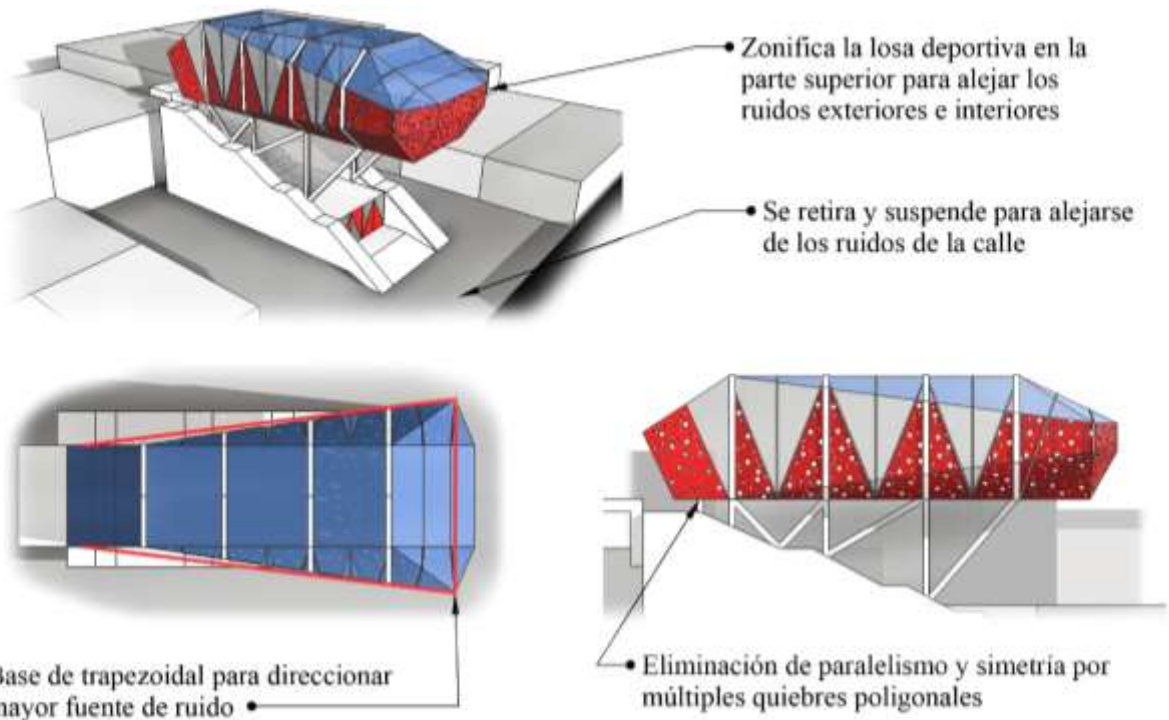
Posee una cobertura inclinada poligonal con un base trapezoidal direccionado el lado menor a la mayor fuente de ruido exterior modificando las inclinaciones de la elevación, del mismo modo, en los muros parte de la losa deportiva inclinando y descomponiendo las superficies verticales en polígonos irregulares con patrones modulares triangulares de distintos tamaños logrando una mayor eficiencia al redireccionar las reflexiones sonoras.

En las aristas del volumen posee una porosidad de tipo fractal, al crear círculos vacíos a distintas escalas logrando ritmo y repetición empleando modulaciones de paneles acústicos al usar dichas cavidades como dispersiones sonoras en diversas aristas de la

volumetría, además de servir como iluminación y ventilación pasiva controlando con coberturas opacas y semi translúcidas creando una trama con texturas en los polígonos triangulares en todo el equipamiento.

Emplea sistemas de relleno en cavidades vacías con espumas fono absorbentes en la estructura de una losa flotante con base de losa colaborante, además emplear materiales rugosos, concreto expuesto, madera entre otros en superficies por todo el equipamiento y generar capas múltiples estructurales con material aislante en muros en las zonas inferiores a la losa deportiva.

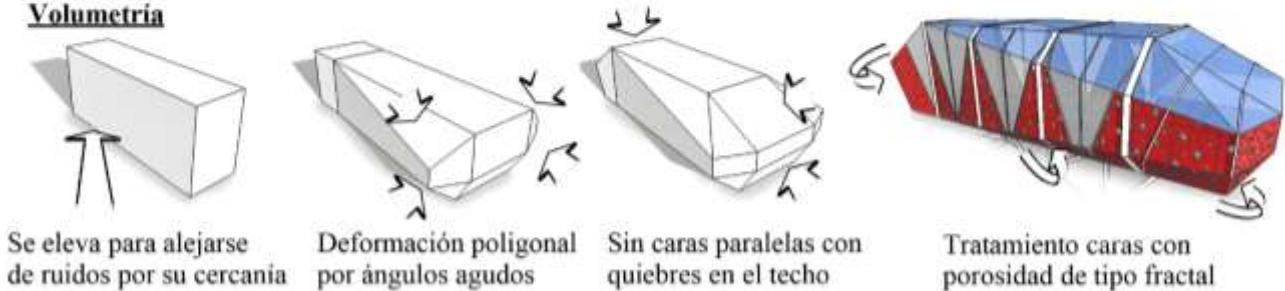
Figura 17. Análisis de macro volumetría de la Nave Multiplataformas Cultural



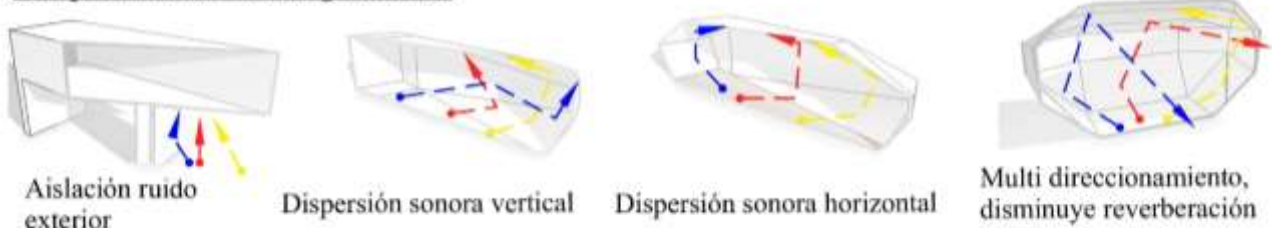
**Transformación volumétrica por estrategias acústicas y comportamiento**

Figura 16. Análisis de micro volumetría del Centro Multiplataformas Cultural.

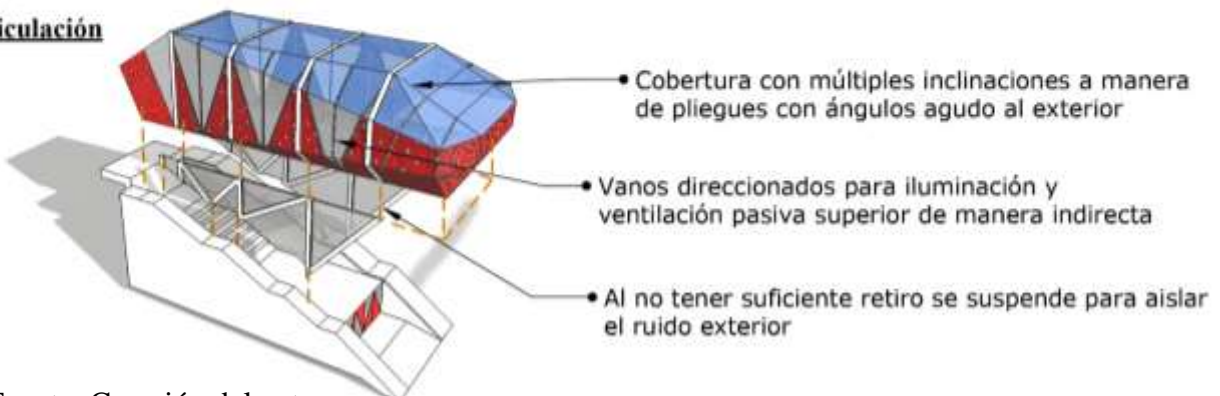
**Volumetría**



**Comportamiento método geométrico**



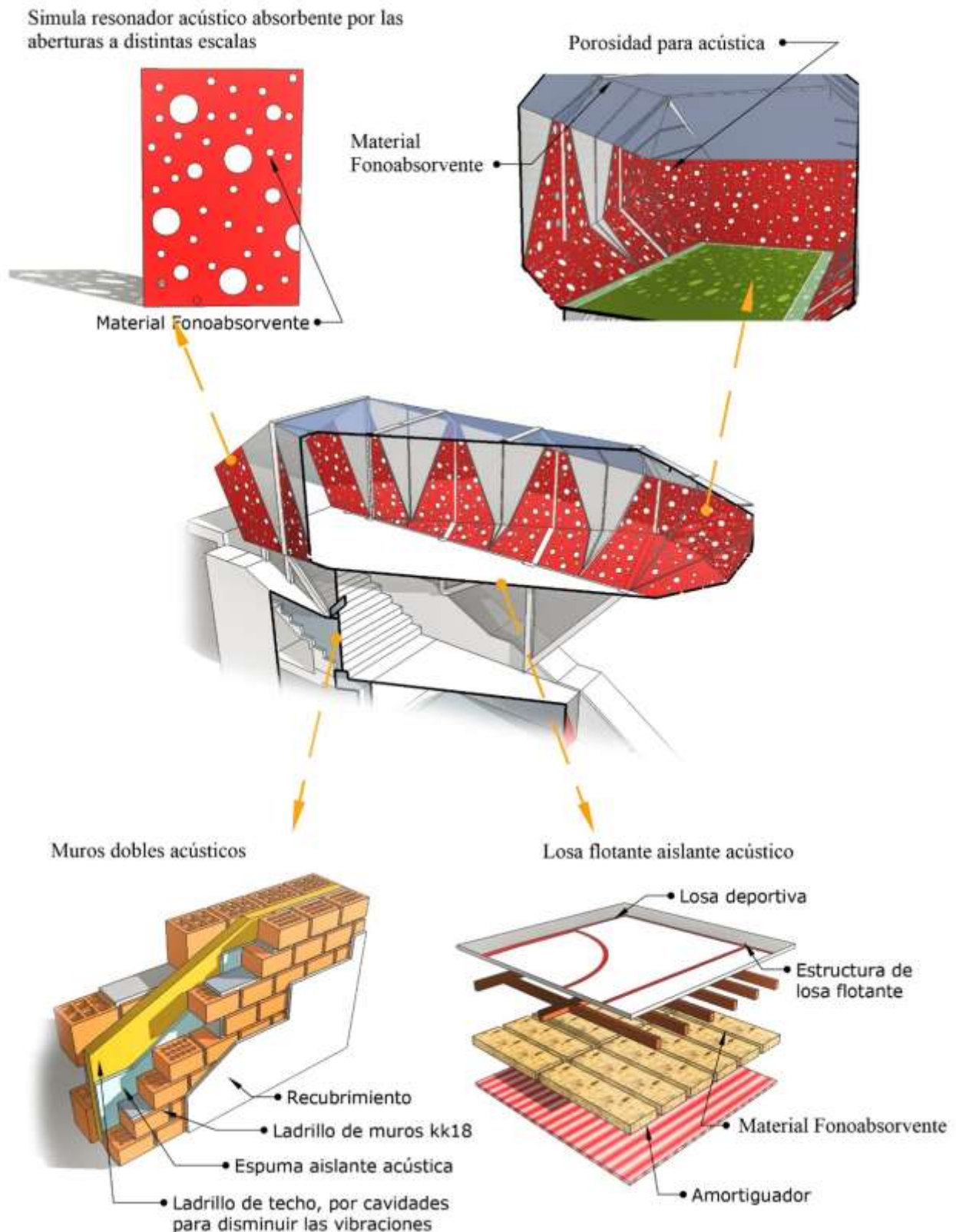
**Articulación**



Fuente: Creación del autor

Figura 18. Análisis de materiales y sistemas constructivos del Centro Multiplataformas Cultural.

**Materiales y sistemas constructivos**



Fuente: Creación del autor



### 3.5 La Atlántida, Centro de Artes Escénicas de Osona

Tabla 8. Ficha de análisis de casos n° 5

| FICHA DE ANÁLISIS DE CASOS   |  |                |                            |
|--|--|----------------|----------------------------|
| INFORMACIÓN GENERAL  |  |                |                            |
| Nombre del Proyecto:   | La Atlántida   | Arquitecto(s): | UTE Llinas, Llobet, Ayesta |
| Ubicación:   | España   | Área:          | 1.05 ha                    |
| Fecha del proyecto:  | 2010   | Niveles:       | 3 niveles                  |
| Accesibilidad:   |  |                |                            |
| RELACIÓN CON LA VARIABLE   |  |                |                            |
| VARIABLE: ESTRATEGIAS GEOMÉTRICOS DE ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO PASIVO |  |                |                            |
| CRITERIOS ARQUITECTÓNICOS DE APLICACIÓN                                |  |                | ✓                          |
| 1.   | Articular interconexiones volumétricas por encadenamiento a distintas alturas.                   |                | ✓                          |
| 2.   | Emplear retiros verdes y volúmenes con aberturas de tipo fractal en los exteriores del objeto    |                |                            |
| 3.   | Generar volúmenes euclidianos con pliegues ortogonales en partes superior de forma alternada     |                | ✓                          |
| 4.   | Usar volúmenes poligonales irregulares sin paralelismo en el diseño de ambientes de gran tamaño. |                | ✓                          |
| 5.   | Emplear volúmenes con base trapezoidal orientando lado menor a fuente de ruido exterior.         |                |                            |
| 6.   | Emplear volúmenes de tipo convexo con patrones hiperbólicos.                                     |                |                            |
| 7.   | Aplicar en la volumetría la perspectiva multifocal en composición deconstructivista.             |                | ✓                          |
| 8.   | Usar volúmenes irregulares inclinados con ángulos agudos al exterior.                            |                | ✓                          |
| 9.   | Usar modulaciones volumétricas con ritmo y asimetría en la cobertura del objeto.                 |                | ✓                          |
| 10.  | Generar capas múltiples estructurales con material aislante en muros.                            |                | ✓                          |
| 11.  | Usar sistemas dobles y triples de vidrios como aislante en vanos de ambientes ruidosos.          |                | ✓                          |
| 12.  | Emplear materiales rugosos, concreto expuesto, madera entre otros en superficies.                |                | ✓                          |
| 13.  | Rellenar cavidades vacías con espumas fono absorbentes en la estructura de una losa flotante.    |                | ✓                          |

### Análisis del proyecto:

El proyecto presenta estrategias de acondicionamiento acústico en todo el diseño, empleando retiros verdes y volúmenes con aberturas de tipo fractal en los exteriores del objeto, al emplazarse a distintos niveles aprovechando la topografía del lugar emplea amplias plazas públicas como retiros al ubicarse en el centro del terreno, para alejarse de los ruidos exteriores y crear plataformas peatonales ya que es un equipamiento de gran afluencia peatonal con un auditorio.

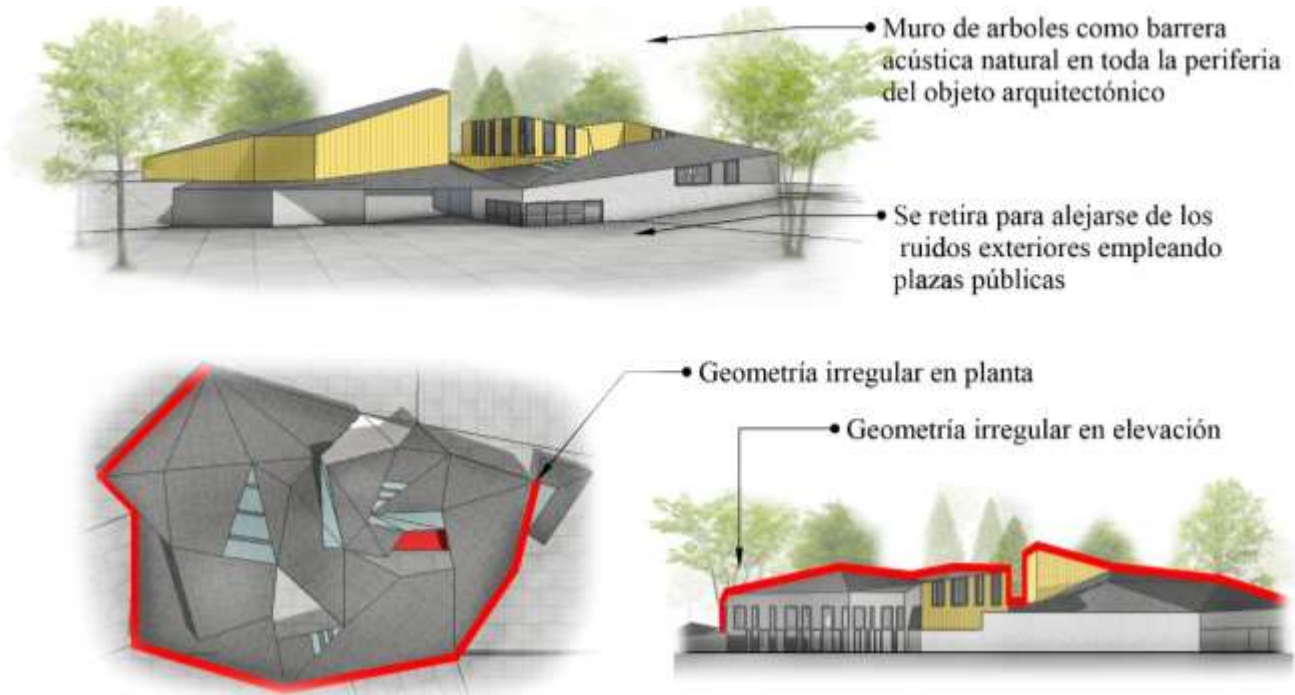
Presenta una volumetría desfragmentada a manera de volúmenes en serie poligonal con una circulación semi radial unidos por encadenamiento usando ambientes de gran altura para conectar zonas de afluencia sonora, aislando con espacios que no se requiere el acondicionamiento; tiene un estilo deconstructivista al tener múltiples quiebres en planta con una zonificación aparentemente caótica, sin embargo, presenta funcionalidad en la circulación.

Presenta perspectivas multifocales y de manera descentralizada al generar múltiples quiebres poligonales en las aristas y cobertura del volumen, usando patrones de triángulos a distintas escalas consolidando la geometría irregular de los volúmenes, resultando encuentros de aristas con ángulos agudos direccionados al exterior.

Presenta formas sin caras paralelas debido a los quiebres que presenta, así como en el techo, usando modulaciones piramidales a distintas alturas, eliminando así la simetría del objeto y mejorando el comportamiento ante una fuente de ruido interior.

Presenta materiales rugosos y de acabados desgastados irregulares para obtener absorciones sonoras, así como el concreto expuesto, además de tener sistemas de aislación acústica en las ventanas y puertas al tener refuerzos del contorno y vidrios dobles para impedir la transmisión de ruido por ambientes.

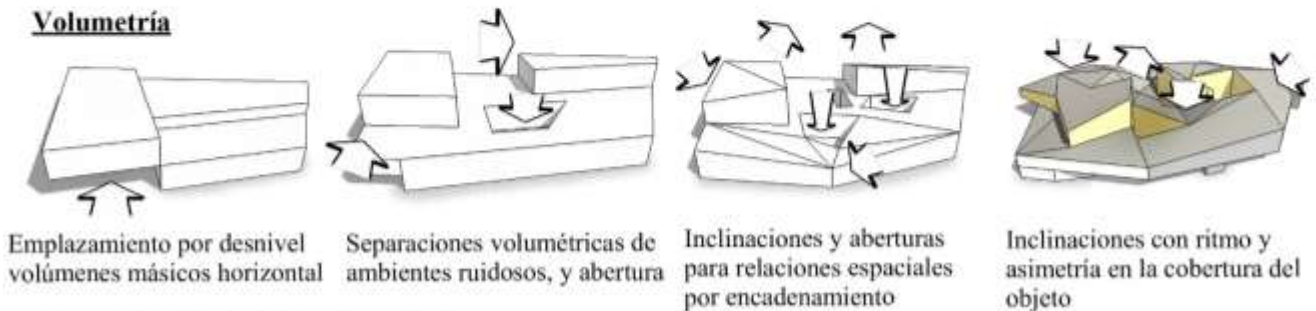
Figura 20. Análisis de macro volumetría del Centro de Artes Escénicas la Atlántida.



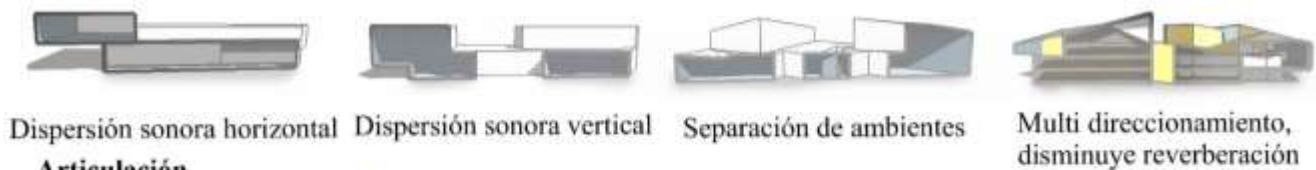
**Transformación volumétrica por estrategias acústicas y comportamiento**

Figura 19. Análisis de micro volumetría y comportamiento del Centro de Artes Escénicas la Atlántida

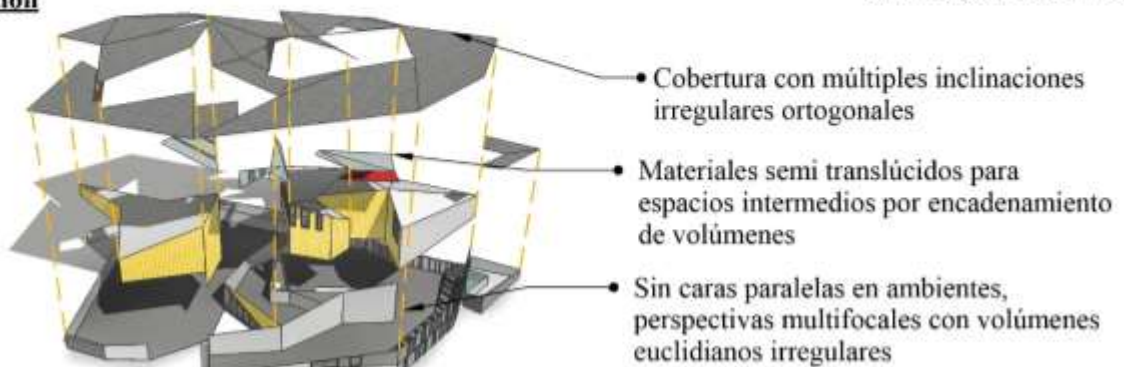
**Volumetría**



**Comportamiento método geométrico**



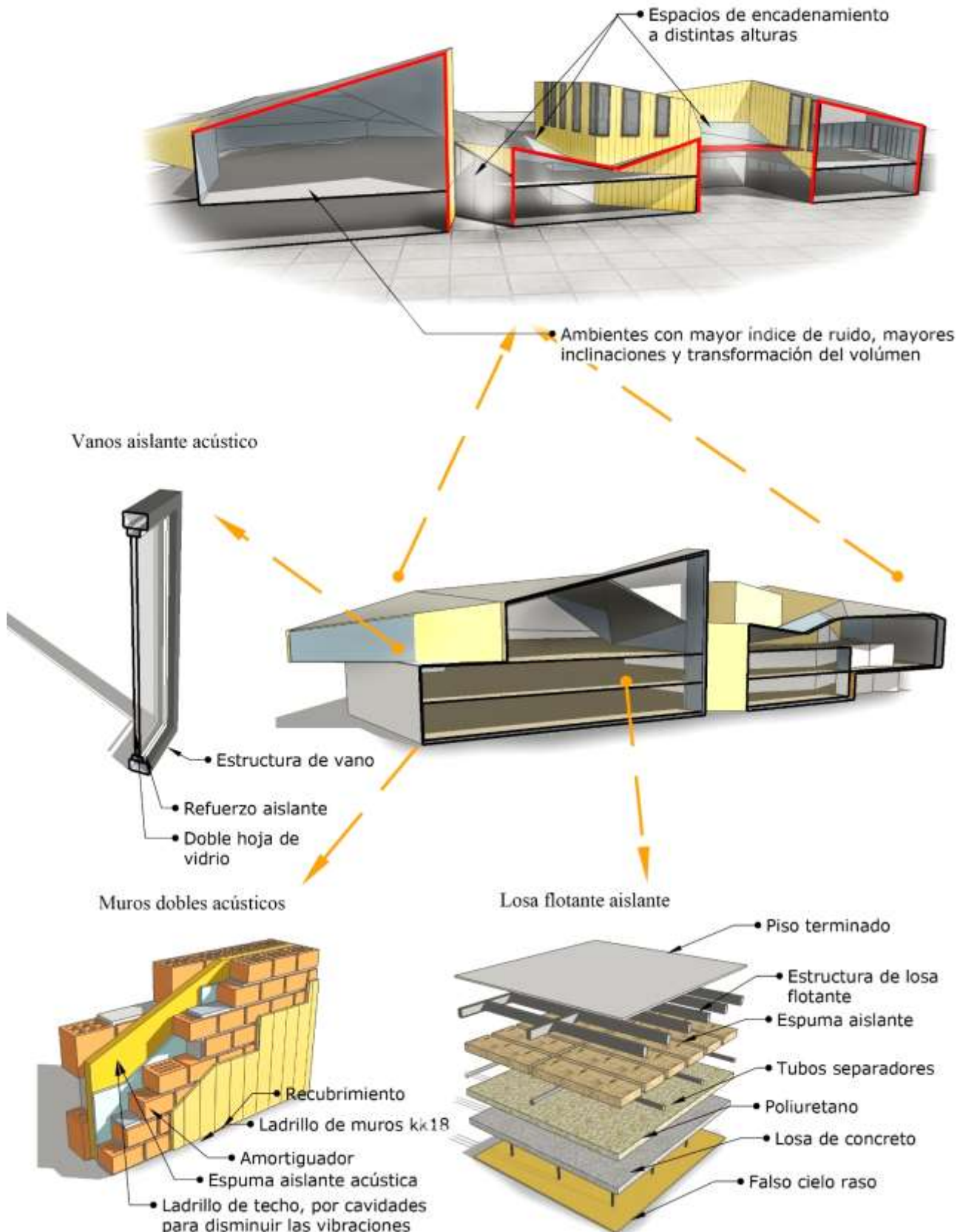
**Articulación**



Fuente: Creación del autor

Figura 21. Análisis de materiales y sistemas constructivos del Centro de Artes Escénicas la Atlántida

**Materiales y sistemas constructivos**



Fuente: Creación del autor

### 3.6 Auditorio de la ciudad de Huancayo (Tesis nacional)

Tabla 9. Ficha de análisis de casos n° 6

| <b>FICHA DE ANÁLISIS DE CASOS</b>   |                                      |                |                     |
|---|--------------------------------------|----------------|---------------------|
| <b>INFORMACIÓN GENERAL</b>  |                                      |                |                     |
| Nombre del Proyecto:  | Auditorio para la ciudad de Huancayo | Arquitecto(s): | Jhomel Huaman       |
| Ubicación:  | Perú                                 | Área:          | 1494 m <sup>2</sup> |
| Fecha del proyecto:   | 2018                                 | Niveles:       | 2 niveles           |
| Accesibilidad:  |                                      |                |                     |
| <b>RELACIÓN CON LA VARIABLE</b>   |                                      |                |                     |
| <b>VARIABLE: ESTRATEGIAS GEOMÉTRICOS DE ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO PASIVO</b>                       |                                      |                |                     |
| <b>CRITERIOS ARQUITECTÓNICOS DE APLICACIÓN</b>  |                                      |                | ✓                   |
| 1. Articular interconexiones volumétricas por encadenamiento a distintas alturas.                   |                                      |                |                     |
| 2. Emplear retiros verdes y volúmenes con aberturas de tipo fractal en los exteriores del objeto    |                                      |                | ✓                   |
| 3. Generar volúmenes euclidianos con pliegues ortogonales en partes superior de forma alternada.    |                                      |                | ✓                   |
| 4. Usar volúmenes poligonales irregulares sin paralelismo en el diseño de ambientes de gran tamaño. |                                      |                | ✓                   |
| 5. Emplear volúmenes con base trapezoidal orientando lado menor a fuente de ruido exterior.         |                                      |                | ✓                   |
| 6. Emplear volúmenes de tipo convexo con patrones hiperbólicos.                                     |                                      |                | ✓                   |
| 7. Aplicar en la volumetría la perspectiva multifocal en composición deconstructivista.             |                                      |                | ✓                   |
| 8. Usar volúmenes irregulares inclinados con ángulos agudos al exterior.                            |                                      |                | ✓                   |
| 9. Usar modulaciones volumétricas con ritmo y asimetría en la cobertura del objeto.                 |                                      |                | ✓                   |
| 10. Generar capas múltiples estructurales con material aislante en muros.                           |                                      |                | ✓                   |
| 11. Usar sistemas dobles y triples de vidrios como aislante en vanos de ambientes ruidosos.         |                                      |                |                     |
| 12. Emplear materiales rugosos, concreto expuesto, madera entre otros en superficies.               |                                      |                | ✓                   |
| 13. Rellenar cavidades vacías con espumas fono absorbentes en la estructura de una losa flotante.   |                                      |                | ✓                   |

### Análisis del proyecto:

En la tesis analizada, muestra un auditorio que ha sido diseñado en base a estrategias de acondicionamiento acústicas, empleando retiros verdes y volúmenes con aberturas de tipo fractal en los exteriores del objeto, tomando en primera instancia la centralización del proyecto con respecto al terreno para ubicar vegetación que sirva como barrera acústica natural disminuyendo los ruidos exteriores.

En la volumetría aplica la perspectiva multifocal en composición deconstructivista, al poseer una forma severamente fragmentada empleando diversos patrones modulares piramidales a diferentes escalas usando modulaciones volumétricas con ritmo y asimetría en la cobertura del objeto, además usar volúmenes irregulares inclinados con ángulos agudos al exterior, generando volúmenes euclidianos con pliegues ortogonales en partes superior de forma alternada y usando volúmenes poligonales irregulares sin paralelismo en el diseño de ambientes de gran tamaño, con quiebres poligonales usando aristas triangulares empleando muros inclinados y una base de tipo trapezoidal.

La cobertura es equipotencial por el auditorio interior, al exterior se elevan patrones piramidales y volúmenes de tipo convexo con patrones hiperbólicos, en distintas direcciones que sirven para absorber las reflexiones sonoras, de forma inclinada en dirección al escenario, además de apoyarse internamente con paneles para mejorar la calidad acústica.

También se presentan patrones modulares de distintas formas triangulares de forma convexa y cóncava poligonal en las superficies de los muros inclinados, a manera de fractales.

Presenta tratamiento de materiales fono absorbentes en todo el objeto arquitectónico, se usó sistemas dobles y triples de vidrios como aislante en vanos de ambientes ruidosos empleando materiales rugosos, fibra textil, madera entre otros en superficies, además de rellenar cavidades vacías con espumas fono absorbentes en la estructura de una losa flotante.

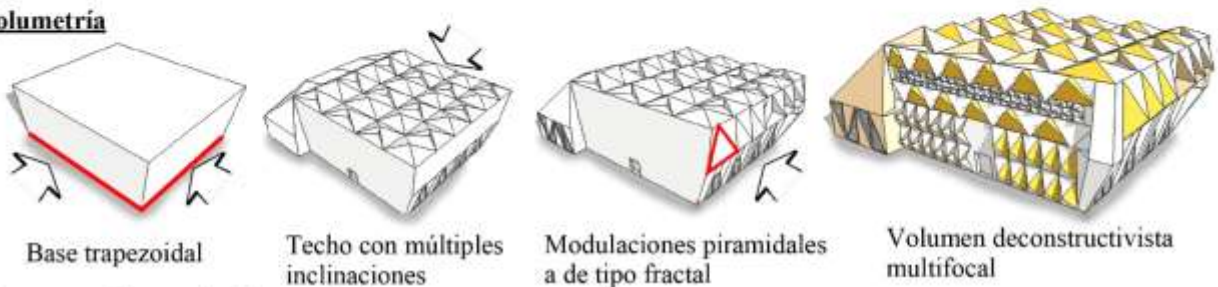
Figura 22. Análisis de macro volumetría del Nuevo Auditorio de Huancayo.



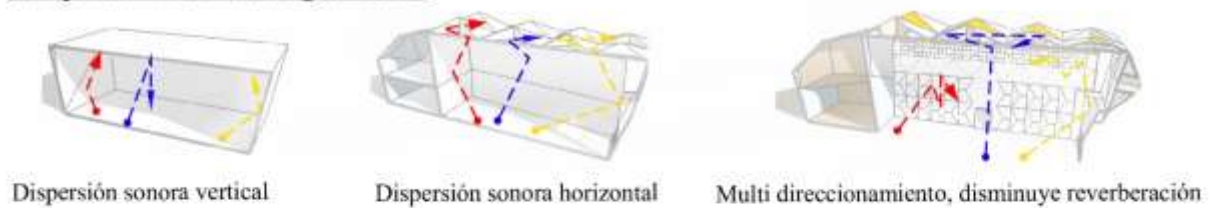
**Transformación volumétrica por estrategias acústicas y comportamiento**

Figura 23. Análisis de micro volumetría del Nuevo Auditorio de Huancayo.

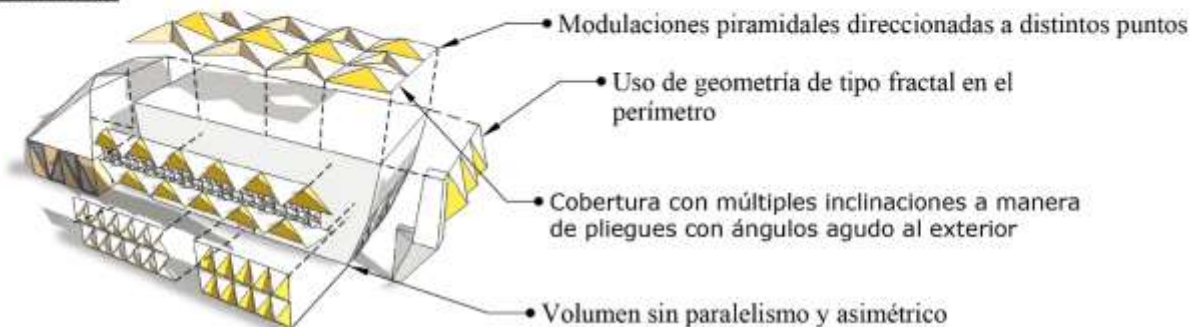
**Volumetría**



**Comportamiento método geométrico**



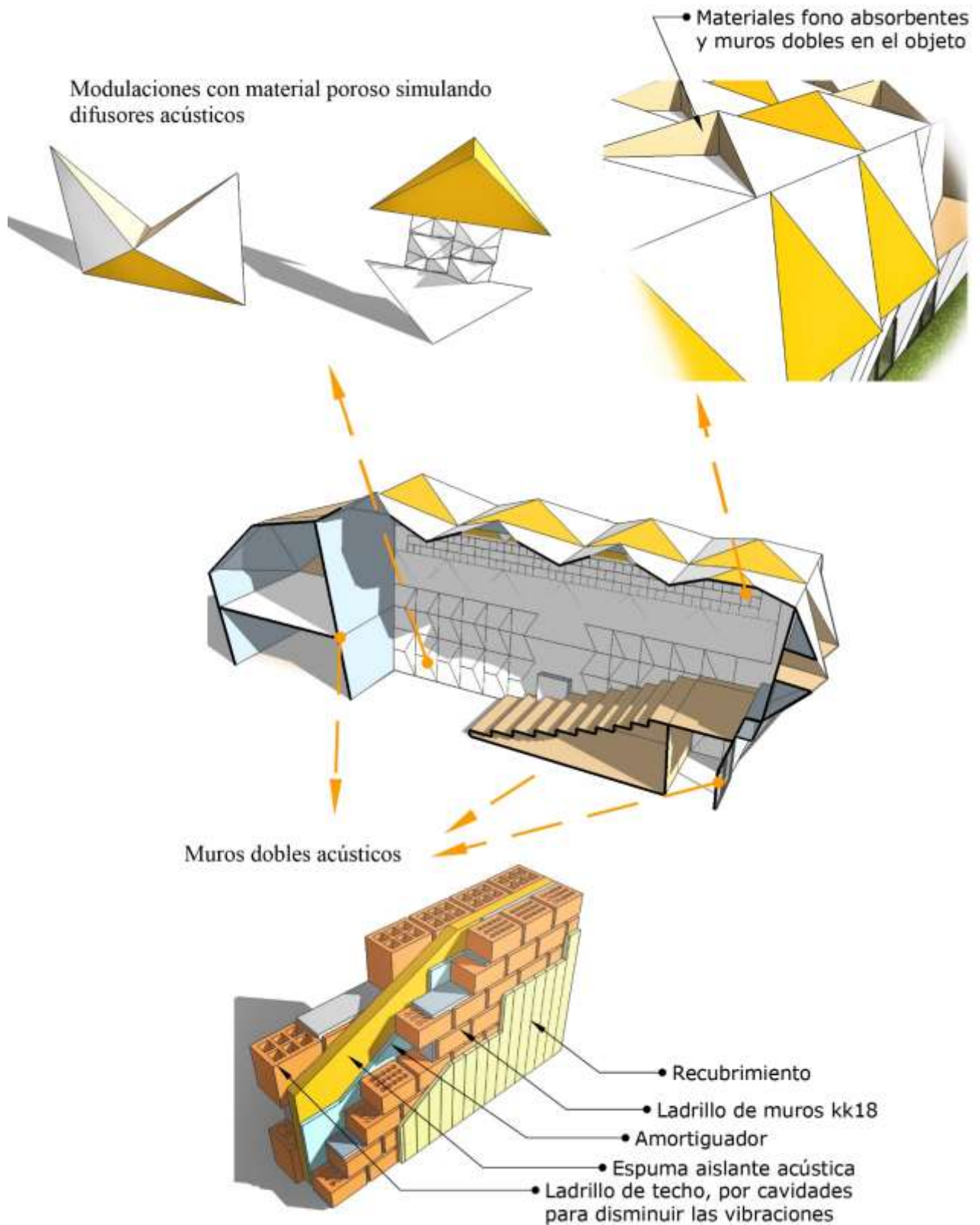
**Articulación**



Fuente: Creación del autor

Figura 24. Análisis de materiales y sistemas constructivos del nuevo auditorio de Huancayo

## Materiales y sistemas constructivos



Fuente: Creación del autor



| VARIABLE  | CASO 1            | CASO 2                      | CASO 3             | CASO 4              | CASO 5       | CASO 6                | RESULTADOS          |
|---|-------------------|-----------------------------|--------------------|---------------------|--------------|-----------------------|---------------------|
| VARIABLE: ESTRATEGIAS GEOMÉTRICOS DE ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO PASIVO                              | Piscina Alfriston | Centro deportivo Max-Planck | Nuevo Arena Indoor | Nave multi programa | La Atlántida | Auditorio de Huancayo |                     |
| CRITERIOS ARQUITECTÓNICOS DE APLICACIÓN   |                   |                             |                    |                     |              |                       |                     |
| 1. Articular interconexiones volumétricas por encadenamiento a distintas alturas.                   | ✓                 |                             | ✓                  |                     | ✓            |                       | Caso 1, 3 y 4       |
| 2. Emplear retiros verdes y volúmenes con aberturas de tipo fractal en los exteriores del objeto.   | ✓                 | ✓                           | ✓                  | ✓                   |              | ✓                     | Caso 1, 2, 3, 4 y 6 |
| 3. Generar volúmenes euclidianos con pliegues ortogonales en partes superior de forma alternada.    | ✓                 | ✓                           |                    |                     | ✓            | ✓                     | Caso 1, 2, 5 y 6    |
| 4. Usar volúmenes poligonales irregulares sin paralelismo en el diseño de ambientes de gran tamaño. | ✓                 |                             |                    | ✓                   | ✓            | ✓                     | Caso 1, 4, 5 y 6    |
| 5. Emplear volúmenes con base trapezoidal orientando lado menor a fuente de ruido exterior.         |                   |                             |                    | ✓                   |              |                       | Caso 4              |
| 6. Emplear volúmenes de tipo convexo con patrones hiperbólicos.                                     | ✓                 |                             | ✓                  |                     |              | ✓                     | Caso 1, 3 y 6       |
| 7. Aplicar en la volumetría la perspectiva multifocal en composición deconstructivista.             |                   |                             | ✓                  | ✓                   | ✓            | ✓                     | Caso 3, 4, 5 y 6    |
| 8. Usar volúmenes irregulares inclinados con ángulos agudos al exterior.                            |                   | ✓                           |                    | ✓                   | ✓            | ✓                     | Caso 2, 4, 5 y 6    |
| 9. Usar modulaciones volumétricas con ritmo y asimetría en la cobertura del objeto.                 | ✓                 | ✓                           | ✓                  | ✓                   | ✓            | ✓                     | Todos               |
| 10. Generar capas múltiples estructurales con material aislante en muros.                           | ✓                 | ✓                           | ✓                  | ✓                   | ✓            | ✓                     | Todos               |
| 11. Usar sistemas dobles y triples de vidrios como aislante en vanos de ambientes ruidosos.         | ✓                 | ✓                           | ✓                  |                     | ✓            | ✓                     | Caso 1, 2, 3, 5 y 6 |
| 12. Emplear materiales rugosos, concreto expuesto, madera entre otros en superficies.               | ✓                 | ✓                           | ✓                  | ✓                   | ✓            | ✓                     | Todos               |
| 13. Rellenar cavidades vacías con espumas fono absorbentes en la estructura de una losa flotante.   |                   |                             |                    | ✓                   | ✓            | ✓                     | Caso 4, 5 y 6       |

A partir de los casos analizados previamente, se han obtenido las siguientes conclusiones, en las cuales se corrobora el cumplimiento de todos los criterios de diseño establecidos previamente obtenidos en el análisis de los antecedentes. Según se puede verificar en los casos de la siguiente forma:

1. Se verifica en los casos 1, 3 y 4; el criterio aplicación de articular interconexiones volumétricas por encadenamiento a distintas alturas.
2. Se verifica en los casos 1, 2, 3, 4 y 6; el criterio aplicación de emplear retiros verdes y volúmenes con cobertura de tipo fractal en los exteriores del objeto.
3. Se verifica en los casos 1, 2, 5 y 6; el criterio aplicación de generar volúmenes euclidianos con pliegues ortogonales en partes superior de forma alternada.
4. Se verifica en los casos 1, 4, 5 y 6; el criterio aplicación de usar volúmenes poligonales irregulares sin paralelismo en el diseño de ambientes de gran tamaño.
5. Se verifica en el caso 4; el criterio aplicación de emplear volúmenes con base trapezoidal orientando lado menor a fuente de ruido exterior.
6. Se verifica en los casos 1, 3 y 6; el criterio aplicación de emplear volúmenes de tipo convexo con patrones hiperbólicos.
7. Se verifica en los casos 3, 4, 5 y 6; el criterio aplicación de aplicar en la volumetría la perspectiva multifocal en composición deconstructivista
8. Se verifica en los casos 2, 4, 5 y 6; el criterio aplicación de usar volúmenes irregulares inclinados con ángulos agudos al exterior.
9. Se verifica en todos los casos; el criterio aplicación de usar modulaciones volumétricas con ritmo y asimetría en la cobertura del objeto.
10. Se verifica en todos los casos; el criterio aplicación de generar capas múltiples estructurales con materiales aislantes en muros.

11. Se verifica en los casos 1, 2, 3, 5 y 6; el criterio aplicación de usar sistemas dobles y tripes de vidrios como aislante en vanos de ambientes ruidosos.
12. Se verifica en todos los casos; el criterio aplicación de emplear materiales rugosos, concreto expuesto, madera entre otros en superficies.
13. Se verifica en los casos 4, 5 y 6; el criterio aplicación de rellenar cavidades vacías con espuma fono absorbente en la estructura de una losa flotante.

### **3.7 Lineamientos del diseño**

Continuando con el proceso de la investigación, tomando como base a los casos analizados y a las conclusiones obtenidas se determinan los siguientes lineamientos, que se deben tomar como guía para lograr un diseño arquitectónico de la siguiente manera:

1. Articular interconexiones volumétricas por encadenamiento a distintas alturas, para generar relaciones espaciales continuas coplanares empleando espacios donde no se requiere el aislamiento sonoro, tales como circulaciones y hall repartidor de ambientes, alejando las zonas de ruido de las que se necesita la permanencia del silencio.
2. Emplear retiros con vegetación, centrando el volumen con respecto a los exteriores del objeto, para generar barreras acústicas con vegetación natural, formando paneles verticales estructurados para soportar las plantas además de retiros para aislar los sonidos exteriores al lote de los interiores.
3. Usar volúmenes con cobertura de tipo fractal en los exteriores del objeto, para generar modulaciones geométricas en aberturas a distintas escalas en volumen de tipo fractal, logrando una porosidad controlada para fragmentar la onda sonora disminuyendo así la interrelación con el ruido exterior.
4. Generar volúmenes euclidianos con pliegues ortogonales en partes superior de forma alternada, generando así inclinaciones usando ángulos agudos con ritmo y asimetría en

el volumen, alternando sus tamaños para llegar a distintas alturas eliminando la reverberación interna.

5. Usar volúmenes poligonales irregulares sin paralelismo en el diseño de ambientes de gran tamaño. generando quiebres en poligonales en los volúmenes eliminando las caras paralelas en todo el recinto disminuyendo la reflexión y propagación sonora al tener distintas aristas reflejando y disminuyendo su energía.
6. Emplear volúmenes con base trapezoidal orientando lado menor a fuente de ruido exterior, para solucionar las interacciones ante una fuente de ruido proveniente de afuera del lote emplazando la menor área en dirección hacia dicha zona, aumentando la base mayor de trapecio en dirección opuesta, para disminuir la llegada de las ondas sonoras.
7. Emplear volúmenes de tipo convexo con patrones hiperbólicos, para generar volúmenes poligonales con sustracciones hacia el interior de la volumetría, para obtener diferencias de alturas en las aristas internas, formando más caras de reflexión fracturando la reverberación sonora y disminuyendo su energía.
8. Aplicar en la volumetría la perspectiva multifocal en composición deconstructivista, generando volúmenes con ángulos agudos en distintas direcciones resultando volúmenes asimétricos discontinuos coplanares y circulaciones poligonales con disantos quiebres disminuyendo la propagación sonora.
9. Usar volúmenes irregulares inclinados con ángulos agudos al exterior, para generar volúmenes en elevación de tipo trapezoidal, generando quiebres en los muros direccionando el sonido hacia la parte superior del recinto direccionando el sonido en la pista deportiva.
10. Usar modulaciones volumétricas con ritmo y asimetría en la cobertura del objeto, imitando el comportamiento de los paneles difusores acústicos para que el diseño forme

parte de las aristas de la volumetría y disminuir el uso de paneles en el interior generando así espacios con volumetría multidireccional variando su forma para controlar y disminuir el eco flotante.

11. Generar capas múltiples estructurales con materiales aislantes en muros, empleando materiales rugosos y espuma absorbente entre las capas de los muros para aislar de manera acústica los ambientes disminuyendo la propagación sonora por transmisión de sólidos.
12. Usar sistemas dobles y triples de vidrios como aislante en vanos de ambientes ruidosos, reforzando los vanos, con un contorno fijo y bordando cara hoja del vano para asegurar que no se filtre sonido, además de emplear dos o tres hojas de vidrio dejando un espacio entre ellas para disminuir las vibraciones sonoras.
13. Emplear materiales rugosos, concreto expuesto, madera entre otros en superficies, empleando superficies de aspectos irregulares y porosos para generar espacios deportivos con un óptimo confort acústico además de emplearse en distintas zonas de propagación sonora.
14. Rellenar cavidades vacías con espuma fono absorbente en la estructura de una losa flotante, empleando materiales aislantes como espuma absorbente, generando disminución de a onda sonora por choque al momento de realizar la práctica deportiva.

## CAPÍTULO 4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DE INVESTIGACIÓN

### 4.1 Conclusiones teóricas

En consecuencia, se determinó que la incidencia del ruido y reverberaciones es un factor de suma importancia al realizar la práctica deportiva de alta competencia en un recinto cerrado el cual se encaminó el tema analizado en la investigación y los análisis de casos se logró determinar de qué manera las estrategias geométricas para el acondicionamiento acústico en condicionan el diseño de arquitectura deportiva de alta competencia en la ciudad de Trujillo, por lo que se ve reflejado en tres dimensiones abarcando el comportamiento del volumen, el fenómeno sonoro y los materiales constructivos, obteniendo una forma volumétrica que redirecciona las ondas sonoras en el interior de las zonas deportivas, del mismo modo, se emplaza el proyecto con la intención de disminuir las interacciones con fuentes de ruidos exteriores al crear barreras acústicas con vegetación y amplios retiros, por último se analizó los materiales y la ubicación de estos así como los sistemas constructivos que se corroboraron en los casos analizados.

Seguidamente ante lo expuesto se logró caracterizar trece criterios para determinar la morfología de la volumetría que presenta el proyecto para disminuir la reverberación interna, al obtener una geometría irregular con características de formas euclidianas poligonales en distintas direcciones tanto en planta como en sus elevaciones con la finalidad de no obtener ninguna cara paralela con perspectivas multifocales y bases trapezoidales siguiendo un orden y modulaciones progresivas para la unidad compositiva del proyecto, garantizando una disminución de ruido flotante así como el óptimo acondicionamiento acústico en el interior al tener asimetría y variaciones en las proporciones de los volúmenes y planos inclinados, del mismo modo se impide la transmisión de ondas sonoras por vibraciones a través de sólidos al emplear encadenamiento volumétrico usando ambientes de escasa necesidad de aislación

sonora, creando el óptimo confort acústico para el deportista al momento de realizar su entrenamiento de alto rendimiento.

Por otro lado, se logró identificar que la aplicación de materiales con acabados rugosos o porosos son indispensables para la disminución de la energía sonora en el interior de cada recinto así como en la cobertura, tales como la madera y el concreto en primera instancia además de espumas absorbentes, lana mineral, tejidos y alfombras, con acabados irregulares, los cuales muestran altos índices de absorción acústica ideales para cubrir todas las aristas de las superficies internas; puesto que, es parte fundamental para completar la aislación sonora y el acondicionamiento acústico en los ambientes mejorando la inteligibilidad del sonido, además de ser usados en la parte estructural como intermedio entre los muros para producir discontinuidad de las vibraciones sonoras en los cerramientos del recinto.

Además, se logró caracterizar los sistemas y detalles constructivos empleados en los casos referenciales aplicando para las zonas deportivas la losa flotante por norma deportiva sin embargo presentan variaciones con cierto refuerzo al rellenar las cavidades vacías con espuma absorbente y usar un amortiguador en la parte inferior de manera que funciona como aislante acústico y disminuyendo el eco producido por el rebote de los balones, del mismo modo se emplean muros dobles y triples así como los vanos para impedir el paso del sonido por vibraciones a través de los cerramientos del ambiente al ser rellenados con materiales fono absorbentes, logrando una mayor efectividad en el confort acústico en el interior del espacio así como la comodidad en la práctica deportiva empleando una losa normativa con variantes acústicas disminuyendo el paso de las ondas sonoras a otros ambientes y mejorando la inteligibilidad del sonido, además de lograr un aislamiento de la interrelación con los sonidos exteriores.

## 4.2 Recomendaciones para el proyecto de aplicación profesional

El comportamiento del sonido ante amplios espacios como los componen los centros de entrenamiento deportivo de alto rendimiento perjudica el desempeño de los deportistas al realizar la práctica deportiva al encontrarse con reverberaciones múltiples indeseables el cual fue el detonante por lo que se encaminó la investigación transformando la volumetría para poder controlar y direccionar de manera más eficiente el comportamiento, es importante mencionar que esto no se aplica para todo tipo de ambientes, ya que la morfología y estrategias de transformaciones volumétricas varían según la función que desempeñen dichos espacios.

Es imprescindible tener orientaciones y precedentes de cómo se comporta el sonido ante alguna superficie, empleando el método geométrico que es el más eficiente al tratarse de demostraciones en la transformación volumétrica, empleando un rayo sonoro reflejado en la superficie al refractarse en otra dirección de igual ángulo de incidencia llevando a un comportamiento metodológico del sonido, ante ello es necesario el uso de formas irregulares poligonales euclidianas con inclinaciones importantes y volúmenes convexos obteniendo distintas direcciones en las aristas internas del espacio, empleando ángulos agudos hacia el exterior para direccionar el sonido hacia los extremos disminuyendo la energía en las aristas irregulares del volumen.

El uso de materiales de acabados rugosos con altos índices de absorción sonora es de gran importancia para disminuir las primeras reflexiones sonoras al cruzarse las ondas con alguna superficie cubierta por dichos materiales, de los cuales el concreto expuesto y la madera tienen gran coeficiente de absorción empleados en las aristas internas adicionando las fibras textiles en alfombras y lana mineral se logra aumentar la eficiencia del aislamiento mejorando el confort de acondicionamiento acústico para el usuario deportista.



Finalmente, al aplicar detalles y sistemas constructivos acústicos se complementa al desarrollo de un espacio arquitectónico con acondicionamiento acústico, empleando como primera instancia el uso de muros dobles y triples con amortiguador sonoro en su interior, así como vanos dobles reforzando el contorno y emplear una separación entre cada hoja de vidrio, llevando a la disminución de transmisión sonora por vibración de sólidos.

## REFERENCIAS

- Cadena (2017) Acondicionamiento arquitectónico térmico y acústico del Coliseo Oswaldo Proaño Yépez con sistemas sustentables dirigido al Colegio Municipal Experimental “Sebastián de Benalcázar” (Tesis de título de Arquitecto), Universidad tecnológica Equinoccial, Ecuador.
- Carrión A. (1998) Diseño acústico de espacios arquitectónicos, Barcelona España, Editorial: Ediciones UPC.
- Fernández R. (2013) Acústica para un diseño absorbente, paneles modulares para aislación y absorción acústica (diseño industrial), Escuela de Arquitectura y Diseño Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.
- Goidsack L. (sin fecha) Comodidad acústica, Universidad de Chile, Chile.
- Higiani (1999) ABC de la Acústica Arquitectónica, España. Editorial: Ceac, S.A.
- Huamán (2018) Calidad acústica en los auditorios de la ciudad de Huancayo Metropolitano, 2018 (Tesis para título de arquitecto), Universidad Peruana los Andes, Perú.
- Lozada (2019) Estrategias de acondicionamiento acústico pasivo aplicados en el diseño geométrico de la cobertura del nuevo Arena Indoor en Trujillo 2019 (Tesis para título de arquitecto), Universidad Privada del Norte, Perú.
- Mora (2015) Las características técnicas de los centros de entrenamiento deportivo y el rediseño de los espacios interiores del bloque uno del polideportivo de Ingahurco de la Federación Deportiva de Tungurahua (Título de Arquitecta), Universidad técnica de Ambato, Ecuador.
- Ruiz L. (2014) Representación gráfica de la primera reflexión den espacios destinados a la palabra (Trabajo final Máster), universidad Politécnica de Cataluña, España.

Tacca B. (2019) Centro de alto rendimiento deportivo para el voleibolista de la región de Puno

(Tesis para título de arquitecto), Universidad Nacional del Altiplano, Perú.

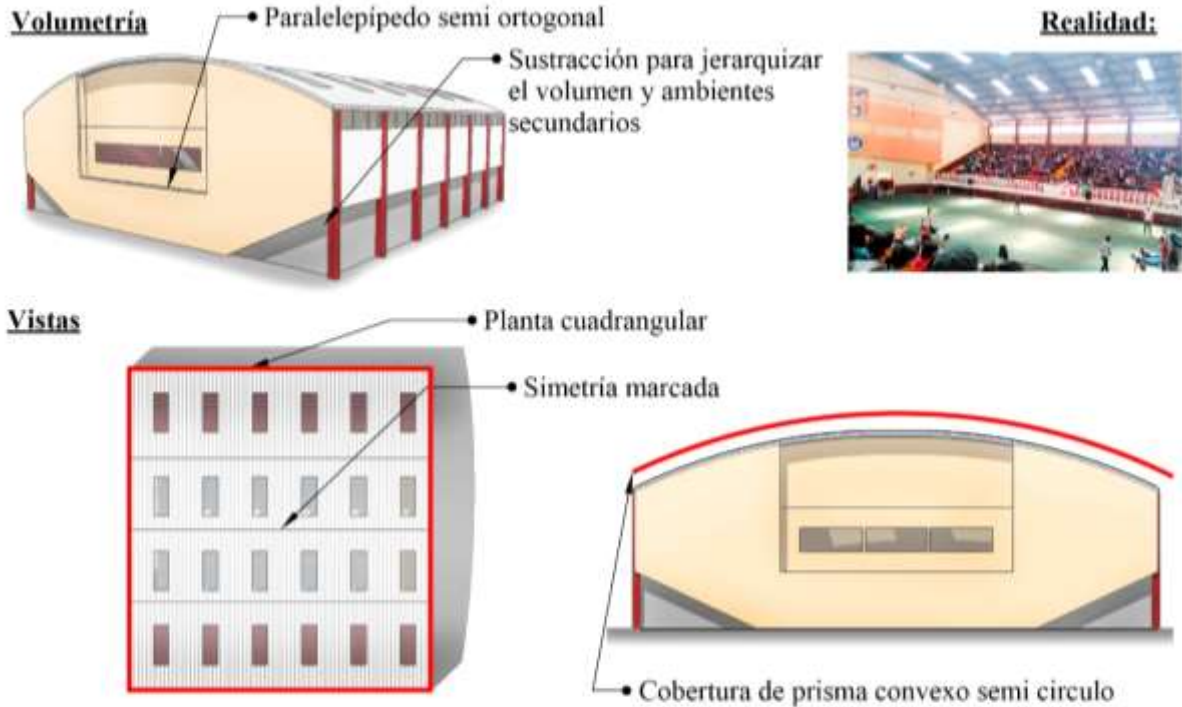
Zamora J. & D'Aula E. (2008) "ICADA: índice de calidad acústica de la arquitectura interior",

Universidad Politécnica de Cataluña, España.

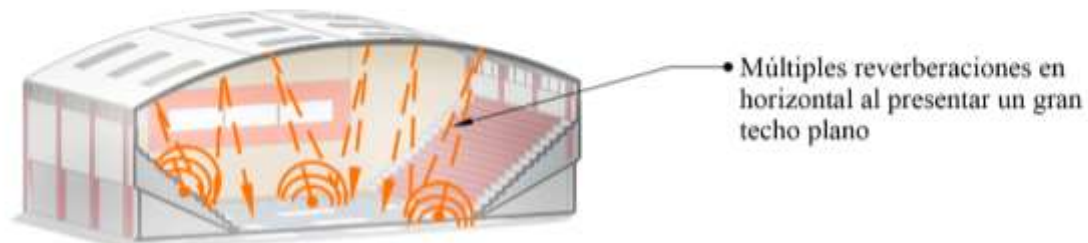
**ANEXOS**

**Anexo 1: Análisis empírico del Coliseo Oswaldo Quito, Ecuador**

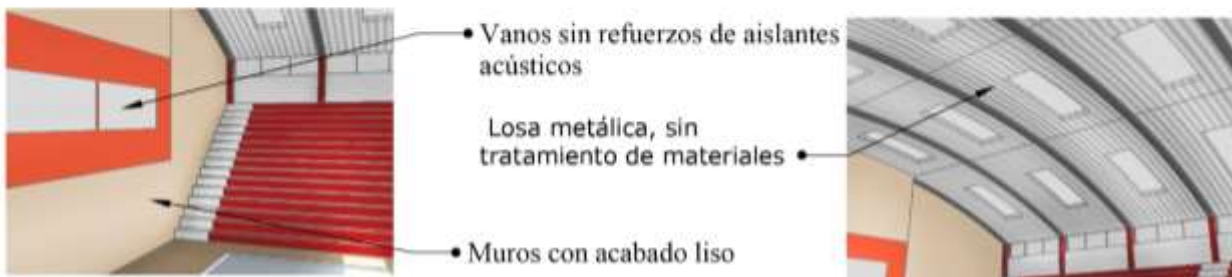
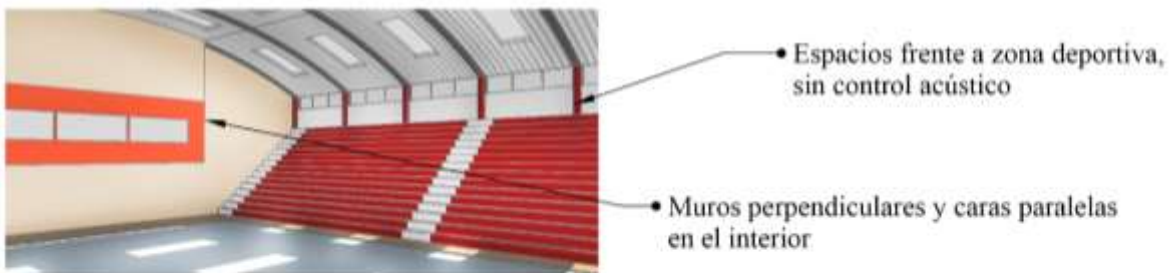
*Figura 25. Análisis volumétrico de problemáticas en Coliseo Oswaldo Quito, Ecuador.*



**Interacciones sonoras por volumetría paralelepípedo ortogonal**



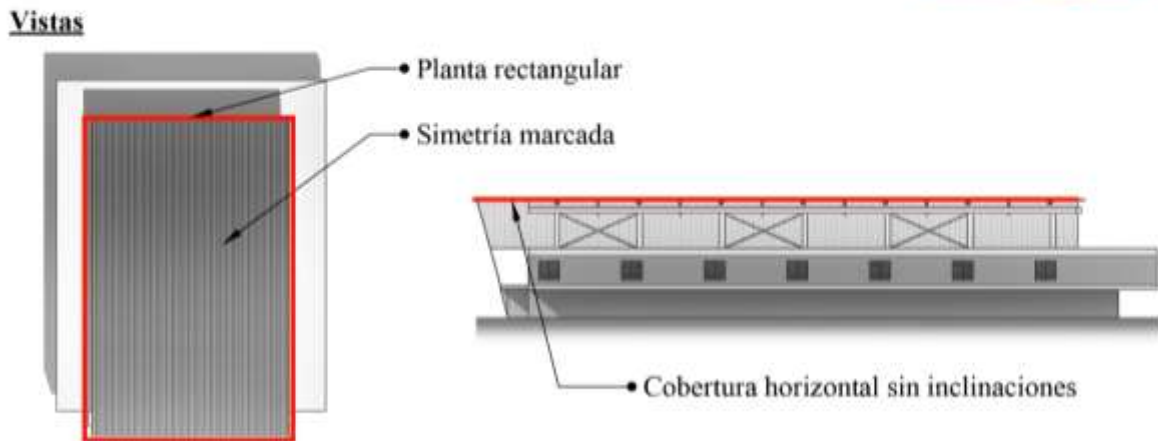
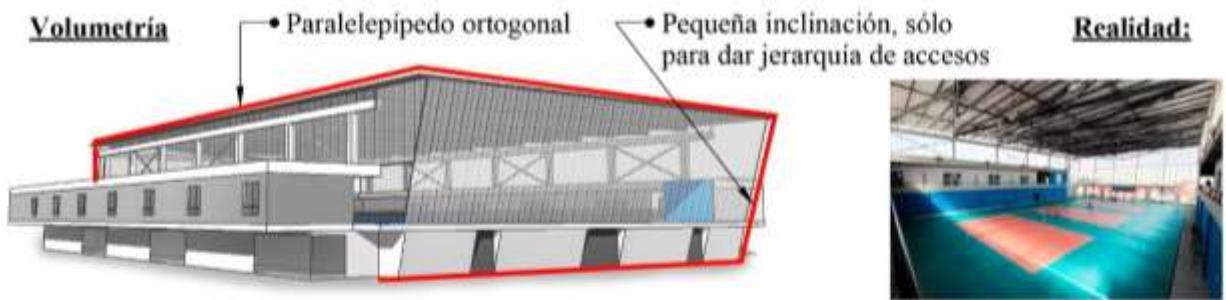
**Interiores**



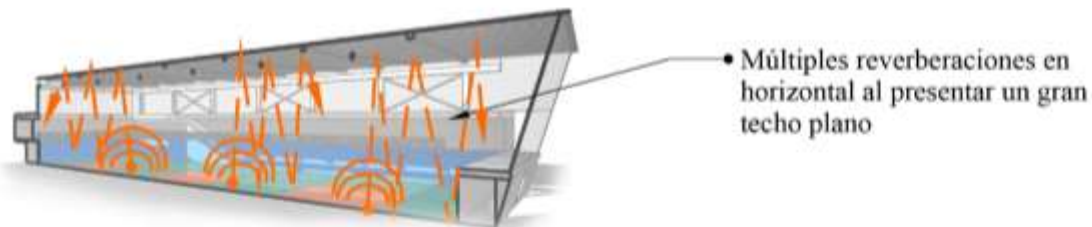
Fuente: Creación del autor

**Anexo 2: Análisis empírico del Centro de alto rendimiento (CAR) de vóley en Lima, Perú**

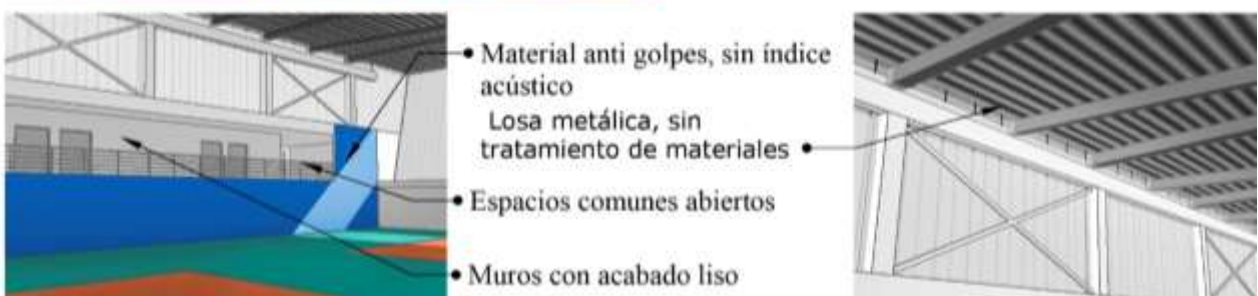
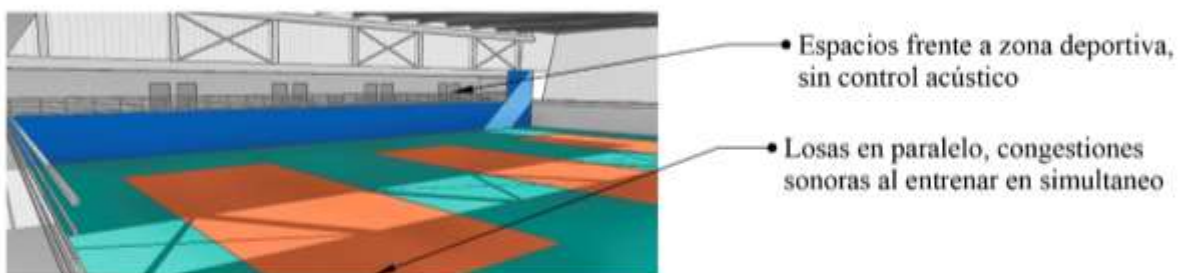
Figura 26. Análisis volumétrico de problemáticas en CAR de voley, Lima



**Interacciones sonoras por volumetría paralelepípedo ortogonal**



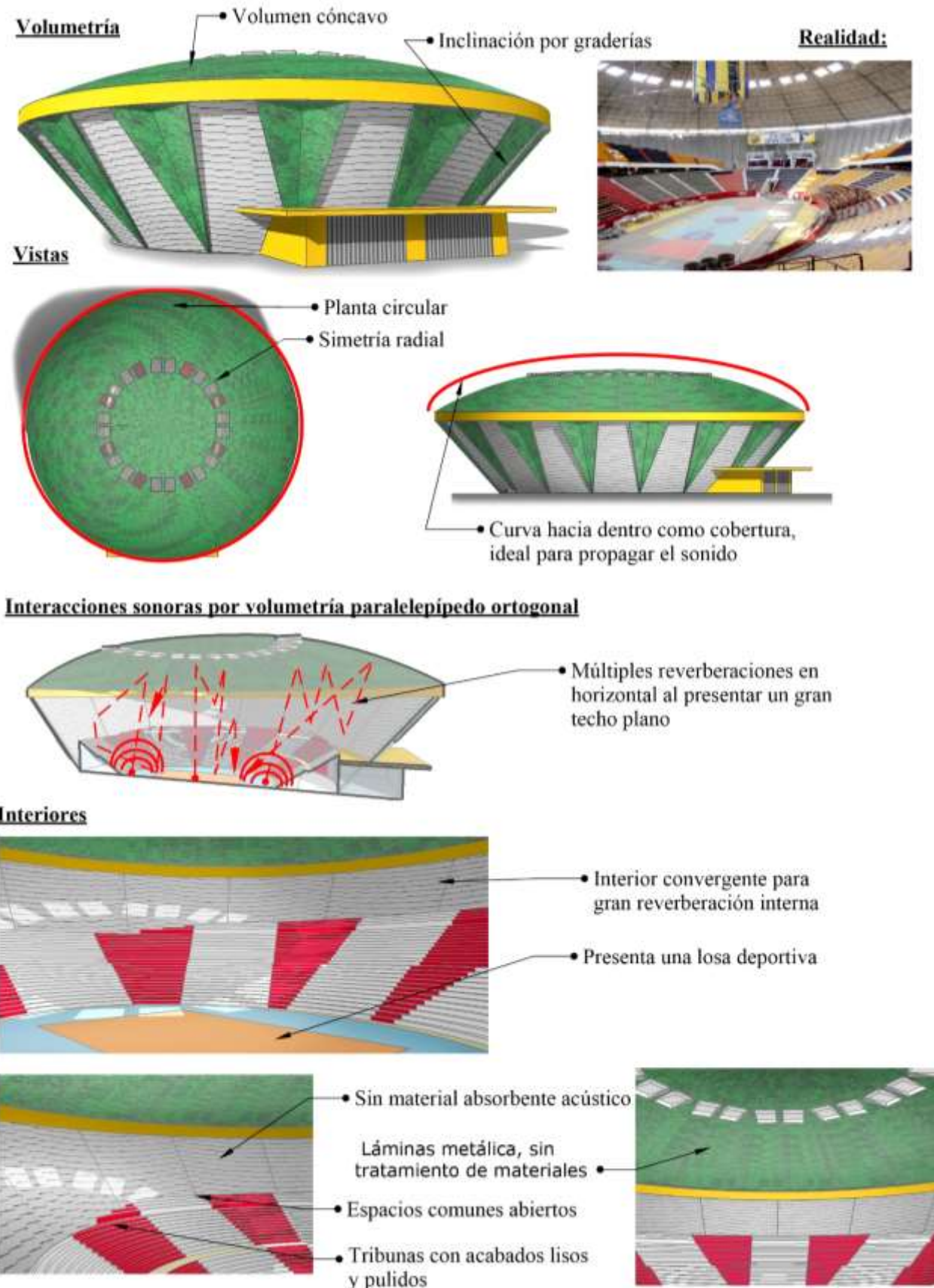
**Interiores**



Fuente: Creación del autor

**Anexo 3: Análisis empírico del Coliseo Gran Chimú en Trujillo, Perú**

*Figura 27. Análisis volumétrico de problemáticas en el Coliseo Gran Chimú, Trujillo*



Fuente: Creación del autor

**Anexo 4: Análisis empírico del Coliseo Inca en Trujillo, Perú**

*Figura 28. Análisis volumétrico de problemáticas en el coliseo Inca, Trujillo*

**Coliseo inca, Trujillo**



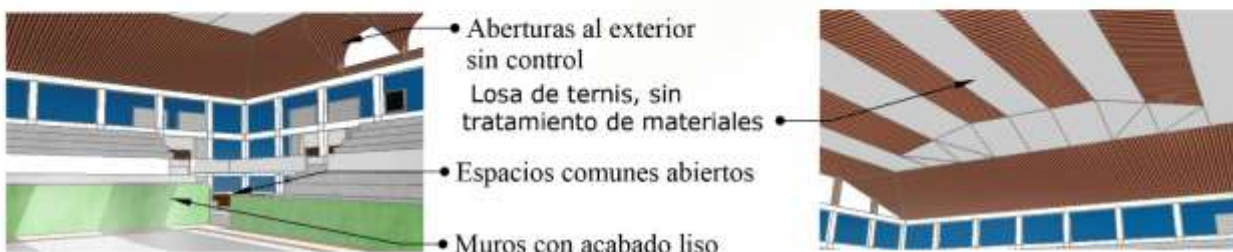
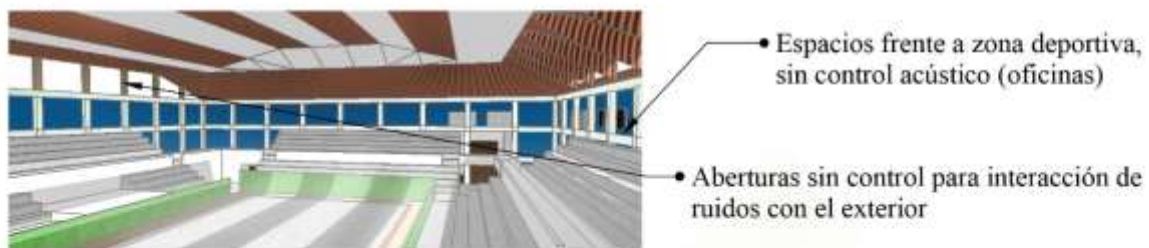
**Vistas**



**Interacciones sonoras por volumetría paralelepípedo ortogonal**



**Interiores**



Fuente: Creación del autor

## Anexo 5: Matriz de análisis de casos

Tabla 10. Modelo matriz de análisis de casos.

*Ficha de análisis del caso arquitectónico...*

---

### IDENTIFICACIÓN

Nombre del proyecto: ...

Nombre del arquitecto: ...

Ubicación: ...

Fecha de construcción: ...

Naturaleza del edificio: ...

Función del edificio: ...

---

### AUTOR

Nombre del Arquitecto: ...

---

### DESCRIPCIÓN

Área Techada: ...

Área no techada: ...

Área total: ...

Otras informaciones para entender la validez del caso: ...

---

### VARIABLE DE ESTUDIO

.... ... (indicar si el caso se diseñó utilizando la variable precisa o variables pertinentes)

---

### RELACIÓN CON LAS DIMENSIONES DE LA INVESTIGACIÓN

- |     |              |   |
|-----|--------------|---|
| 1.  | Criterio ... | (describir acá con pocas palabras donde se encuentra el criterio de aplicación) |
| 2.  | Criterio ... | ...   |
| 3.  | Criterio ... | ...   |
| 4.  | Criterio ... | ...   |
| 5.  | Criterio ... | ...   |
| 6.  | Criterio ... | ...   |
| 7.  | Criterio ... | ...   |
| 8.  | Criterio ... | ...   |
| 9.  | Criterio ... | ...   |
| 10. | Criterio ... | ...   |
| 11. | Criterio ... | ...   |
| 12. | Criterio ... | ...   |

---

Elaboración propia.