

## **MADAA 2021-2023**

MASTER EN DISEÑO ARQUITECTÓNICO  
AVANZADO

---

### **MICELIO, MATERIAL BIODEGRADABLE Y DE DISEÑO ARQUITECTÓNICO.**

Nueva parada del trolebús en la Plaza Chica del Centro Histórico de Quito.

**Crysthian Alexander Puebla Alvarez**

*Línea de especialización :*  
*Operaciones*

*Directores del Trabajo de Fin de Máster:*

*Arq. Kenny Espinoza*  
*Arq. Sergio del Castillo*

*Correo:*  
*crysthian77@gmail.com*

# MADAA 2021-2023

MASTER EN DISEÑO ARQUITECTÓNICO  
AVANZADO

---

## MICELIO, MATERIAL BIODEGRADABLE Y DE DISEÑO ARQUITECTÓNICO.

Nueva parada del trolebús en la Plaza Chica del Centro Histórico de Quito.

**Crysthian Alexander Puebla Alvarez**

**ES**

---

RESUMEN.

*Actualmente el sector de la construcción es uno de los mayores contaminantes, y generador de residuos en el planeta. Por esta razón se plantea una investigación sobre un nuevo tipo de material que tenga un impacto energético 0, pero sobre todo que sea natural, biodegradable y que tenga un fácil proceso de producción. Se estudiará y se aplicará al micelio como un nuevo material alternativo natural para el diseño arquitectónico por medio de paneles acústicos en la parada de la Plaza Chica del Trole Bus en el Centro Histórico de Quito, los cuales ayudarán a combatir el problema de contaminación acústica y visual que actualmente tiene este sector. Esto se lo realizará por medio de un sistema de algoritmos los cuales ayudarán a simular la absorción de ruido, búsqueda y exploración de la forma que la nueva estación del Trole Bus pueda tener.*

---

Palabras clave:

Micelio, Biodegradable, Construcción, Moldeable, Acústico, Diseño paramétrico

---

**EN**

---

ABSTRACT.

*Currently the construction sector is one of the biggest polluters and generator of waste on the planet. For this reason, the investigation is focused on a new type of material that has a zero energy impact, but above all that is natural, biodegradable and that has an easy production process. The mycelium will be studied and applied as a new natural alternative material for architectural design, by means of acoustic panels at the Plaza Chica del Trole Bus stop in the Historic Center of Quito, which will help combat the problem of noise pollution and vision that this sector currently has. This will be done through a system of algorithms which will help simulate noise absorption, search and exploration in the way that the new Trolley Bus station may have.*

---

Keywords

Mycelium, Biodegradable, Construction, Moldable, Acoustic, Parametric design

---

# MADAA 2021-2023

MASTER EN DISEÑO ARQUITECTÓNICO  
AVANZADO

---

## MICELIO, MATERIAL BIODEGRADABLE Y DE DISEÑO ARQUITECTÓNICO.

Nueva parada del trolebús en la Plaza Chica del Centro Histórico de Quito.

**Crysthian Alexander Puebla Alvarez**

INFORME DE LOS DIRECTORES DEL TRABAJO DE FIN DE MÁSTER



Arq. Kenny Espinoza



Arq. Sergio del Castillo

FECHA: Quito 31 de mayo de 2023

FIRMA DEL DIRECTOR/A DEL TRABAJO DE FIN DE MASTER

---



Arq. Ana Medina  
Directora Maestría en diseño arquitectónico avanzado

---

## **AGRADECIMIENTOS**

---

Primeramente, quisiera agradecer a Dios y mis padres por ser mi fortaleza y mi guía para alcanzar todas las metas y objetivos que me he trazado. A mi esposa y mis hijos por su apoyo incondicional durante todo este año y medio que ha tomado la maestría. A Jaime Jarrín mi compañero y amigo, por su apoyo y perseverancia durante todo este tiempo que nos ha tomado esta investigación, a mis compañeros que se tornaron en grandes amigos Rafael y Esteban con los cuales compartimos grandes momentos y anécdotas que quedaran grabadas en cada uno de nosotros . Así mismo quisiera hacer un agradecimiento especial a todos los docentes que me han inculcado nuevas herramientas durante periplo de la maestría, los que serán utilizados a lo largo de toda mi vida profesional.



## **DEDICATORIA**

---

Esta investigación va dedicada a Dios, a mis padres los cuales han sido y serán una pieza fundamental para que siga creciendo tanto profesional como personalmente; su amor, preocupación y apoyo incondicional han hecho que esta investigación sea posible. A mi hijo Julián, mi motor y por el cual doy y daré todo por su crecimiento y bienestar. A Mía Luciana por ser la niña de mis ojos y a mi esposa que con su apoyo antes, y durante esta maestría, no haya dejado que decaiga en conseguir todas las metas que desde un principio nos hemos planteado.

GRACIAS por ser parte mi vida.

## INDICE

### **I.MICELIO, NUEVO MATERIAL PARA EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO**

- 1.1.Contaminación por el sector de la construcción. 2
- 1.2.El micelio como nuevo material biodegradable y de diseño arquitectónico. 3
- 1.3.Control de los niveles acústicos a partir del micelio como un material natural, biodegradable y auto sustentable. 6
- 1.4.Metodología de aplicación del micelio como nuevo material de diseño arquitectónico. 8
- 1.5.El micelio como aislante acústico. 8

### **II.LA BIOMÍMESIS COMO HERRAMIENTA DE INVESTIGACION ARQUITECTÓNICA**

- 2.1.Concepto y características de la biomímesis. 11
- 2.2.Estudió de la biomímesis aplicada a la arquitectura. 13

### **III.ARQUITECTURA PARAMETRICA, NUEVOS METODOS DE DISEÑO ARQUITECTONICO**

- 3.1.Técnicas de diseño arquitectónico y aplicaciones 20
- 3.2.Aplicación del diseño paramétrico. 22

### **IV.MICELIO, MATERIAL BIODEGRADABLE Y DE DISEÑO ARQUITECTÓNICO**

- 4.1.El reino fungi y sus características 26
  - 4.1.1.Estructura de los hongos 27
  - 4.1.2.Reproducción de los hongos 31
  - 4.1.3.Beneficio de los hongos 32
  - 4.1.4.Biología 32
  - 4.1.5.Clasificación 34
- 4.2.Micelio nuevo material para la construcción. 35
  - 4.2.1.Propiedades biológicas y características del material. 37
  - 4.2.2.Estudio de crecimiento del micelio. 37
  - 4.2.3.Fabricación del micelio a partir de un molde. 47
- 4.3.Características del micelio como nuevo material de diseño arquitectónico 48
  - 4.3.1.Micelio, material de insonorización acústica 49
- 4.4.Proyectos realizados a base de la utilización del micelio como nuevo material de construcción. 53



## **V.CENTRO DE LA MOVILIDAD - LA PLAZA CHICA**

5.1.Centro Histórico de Quito, contexto e historia.	59
5.2.La Plaza Chica contexto y movilidad.	60
5.3.Sistema integrado de Trole Bus Quito.	64
5.4.Nueva estación del Trole Bus – Estación la Plaza Chica	72
5.4.1.Estudio solar y climático en el Centro Histórico de Quito.	72
5.4.2.Estudio de absorción de paneles acústicos.	76
5.4.3.Contexto, funcionamiento y movilidad.	80
5.4.4.Exploración de la forma.	84
5.4.5.Diseño y estructura de soporte de los paneles de micelio	86
5.4.6.Planos arquitectónicos y detalles constructivos	88

## **VI.CONCLUSIONES**

## **BIBLIOGRAFÍA**

## **ANEXOS**

Micelio, es considerado la parte vegetativa de los hongo

Figura 01.

Fuente: Artis Micropia

## INDICE DE FIGURAS

Figura 01	0
Figura 02	2
Figura 03	3
Figura 04	4
Figura 05	5
Figura 06	9
Figura 07	11
Figura 08	12
Figura 09	13
Figura 10	14
Figura 11	15
Figura 12	16
Figura 13	17
Figura 14	18
Figura 15	21
Figura 16	23
Figura 17	24
Figura 18	25
Figura 19	27
Figura 20	29
Figura 21	31
Figura 22	33
Figura 23	34
Figura 24	38
Figura 25	38
Figura 26	39
Figura 27	40
Figura 28	40
Figura 29	41
Figura 30	41
Figura 31	42
Figura 32	42
Figura 33	43
Figura 34	44
Figura 35	44
Figura 36	45

Figura 37	45
Figura 38	46
Figura 39	46
Figura 40	47
Figura 41	48
Figura 42	51
Figura 43	51
Figura 44	52
Figura 45	52
Figura 46	53
Figura 47	54
Figura 48	54
Figura 49	55
Figura 50	55
Figura 51	56
Figura 52	57
Figura 53	58
Figura 54	59
Figura 55	60
Figura 56	61
Figura 57	62
Figura 58	63
Figura 59	64
Figura 60	65
Figura 61	66
Figura 62	67
Figura 63	67
Figura 64	68
Figura 65	68
Figura 66	69
Figura 67	70
Figura 68	71
Figura 69	71
Figura 70	73
Figura 71	73
Figura 72	74
Figura 73	74

Figura 74	75
Figura 75	76
Figura 76	77
Figura 77	78
Figura 78	79
Figura 79	80
Figura 80	80
Figura 81	81
Figura 82	82
Figura 83	82
Figura 84	83
Figura 85	84
Figura 86	84
Figura 87	84
Figura 88	85
Figura 89	86
Figura 90	86
Figura 91	86
Figura 92	87
Figura 93	87
Figura 94	87
Figura 95	89
Figura 96	90
Figura 97	91
Figura 98	92
Figura 99	93
Figura 100	93
Figura 101	94
Figura 102	94
Figura 103	95
Figura 104	95
Figura 105	96
Figura 106	97
Figura 107	98
Figura 108	99
Figura 109	100
Figura 110	101
Figura 111	106

Figura 112	107
Figura 113	108
Figura 114	109
Figura 115	119



An aerial night view of a city skyline, likely Chicago, featuring a river (the Chicago River) and several bridges. The buildings are illuminated, and the city lights reflect on the water. The sky is dark, and the overall atmosphere is urban and vibrant.

# 1 MICELIO, NUEVO MATERIAL PARA EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO

*Este trabajo de investigación se lo realizó en conjunto con Jaime Jarrín, tomando estudios actualmente realizados sobre la contaminación por el sector de la construcción así como la utilización del micelio en la construcción.*

*El sector de la construcción es uno de los mayores contaminantes del planeta, cerca del 40% de residuos son generados por este. El impacto ambiental que deja el sector de la construcción ha repercutido directamente de manera directa e indirecta a ríos, bosques, la capa de ozono, entre otros. Por esta razón actualmente se está buscando la forma no solo de minimizar el impacto de estos, sino también buscar nuevos materiales los cuales no tengan un impacto directo ni significativo hacia el medio ambiente.*

Chicago, IL, United States

Figura 02

Fotografía: Cameron Casey



## 1.1 Contaminación por el sector de la construcción.

El sector de la construcción actualmente es considerado como uno de las principales fuentes de contaminación ambiental. El impacto ambiental de la construcción al medio ambiente se lo puede clasificar de forma directa o indirecta. *“Como lo dice la investigadora Karolina Dobrowolska en su artículo ¿Como afecta la construcción al medio ambiente? el sector de la construcción contribuye a 23% de la contaminación atmosférica, 40% de la contaminación del agua potable, y 50% de residuos en los vertederos (DOBROWOLSKA, 2023 ).”* Todos estos datos realmente son alarmantes, y por esta razón es que se debe hacer algo para disminuirlos y contrarrestarlos, el daño que le estamos haciendo a nuestro planeta puede llegar a ser devastador a mediano o corto plazo.

El impacto que la construcción genera al medio ambiente puede ser interno como externo. Se debe que tomar en cuenta el proceso antes, durante y después de la construcción; y como esta puede llegar a repercutir dentro del medio ambiente, *“solo el sector de la construcción llega a ocupar el 40% de energía de todo el planeta, en todo lo que con lleva la producción, transporte, utilización y desperdicio de material que se genera (DOBROWOLSKA, 2023 ).”*

El ciclo de vida de un edificio comienza por la extracción de recursos que en este caso vienen a ser naturales, para pasar a la elaboración de materiales, seguido de la construcción y uso de la edificación, una vez cumplida su vida útil pasamos a su demolición donde podemos encontrar el gran problema de contaminación ya que una gran cantidad de los materiales se vuelven desechos y estos pueden llegar a ser muy difíciles de degradar. Los problemas ambientales pueden llegar a ser locales (canteras, basureros, explotación de recursos), regionales (contaminación de ríos y deforestación) y globales (gases contaminantes, pérdida de la biodiversidad, calentamiento global).

Según el investigador Alejandro Bobadilla *“la industria de la construcción y demolición es el sector que más volumen de residuos genera, es responsable de la producción de más de 1 tonelada de residuos por habitante cada año (BOBADILLA, 2018)”*

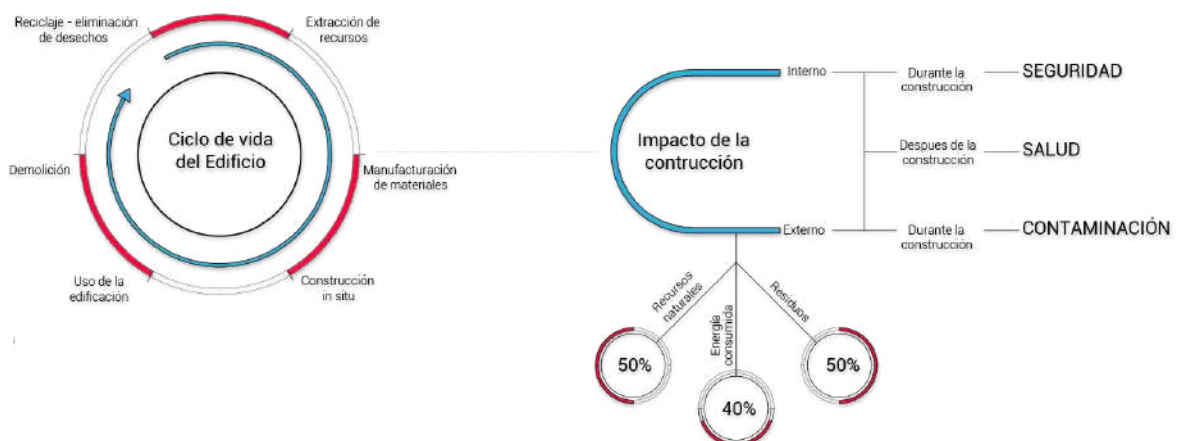


Figura 03. Diagrama, autoría propia

Diagrama del ciclo de vida del edificio - Impacto de la construcción.

<sup>1</sup> *“La contaminación atmosférica, es la producción de gases de dióxido, es uno de los principales factores causantes del calentamiento global. El sector de la construcción es responsable de 39% de emisiones de dióxido de carbono relacionadas con la energía y los procesos. Este alto porcentaje se debe a las acciones en la obra, el transporte y la fabricación de materiales de construcción (ARCHDESK, 2021).”*

Según el investigador y arquitecto Alejandro Bobadilla *“la producción industrializada de materiales pétreos<sup>2</sup> y los distintos avances tecnológicos debido a la globalización<sup>3</sup> han conseguido en gran medida abaratar los costos de los materiales de construcción, mas no el problema de contaminación que estos generan por lo cual se deben buscar nuevas soluciones de materiales los cuales no tengan tanta repercusión tanto para el medio ambiente como para nuestra salud.”* Desde este punto es que desde hace algunos años se ha tratado de implementar nuevas formas de hacer arquitectura, buscando una arquitectura más amigable con el medio ambiente, que no sea perjudicial ni invasiva a la naturaleza ni a sus recursos naturales. Se busca bajar el impacto que la construcción puede generar al medio ambiente mediante una arquitectura sostenible, autorrenovable, pero sobre todo consciente de su impacto y repercusión.

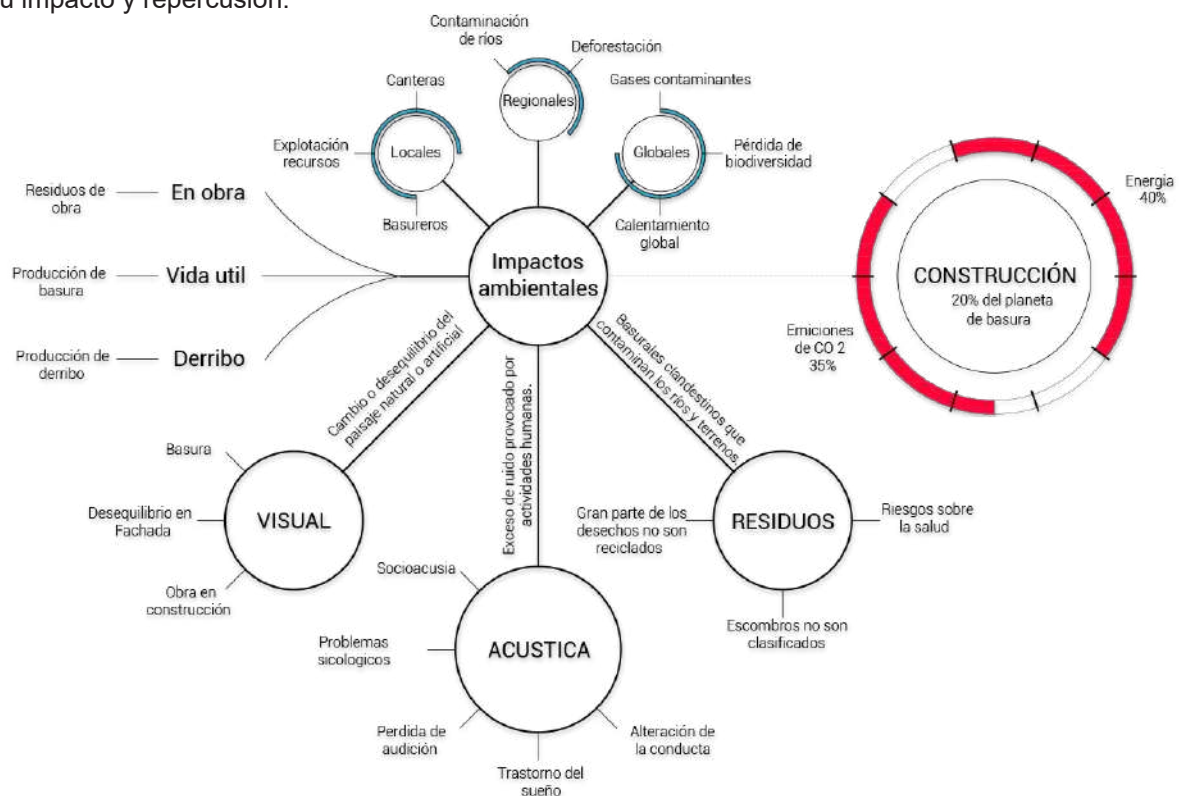


Figura 04. Diagrama, autoría propia

Diagrama de repercusión e impacto que puede llegar a generar de la construcción en el medio ambiente.

Encontrar una definición para sustentabilidad<sup>4</sup> parece un reto, sin embargo, podemos decir que se refiere a la capacidad que ha desarrollado o desarrollará el ser humano para satisfacer sus necesidades sin comprometer los recursos para el desarrollo de las futuras generaciones. Para llegar a esta sustentabilidad, debe existir una relación benéfica entre la sociedad, la economía y el medio ambiente.

Aquí donde nos preguntarnos si el micelio podría llegar a ser un material sustentable, con un bajo hacia el medio ambiente y que pueda ser utilizado en el sector de la construcción.

<sup>2</sup> “Los materiales pétreos son aquellos que se producen en base al petróleo como el adobe, asfalto, baldosas de cerámica, piedra bola, cascajo, cemento, empaste, estuco, ladrillo, ripio, planchas de yeso laminado, porcelana para emporar, etc (oficial, 2019).”  
<sup>3</sup> “Se refiere a la creciente integración de las economías de todo el mundo, especialmente a través del comercio y los flujos financieros. En algunos casos este término hace alusión al desplazamiento de personas (mano de obra) y la transferencia de conocimientos (tecnología) a través de las fronteras internacionales (FMI, 2000)”.

<sup>4</sup> “En este sentido, la sustentabilidad es la capacidad que tiene una sociedad para hacer un uso consciente y responsable de sus recursos, sin agotarlos o exceder su capacidad de renovación, y sin comprometer el acceso a estos por parte de las generaciones futuras (Coelho, 2019)”.

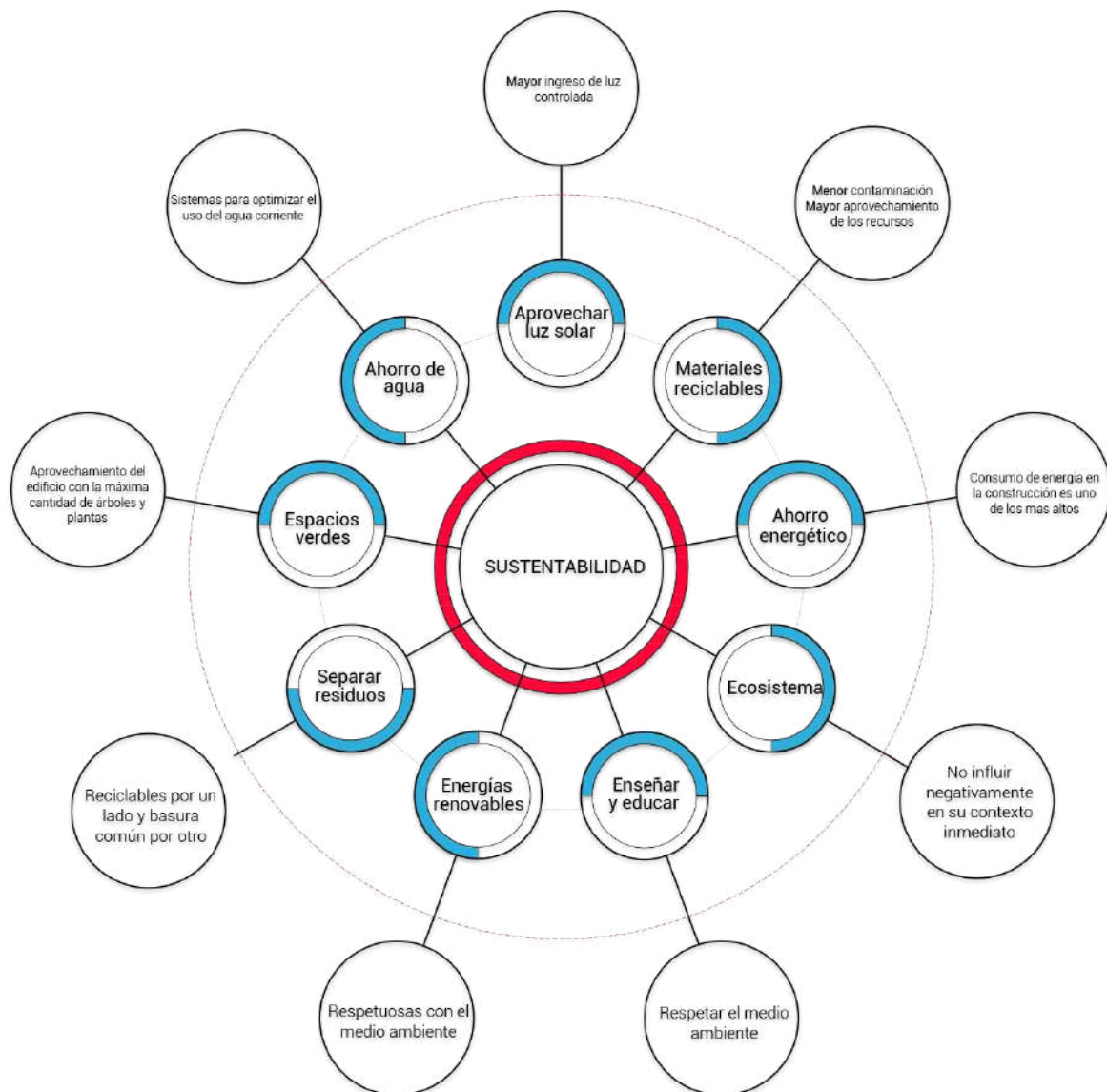


Figura 05. Diagrama, autoría propia.  
Diagrama de las bases y características que tiene la sustentabilidad.

*“La poca o nula huella medioambiental es una de las claves para la sustentabilidad y, el micelio es un producto que justamente al ser natural y compostable (si no se trata con químicos), se puede convertir en alimento para la tierra. Además, el micelio crece por sí mismo por lo que se considera una producción de baja energía, se forma utilizando restos orgánicos de otras industrias, por lo que forma parte de una economía circular y no emite toxinas por lo que se lo considera un material agradable con el medio ambiente (responsabilidadsocial.net, 2023)”.*

El micelio como material de construcción no solo puede ser una opción sustentable, ya que al ser un material de origen natural también es biodegradable. Según el artículo de Archdaily *“el sustituir materiales actuales que no son sustentables y que más que beneficiar, estos contaminan, conseguiríamos un futuro donde, el ser humano satisfaga sus necesidades, sin comprometer el desarrollo de futuras generaciones. Optimizando así recursos, gastando menos energía y con un material completamente amigable (archdaily, 2022)”.*

## 1.2 El micelio como nuevo material biodegradable y de diseño arquitectónico

El sector de la construcción actualmente es uno de los mayores contaminantes del mundo, una gran cantidad de los materiales actualmente utilizados por la construcción son muy difíciles de degradar, y peor llegar al 100% de su reutilización o reciclaje.

La utilización del micelio como un nuevo material tanto para el diseño arquitectónico como para la construcción es muy factible. Al ser un material biodegradable este luego de cumplir su vida útil es fácilmente reemplazable, sin generar ningún impacto ambiental. Así mismo el bajo costo de producción, consumo energético 0, su fácil producción hacen que el micelio pueda llegar competir y reemplazar algunos materiales de construcción que hoy en día se los utiliza.

Dentro de las bondades de utilización del micelio se puede obtener paneles acústicos para controlar el ruido; paneles térmicos y contra fuego, al ser un material hidrofugo<sup>5</sup> ya este ralentiza la propagación del fuego; es muy resistente al clima y a la suciedad por lo que no es necesario darle mantenimiento muy seguido. Su fácil moldeabilidad es una de sus principales características, dándonos nuevas posibilidades para el diseño arquitectónico; tiene una textura porosa con un acabado singular, pero sobre todo natural en la cual cada elemento de diseño por más que sea del mismo tipo de molde será diferente, creando así una cromática de textura y color único.

Es así que los materiales en base al micelio son materiales, renovables, biodegradables y con emisión de carbono 0. Siendo esta su mayor virtud y como muchos lo han catalogado, es el material del futuro ya que cumple todos los aditamentos para una arquitectura sustentable. Es un material natural y renovable, resistente y duradero.

En cuanto al lugar donde este será planteado como respuesta a los diferentes problemas de contaminación acústica, smog, y mobiliario en mal estado será la estación del Trole Bus en Plaza Chica del Centro Histórico de Quito.

La Plaza Chica dentro del casco colonial del Centro Histórico de Quito es una de las de mayor importancia, esta es el punto central de llegada de usuarios del Trole Bus los cuales se movilizan dentro del casco histórico. Entre los principales problemas que se encuentran en esta plaza son los altos niveles acústicos generados por los vehículos, así como por los vendedores ambulantes, sobrepasando los 50 decibeles<sup>6</sup> permitidos en el Distrito Metropolitano de Quito. Así mismo la parada del Trole Bus no solo se encuentra mal emplazada en el sitio sino también existe un deterioro en su estructura e instalaciones.

Al ser un espacio público tan potente este se debe dinamizar, y se lo realizará mediante la nueva estación del Trole Bus, mobiliario urbano, creando sitios de estancia y permanencia, que brinden seguridad y confort a sus usuarios.

<sup>5</sup> "Significado de hidrofugo según la enciclopedia Larousse: adj./ s. m. Se aplica a la sustancia que impide la humedad o las filtraciones masilla hidrófuga. (Larousse Editorial, 2009)".

<sup>6</sup> "El decibel o decibelio es la unidad de medida de la intensidad sonora. Su símbolo es db y corresponde al logaritmo decimal de la relación entre la intensidad del sonido que se ha de medir y la de otro sonido conocido que se toma como referencia. Se usa en las determinaciones fonométricas de los ruidos en el interior de los coches, en las pruebas del ruido del tubo de escape y en la homologación de los avisadores acústicos (Motorjiga, 2023)".

### **1.3 Control de los niveles acústicos a partir del micelio como un material natural, biodegradable y auto sustentable.**

Actualmente los materiales de construcción son uno de los principales contaminantes del mundo, muchos de ellos son de difícil descomposición y reutilización. Se plantea la investigación del MICELIO como un nuevo material arquitectónico económico, biodegradable, de bajo costo energético, aislante acústico y fácilmente moldeable. Como una nueva alternativa no solo de diseño arquitectónico sino también como un nuevo material natural de control acústico y sonoro.

El micelio al ser un material natural y biodegradable se convierte en un material idóneo para reemplazar a algunos de los materiales comúnmente utilizados en la construcción, y que afectan por contaminación y residuos al medio ambiente directamente. Tomando en cuenta que la industria de la construcción es el responsable del 40% de basura y residuos que afectan al planeta, es algo de suma importancia tomar conciencia de lo mismo y poder dar soluciones para poder contrarrestar este daño medio ambiental que se está causando.

El micelio al tener un impacto energético 0 y de origen natural se lo plantea como un material auto sustentable el cual no tendrá un mayor impacto ambiental sino también servirá luego como abono para el propio medio ambiente una vez concluida su vida útil. Es indispensable tomar en cuenta que los recursos del planeta son cada vez más escasos y es nuestra obligación no solo tratar de conservarlos sino también cuidar el planeta.

Se plantea la utilización del micelio no solo como una nueva alternativa de un nuevo material para el diseño arquitectónico, sino que también dará solución al desgaste y mal estado en el que actualmente se encuentra la estación la Plaza Chica del Trole bus, así mismo se actuará directamente sobre el problema acústico generado por carros, vendedores ambulantes, música, entre otros que actualmente tiene la Plaza Chica en el Centro Histórico de Quito. Se intervendrá específicamente en la estación del Trole Bus - Plaza Chica, la cual es de gran importancia dentro de este contexto colonial por la gran cantidad de gente que llega hasta acá y luego se distribuye por todo el contexto histórico del casco colonial.

<sup>7</sup> "Un material biodegradable es aquel que se puede llegar a descomponer por la acción de microorganismos como bacterias u hongos en un periodo corto de tiempo transformándose así en nutrientes, dióxido de carbono, biomasa y agua. Esta descomposición es muy positiva para el ecosistema, porque permite que se reciclen muchos nutrientes. Para considerar un material biodegradable, este debe descomponerse sin dejar residuos tóxicos en el ambiente, tales como elementos químicos o gases. Un material biodegradable, aparte de evitar la contaminación, también evita la acumulación de basura, pues al degradarse "desaparece" como tal (PACKAGING, 2023)".

#### **1.4 Metodología de aplicación del micelio como nuevo material de diseño arquitectónico.**

Como metodología de la investigación se plantea primeramente reconocer el impacto que tienen los materiales de construcción para el medio ambiente, generando así una respuesta en base al micelio como un nuevo material para el diseño arquitectónico.

Se investiga al micelio como material para conocer todas las virtudes y beneficios que este nos puede generar para el sector de la construcción, por medio de la elaboración de nuestro propio material que será utilizado para el planteamiento de un proyecto arquitectónico que no solo responda al impacto ambiental que los materiales actuales tienen si no también dando una solución a la problemática existente en el lugar.

Para este planteamiento arquitectónico se llevará a cabo un diseño por medio de algoritmos los cuales no solo nos ayudarán a tener distintas variables de diseño arquitectónica sino también formará un sistema replicable y adaptable al sitio y problemáticas directas que esta pueda tener.

El proyecto se implantará en el Centro Histórico de Quito exactamente en la Plaza Chica, la cual tiene una gran importancia dentro de este, al ser el principal punto de distribución de personas que llegan por medio de la estación del Trole Bus y se movilizan a los distintos puntos del casco colonial.

Al ser un hiper centro dentro del Centro Histórico de Quito se plantea la formación de un centro de movilidad acorde a las necesidades de sus usuarios y transeúntes. Combatiendo los principales problemas que este sitio tiene la cual son la delincuencia, niveles acústicos altos, smog, mal funcionamiento y estado actual de la estación de Trole bus. La cual tendrá un nuevo planteamiento de diseño arquitectónico en la que se reutilizaran los materiales actuales de la estación conjuntamente con el micelio para dar una solución a la problemática actual de contaminación acústica<sup>8</sup>, smog y funcionamiento.

#### **1.4 El micelio como aislante acústico.**

Entre los principales objetivos de la investigación se encuentra el tomar conciencia de todo el daño que la construcción está haciendo al medio ambiente no solo en la fabricación de materiales y como estos consumen tanta energía y recursos a nuestro planeta sino también los residuos que estos dejan antes, durante y después de la construcción de un edificio. Por esta razón se plantea una investigación de un material alternativo que sea natural y a su vez biodegradable<sup>7</sup> el cual no solo utilice los propios recursos naturales para su elaboración sino también que tenga un impacto 0 en el consumo de energía y producción para nuestro planeta. Así mismo se plantea tomar en cuenta las varias funciones que este puede cumplir tanto para el diseño arquitectónico como para la construcción. Para esto se plantea la utilización del micelio como un nuevo material natural para la industria del diseño y la construcción, tomando en cuenta que a pesar de tener tantas bondades y cualidades propias del material que se han investigado y probado actualmente, aún quedan muchos beneficios que se pueden aun descubrir de este.

<sup>8</sup> "Se entiende por contaminación acústica la presencia en el ambiente de ruidos o vibraciones, cualquiera que sea el emisor acústico que los origine, que impliquen molestia, riesgo o daño para las personas, para el desarrollo de sus actividades o para los bienes de cualquier naturaleza, o que causen efectos significativos sobre el medio ambiente (Demográfico, 2022)".



Recientes estudios sobre el micelio prueban que es un material que trabaja muy bien a la compresión dándonos nuevas alternativas y posibilidades estructurales a ser tomadas en cuenta para nuevos proyectos arquitectónicos que se puedan realizar, sin tomar en cuenta que su costo de producción en comparación a otros materiales de la construcción es relativamente más bajo y sobre todo con un gasto energético 0 al ser un material biodegradable y que para su elaboración se pueden utilizar materiales reciclados y naturales.

Sin lugar a duda el micelio será el material del futuro no solo para la construcción sino también para todas las industrias en general.





## 2 LA BIOMÍMESIS COMO HERRAMIENTA DE INVESTIGACION ARQUITECTÓNICA

*“Antes del término actual a la biomímesis se la conoció con distintos nombres. En 1960 por ejemplo se la conocía como “Biónica”, en 1974 paso a ser conocida como “Biomimética”, hasta que por el año de 1982 finalmente se estableció como “biomímesis” (Portillo, 2012)”.*

*“El significado biomímesis etimológicamente hablando es “Imitar la vida”. Viene de la conjunción de “Bio” (vida) y “Mimesis” (imitar). El concepto de biomimetismo hace referencia al proceso de observar, entender y aplicar soluciones procedentes de la naturaleza a los problemas humanos, en forma de principios biológicos, de biomateriales de toda índole (MAPFRE, 2021)”.*

Helecho verde

Figura 07

Fotografía: Rifqi Ramadhan



## 2.1 Concepto y características de la biomímesis.

La naturaleza ha demostrado su capacidad de solucionar multitud de problemas, creando soluciones innovadoras, eficaces, con un uso eficiente de los recursos y con la habilidad de adaptarse continuamente. (Cervera, 2020) Y justamente la biomímesis se centra en dicho concepto, dar soluciones a problemas existan o surjan a partir de la imitación de las distintas estrategias aplicadas por la naturaleza a lo largo de la historia.

La biomímesis se ha implementado principalmente en los campos de la medicina, tecnología, ciencia, robótica, energía, inteligencia artificial, arquitectura y diseño. Se trata de imitar e inspirarse en la naturaleza, comprendiendo y aplicando sus principios biológicos para dar solución a los problemas humanos. La biomímesis actualmente, en su campo más avanzado, trata de innovar procesos de síntesis imitando los procesos de autoensamblaje con alto rendimiento que la naturaleza ha desarrollado durante millones de años, en campos como la nanotecnología y la ingeniería biomédica. (Smith, 2006)

La arquitecta Marlén López sostiene que uno de los grandes retos para un desarrollo sostenible por medio de la biomímesis sería el tratar de minimizar el impacto energético que actualmente enfrenta la humanidad. Levantar estructuras más eficientes, nuevos materiales inteligentes, sistemas de consumo cero, gestionar recursos, controlar el confort térmico y producir energía para los edificios serían algunas de las ventajas de este proceso. (MAPFRE, 2021)

En relación con la arquitectura, la autora y científica Janine Benyus es conocida por popularizar, el concepto de Arquitectura biomimética, por su libro "Innovación inspirada por la Naturaleza". Este concepto, de su obra, sugiere que debemos mirar a la naturaleza como modelo, medida y mentor, el cual nos llevará a una arquitectura sostenible, argumentando que este es el objetivo de la naturaleza, la autorregulación acompañada por la innovación. (Benyus, 1997)

En dicho artículo se señalan algunos ejemplos de estructuras biomiméticas entre los que destacan el Palacio de Cristal situado en el parque de retiro de Madrid, el cual está basado principalmente en patrones de la hoja de lirio; así mismo podemos encontrar la torre Gherkin de Londres, que cuenta con un moderno sistema de ventilación que emula el sistema respiratorio de las esponjas y las anémonas de mar; o también el Sahara Forest Project que actualmente se encuentra en construcción, que tendrá un gran lago emulando el mar para reforzar las zonas desérticas del Sahara. (Portillo, 2012)

En el año 2005 Benyus crea el Instituto de biomímesis, el cual en el año 2008 lanza AskNature, la cual es una base literaria-biológica de código abierto, en la que cualquier persona puede registrar lo que ve de la naturaleza, así como sugerir ciertas aplicación en base a su propia indagación. Sin lugar a duda una gran herramienta para cualquier campo en el que se vaya a aplicar la biomímesis.

<sup>9</sup> "Biomímesis (de bio, vida y mimesis, imitar), también conocida como biomimética o biomimetismo es una ciencia y método de diseño que aprende de las mejores soluciones de la naturaleza, para la creación de diseños innovadores, procesos y tecnologías ofreciendo soluciones sostenibles para los problemas humanos (Biomimicryberia, 2018)".

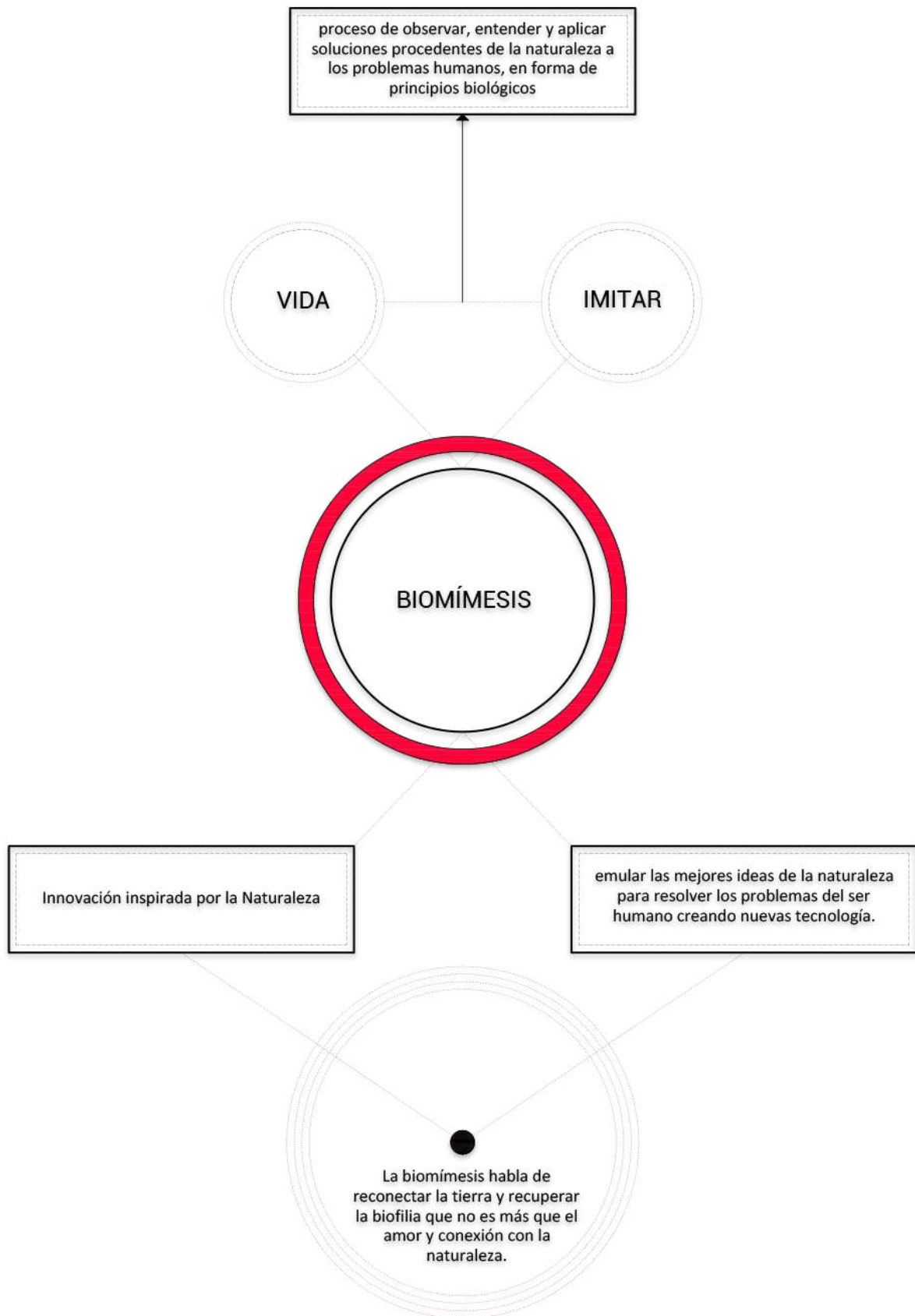


Figura 08. Diagrama, autoría propia.  
Diagrama de representación del significado de biomímesis.

## 2.2 Estudió de la biomímesis aplicada a la arquitectura.

Como lo vimos anteriormente la biomímesis se ocupa de emular las mejores ideas de la naturaleza para resolver los problemas del ser humano creando nuevas tecnologías. *“Se estudian los modelos, sistemas, procesos y elementos presentes en la naturaleza para recrearlos o inspirarse en ellos. Sin embargo, esto no es nuevo. Un claro ejemplo de ello fue Leonardo DaVinci, el cual atreves de la observación de la anatomía<sup>10</sup> de las aves descrita en su libro “Código del vuelo de las aves”, se inspiró y construyó sus famosas máquinas voladoras (Portillo, 2012)”*.

*“La naturaleza tiene más de 3.800 millones de años de experiencia creando formas de vida que se adaptan a todos los ambientes (sentipensante, 2016)”*. Por esta razón no es descabellado tomarla como referencia para plantear distintas soluciones a las necesidades humanas, principalmente sostenibles y autosustentables.

Manuel Quirós dice que, *“si la gente viera y tomaría como ejemplo a los insectos como ingenieros expertos en numerosos campos, nuestro pasado, presente y futuro sería totalmente diferente. La biomímesis habla de reconectar la tierra y recuperar la biofilia que no es más que el amor y conexión con la naturaleza”*.

### *Trenes inspirados en aves*

Ciertos modelos de trenes como la serie 102 del AVE se los denomina pico de pato, aunque en realidad lo correcto sería llamarlo “pico del Martín pescador” debido al ave que inspiró su diseño. El diseño de estos trenes en su parte frontal es alargado como un “pico”, esta morfología<sup>12</sup> le permite tener un diseño aerodinámico que ayuda a alcanzar una mayor velocidad y reducir notablemente el consumo energético.

Así mismo algunos materiales para trenes han sido inspirados en las plumas de los búhos los cuales al volar pueden acercarse a sus presas sin ser detectados debido a que sus plumas aminoran el ruido de su vuelo. Esto ha servido a los ingenieros ferroviarios para tratar de aminorar el ruido que pueden producir los trenes al pasar por un túnel a gran velocidad, controlando así el impacto acústico que estos puedan causar.



Figura 09. Imagen tomada de (sentipensante, 2016)  
Relación entre las aves y el diseño de los trenes por medio del estudio de la biomímesis.

<sup>10</sup> *“La anatomía es una ciencia que estudia la estructura de los seres vivos, esto es, la ubicación y disposición de sus órganos (como los huesos, los músculos y las vísceras) y la relación que existe entre ellos (Equipo editorial, 2021)”*.

<sup>11</sup> *“La biofilia supone la necesaria unión con la naturaleza, es el amor o afición por el medio ambiente (Biolaboro, 2023)”*.

<sup>12</sup> *“Es el estudio y la descripción de las formas externas de un objeto. Se puede aplicar al estudio de las palabras (Lingüística), los seres vivos (Biología) o la superficie terrestre (Geomorfología), (Coelho F., 2023)”*.

### *Textiles*

El creador del velcro, Jorge de Mestral, se basó en el estudio de las semillas del cardo bardana muy común en los parques y bosques que al pasar cerca de ellas se quedan pegadas a las vestimenta, estas pequeñas púas se unen como ganchos. Creando así el popular sistema de adhesión de telas.

Así mismo algunos científicos se han dedicado a estudiar algunos fenómenos de la propia naturaleza, buscando como esta puede adaptarse a la tecnología. Uno de los ejemplos de este tipo de estudios es el de las hojas de loto las cuales repelen el agua para que no moje su superficie y permanezcan como gotas estancadas, esto se da gracias a sus nano pelos que permiten que el agua se deslice por estas. Este estudio se lo pudo adaptar para crear telas repelentes de líquidos, pinturas, superficies, entre otras.

En el año 2000 Speedo, una de las más reconocidas marca de ropa acuática, lanzó el primer traje llamado "Fastskin". El cual lo consiguieron mediante un estudio realizado de la piel del tiburón. Este traje poco convencional permite una gran resistencia del agua en el cuerpo de la persona, así como la disminución de la turbulencia del agua alrededor del bañante gracias a su sistema de costuras, incluso llegando a reducir la cantidad de agua absorbida por el mismo.



Figura 10. Imagen tomada de (sentipensante, 2016)

Relación entre las plantas y el diseño de textiles que repelen el agua por medio del estudio de la biomimesis.

### *Animales*

El estudio de los animales va desde hace muchos años atrás, debido a su adaptabilidad, técnicas de supervivencia, camuflaje, entre otras. Uno de los animales que ha sido muy estudiados por la robótica y la ingeniería han sido los gekos debido a su característica de adhesión a techos y paredes durante horas, esto ha permitido al campo de la robótica crear dispositivos que puedan trepar o adherirse casi a cualquier superficie. Otros de los animales que han sido muy estudiados son los pulpos y camaleones debido a su gran capacidad para camuflarse dentro de su entorno inmediato, gracias a esto se han creado ciertos materiales que pueden cambiar su composición física o de color de acuerdo con el medio donde están ubicados, tal es el caso de algunas pinturas en las cuales a cierta temperatura pueden tener un color u otro.

Así mismo uno de los animales que han sido estudiados por el sector automotriz concretamente la Mercedes Benz, es el del pez cofre para la elaboración de su nuevo SUV. Si bien es un auto casi cuadrado han empleado mediante placas hexagonales y las molduras de la carrocería han logrado un espectacular coeficiente aerodinámico<sup>13</sup> de  $C_x=0.19$ , permitiendo un consumo menor de gasolina del 20%. Además de una solución en forma de urea en el mecanismo del carro que permite reducir las emisiones de nitrógeno en un 80%.

La gran adaptabilidad de los animales a las diferentes temperaturas que tiene nuestro planeta ha hecho que se investigue no solo sus mecanismos de adaptación sino también en el caso de los insectos sus nidos y colmenas. Uno de los estudios realizados es el de las termitas, que necesitan una temperatura de alrededor de 30°C para poder sobrevivir. Esta maravillosa estructura creada les permite habitar el inclemente clima de África, donde la variación térmica oscila entre los 2 °C en la noche hasta los 42 °C en la mañana.

El proyecto Termes, surge a través de la iniciativa de la Universidad de Loughborough. La cual con el objetivo de entender como estas complejas estructuras de las termiteros mantienen una temperatura constante, se escanearon algunos de para obtener una imagen tridimensional de cómo está conformada su estructura para poder ser replicada en el diseño de edificios principalmente en climas de excesivas temperaturas, facilitando su ventilación natural en el día y almacenando su calor en las frías noches.

Así se pueden nombrar un sinnúmero de estudios entorno a la biomímesis y como esta nos ha ayudado a solventar los problemas de los seres humanos, teniendo en cuenta que aún queda mucho por investigar de la naturaleza.



Figura 11. Imagen tomada de (sentipensante, 2016)

Relación entre las animales y el diseño térmico de un edificio por medio del estudio de la biomímesis.

<sup>13</sup> "El  $C_x$  es un número adimensional que se utiliza en aeronáutica y automoción, así como en otros campos que estudian el movimiento de objetos en un entorno con aire. Simplificando, podemos decir que este coeficiente mide la resistencia al viento de un objeto (Plaza, 2023)".



### 2.3 Estudió de la biomímesis aplicada a la arquitectura.



Figura 12. Imagen tomada de (Imaginario, n.d.)  
Diseño de la cúpula de la Iglesia de la Sagrada Familia en Barcelona, España. Diseñada por Antoni Gaudí.

Hoy en día existen muchos proyectos arquitectónicos los cuales se han realizado entorno al estudio de la biomímesis. En forma, estructura, decoración, materialidad, eficacia energética, entre otras.

Uno de los íconos de la arquitectura moderna es la iglesia de la sagrada familia de Antoni Gaudí, la cual se encuentra ubicada en Barcelona, España. La Sagrada Familia de Gaudí fue proyectada a finales del siglo XIX, y hasta el día de hoy no se ha acabado su construcción. Se espera que este templo pueda ser culminado en el primer tercio del siglo XXI.

Este proyecto está pensado a partir de dos ejes fundamentales que conmovían a Gaudí: el discurso cristiano y la observación de la naturaleza. En la cual se inspiró tanto para su diseño estructural como arquitectónico.

*“El aspecto orgánico y estético de las fachadas tanto en su interior como exterior se basa en la observación de la geometría de la naturaleza, debido a esto es que las columnas de asemejan a troncos de árboles, ramas, caracoles entre otros elementos encontrados en la*

*naturaleza (Imaginario, n.d.)”.*

Así mismo se ha tomado un estudio de forma, morfología y composición del nido de un pájaro, en el cual se plantea un proyecto icónico de Herzog y de Meuron que es el Estadio Nacional de Pekín en China en base a la estructura de un nido.

*“El estadio se ubica en el centro del Parque Olímpico, su ubicación en el plano urbano de Pekín fue clave para generar y atraer actividades públicas incluso luego de los juegos olímpicos del 2008 para el cual fue construido. Su forma particular hizo que desde el principio de su construcción se llamado “El nido” por sus propios habitantes (Viva, n.d.)”.*

*“Desde lejos, se puede observar su estructura autoportante que rodea todo el proyecto entre una maraña de pilares, vigas y escaleras. Su forma nace a raíz del estudio de los nidos de pájaros y su estructura la realizan mediante ramas entrecruzadas, generando así una estructura autoportante capaz de tener grande luces entre sus pilares (Viva, n.d.)”.*



Figura 13. Imagen tomada de (Viva, n.d.)  
Estadio Nacional conocido como nido de pájaro de Herzog y de Meuron en Pekín, China.

Muchos de estos estudios aplicados en la arquitectura parecerían ser netamente formales o de estética, sin embargo, en la gran mayoría de proyectos aportan directamente a la eficiencia de los proyectos en tema energéticos, ámbitos constructivos, materiales o su funcionalidad. (Archdaily, n.d.)

Actualmente se puede encontrar muchos proyectos que se basan en el estudio de la biomímesis y que se ayudan del diseño paramétrico<sup>14</sup> como herramienta para llevarlos a cabo, estudiando su morfología, ensamblaje, estructura; mucho antes de ser construidos. Se inspiran principalmente en características de insectos, plantas, microorganismos o estructuras orgánicas. Esta arquitectura paramétrica no solo es capaz de ayudar en la generación de formas orgánicas sino también puede permitir el movimiento de dicha estructura como abrirse o cerrarse de acuerdo con la incidencia solar, condiciones climáticas, programa y función tanto interior como exterior. Muchas de ellas pueden funcionar de forma reactiva al medio ambiente y cambiar su estado para adecuarse al sitio en el cual se encuentran. (Archdaily, n.d.)

Existen también cientos de sistemas que se enfocan en los procesos naturales de animales o plantas los cuales buscan generar sistemas funcionales a modo de una "arquitectura viva", mientras que otros se centran principalmente en elementos formales para generar la estructura o conceptos de diseño e ingeniería.

<sup>14</sup> "El diseño paramétrico es la abstracción de una idea o concepto, relacionado con los procesos geométricos y matemáticos, que nos permiten manipular con mayor precisión nuestro diseño para llegar a resultados óptimos." (Molinare, 2011)



### 3 ARQUITECTURA PARAMÉTRICA, NUEVOS MÉTODOS DE DISEÑO ARQUITECTÓNICO

*"La arquitectura paramétrica es una técnica avanzada de diseño digital que permite introducir una serie de variables o parámetros, como límites espaciales, volúmenes o temperaturas, en un software especializado para manipularlos mediante algoritmos y obtener así diseños geométricos más complejos, versátiles y originales (Reyes, 2017)"*

Huairou Qu, Beijing Shi, China

Figura 14

Fotografía: Xilebaba



*“La arquitectura paramétrica es definida como aquel proceso de diseño que se basa en un esquema de algoritmos<sup>15</sup>, que permiten direccionar parámetros y reglas que definen y organizan la relación existente entre los requerimientos del diseño y un diseño final producto de este proceso (Arq, 2020)”.*

Cuando se habla de arquitectura paramétrica, se habla también del uso de los distintos software y algoritmos especializados que nos permiten ampliar las posibilidades de diseño arquitectónico, creando formas que puedan ir más allá de nuestra propia imaginación.

Se pueden realizar varios estudios como el de incidencia solar (que es la posición del sol en cualquier sitio, y como esta actúa durante los distintos días del año), estudio de viento, humedad, entre otras condiciones que pueden afectar al proyecto.

La información ingresada a los distintos software<sup>16</sup> se transforma en parámetros, los cuales se encargan de la creación de un modelo digital en 3 dimensiones, estos podrían llegar a tener varias formas abstractas respondiendo a los diferentes condicionantes que se le den al mismo.

Por medio de la utilización de algoritmos, es posible crear una fachada llena de curvas y aberturas en las que se puede calcular milimétricamente la entrada del sol o la afectación que este puede llegar a tener para proporcionar un confort térmico ideal para el edificio. Así mismo se puede realizar un estudio de incidencia de viento o acústico, sin dejar de lado el cálculo estructural y su optimización de forma que nos permite no solo el mejoramiento constructivo y estructural del proyecto sino también morfológico de acuerdo con los parámetros ingresados.

El diseño paramétrico a través de algoritmos también se puede utilizar para el desarrollo de muebles, decoración interior, estudios ambientales y de forma, acondicionamiento acústico, entre otras muchas posibilidades.

<sup>15</sup> *“Conjunto ordenado de operaciones sistemáticas que permite hacer un cálculo y hallar la solución de un tipo de problemas (Significados, Algoritmos, 2023)”.*

<sup>16</sup> *“El software es un conjunto de reglas o programas que dan instrucciones a un ordenador para que realice tareas específicas. También se conoce como aplicaciones de software, paquetes de software, herramientas de software y programas de software. El software puede utilizarse para gestionar datos, automatizar procesos y crear aplicaciones o productos informáticos. Su complejidad puede variar desde un simple programa de tratamiento de textos hasta complejos sistemas informáticos que controlan infraestructuras críticas en sectores como la sanidad y el transporte.(Aritmetrics, 2022)”*

### 3.1 Técnicas de diseño arquitectónico y aplicaciones

*“La arquitectura paramétrica plantea una manera distinta de realizar un diseño arquitectónico, cualquiera que este sea; ya que nos brinda un sinfín de posibilidades y oportunidades, antes de llegar al resultado final deseado. La parte sustancial de un diseño paramétrico recae en el proceso, más que en un resultado tangible o virtual al cual podemos llegar (Pacheco, 2012)”.*

La base del diseño paramétrico es la generación de geometría a partir de la definición de una familia de parámetros iniciales también conocidos como algoritmos y como estos interactúan entre ellos para conseguir un modelo en 3 dimensiones o a su vez un estudio estructural, de forma, acústico, entre otros. *“Esto se puede dar por medio de la generación de relaciones matemáticas y geométricas que permitan no sólo llegar a un diseño, sino también generar todo el rango de posibles soluciones que la variabilidad de los parámetros iniciales nos permita (Pacheco, 2012)”.*

*“Las técnicas de diseño paramétrico conllevan un contexto cultural de práctica y aplicación. Además, involucran trabajos multidisciplinares en los que confluyen determinaciones técnicas y estéticas, lo cual otorga una generación flexible y colectiva del diseño que implica una actitud diferente del arquitecto con relación al proyecto, entregando la tarea creativa a un proceso y equipo de trabajo a través de diversos sistemas digitales empleados.” (Alvarado, 2013).*

- Modelación Constructiva (CAD3D – BIM<sup>17</sup>): *“Sirve para realizar configuraciones geométricas con asociación de datos y visualizaciones que pueden ser trabajadas al mismo tiempo con diferentes tipos de ingenierías y que ayuda a simplificar el proceso de diseño de los proyectos (Huang y Xie, 2010)”.*
- Programación Geométrica: *“Son los programas que nos permiten manipular formas geométricas por medio de parámetros o algoritmos, como Grasshopper en Rhinoceros, Generative Components en MicroStation, Digital Project en CATIA (Huang y Xie, 2010)”.*
- Optimización Topológica: *“Nos ayuda para el cálculo de análisis de resistencia<sup>18</sup> de un elemento finito con restricciones y comportamientos, también pueden ser analizados los materiales. (Huang y Xie, 2010)”.*
- Simulación Ambiental: En los programas de simulación ambiental se pueden hacer cálculos de radiación solar, iluminación, ventilación o consumo energético de edificaciones. Hoy en día esto es super importante antes de la construcción de un proyecto ya que nos permite optimizar espacios, costos del proyecto, utilización de materiales; ayudándonos a tener una arquitectura más sostenible.

<sup>17</sup> *“BIM es una metodología de trabajo colaborativo aplicada al sector de la construcción, una colección de datos de un edificio organizados para facilitar la gestión de proyectos de ingeniería, arquitectura y construcción consiguiendo mejoras en el resultado y eficacia en los procesos (Tecnología, 2019)”.*

<sup>18</sup> *“Es la capacidad de un material de presentar oposición, en mayor o menor grado, frente a las fuerzas aplicadas sobre el mismo, sin sufrir deformaciones o rotura. Es una propiedad mecánica de los materiales (Construmatica, 2009)”.*

- Algoritmos Genéticos: “Son las operaciones que evalúan un resultado según una fórmula de efectividad, mediante secuencias evolutivas y generación de forma entorno a estas. (Goldberg, 1998)”.
- Fabricación Digital: “La fabricación digital se refiere a los equipamientos de modelado 3d físicos que ayudan para la elaboración de modelos físicos por medio de información digital. Estos pueden ser a una escala pequeña o muy grande, se pueden encontrar máquinas de resina, PLA<sup>19</sup>, concreto, laser, entre otras. Las cuales, mediante acciones de cortes, solidificación del material, proyección o desgaste realizan el modelo físico 3d que fue proyectado por medio de programas digitales (Goldberg, 1998)”.

El proceso se divide principalmente en cuatro actividades: la definición y parámetros de los condicionantes iniciales pueden ser topográficos, climáticos, programáticos o funcionales; para luego pasar a un procedimiento paramétrico en el cual las distintas variable comienza a lanzar ciertas morfologías de acuerdo con los condicionantes; para luego pasar a la ejecución del procedimiento e interpretación de los resultados arrojados por medio de los algoritmos y variables geométricas que se han dado; finalmente se obtiene un conjuntos de parámetros optimizados y una morfología discretizada que se puede llevar a cabo, existe también la posibilidad de cambiar algunos de los parámetros o variables inicialmente planteados que cambiara toda la morfología del proyecto sin que esta se desligue de sus condicionantes generando así un sinfín de posibles resultados para unas mismas variables y condicionantes. Frecuentemente estas actividades de datos se combinan y definen condiciones mientras se prepara o ejecuta el procedimiento.(Alvarado, 2013)

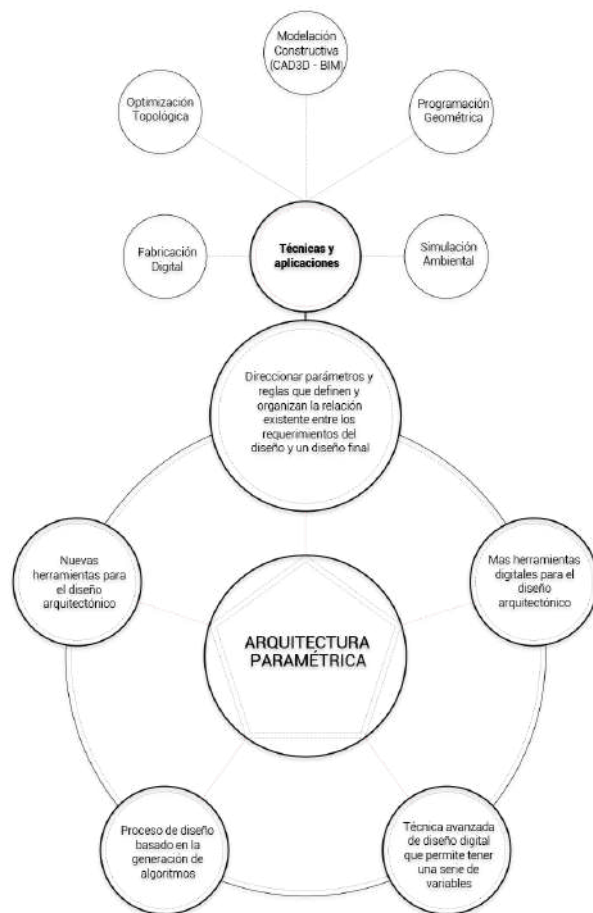


Figura 15. Diagrama, autoría propia.  
Diagrama de representación del significado de arquitectura paramétrica.

<sup>19</sup> “El PLA (ácido poliláctico) es una de las opciones sostenibles que el sector de los termoplásticos utiliza para combatir los problemas ambientales que el plástico genera. Los polímeros son esenciales en nuestro día a día y gira, en torno a ellos, una gran cantidad de industria.(Biopolymers, 2022)”

### 3.2. Aplicación del diseño paramétrico.

La ejecución de un diseño paramétrico en Arquitectura implica un análisis de carácter técnico y funcional, el cual nos permita resolver características globales o parciales dentro de un condicionante de variables para así llegar a determinar una morfología adecuada. Para llegar a esta morfología se requiere un desarrollo conceptual y operativo en el cual se debe conocer la prefiguración del proceso por medio de los algoritmos y variables para así poder llegar a su implementación.

*“La prefiguración del proceso se puede considerar como la determinación de las condiciones relevantes de variación de la forma, mayormente variables técnicas o expresivas, las cuales deben expresarse en términos numéricos y permiten orientar la selección de los procedimientos matemáticos o computacionales. Estas condiciones consideran rangos dimensionales y topológicos, es decir, magnitudes geométricas que prefiguran la forma para establecer campos de búsqueda, con lo que se pueden seleccionar procedimientos existentes o preparar uno, revisando su ejecución y resultados posibles.” (Alvarado, 2013).*

*“La implementación del proceso paramétrico pasa por la selección y elaboración de dichos procedimientos para su verificación y posterior ejecución. Este tipo de programación requiere de una estructuración de datos geométricos, de análisis técnico, luego de ordenación de los resultados para componer las formas, y posteriormente de modelación o visualización final (Barrios, 2006; Madkour et al., 2009)”. De este modo se puede ejecutar un procedimiento paramétrico en distintas fases del diseño arquitectónico.*





Seoul, Korea del Sur

Figura 16

Fotografia: BERK OZDEMIR

# 4 MICELIO

## MATERIAL BIODEGRADABLE Y DE DISEÑO ARQUITECTÓNICO

*“El reino Mycota o comúnmente conocido como Fungi, se refiere al reino de los hongos que constituye, junto con el reino Animalia, el reino Planate, el reino Protista y el reino Monera, los 5 reinos taxonómicos de la evolución biológica o reinos de la naturaleza que engloban todas y cada una de las diferentes formas de vida conocidas en el planeta Tierra (Roldan, 2022)”.*

*“La micología es la ciencia que se encarga del estudio de los hongos, esta estima que existen alrededor de 3 a 5 millones de hongos alrededor del mundo, de los cuales se han estudiado apenas 120.000 especies (BioWeb, 2019) “.*

Enfoque Selectivo De Hongos

Figura 17

Fotografía: Nandhu Kumar



El Reino Fungi incluye una gran variedad de especies de seres vivos, son organismos eucariontes<sup>20</sup>, esto significa que no se mueven, no realizan fotosíntesis y se alimentan por medio de absorción. (Significados, 2022) por esta razón en el pasado a los hongos se los consideraba como parte del reino vegetal, al ser muy parecidos en sus características. Estudios recientes nos dicen en cambio que se asemejan mucho más a las células de los animales a pesar de que estos no tengan movilidad.

Cuentan con una gran variedad de formas, texturas y colores; algunos pueden ser tóxicos, otros pueden causar enfermedades, muchos de ellos son comestibles, algunos pueden ser considerados parásitos, mientras que otros pueden tener la capacidad de trabajar conjuntamente con otras especies a manera de simbiosis para sacar provecho los unos de los otros. Dentro del reino fungi podemos encontrar el moho, levaduras, algas y setas (Hongo).

Por su fácil adaptabilidad a los diferentes tipos de hábitats, desde los páramos a las selvas tropicales son considerados el Reino más grande y diverso de la naturaleza. Los hongos son los principales degradadores y recicladores de la materia orgánica, sin hongos no podría existir vida en la tierra, ya que todos los restos de seres vivos que mueren no podrían degradarse y se acumularían.

En el Ecuador se tiene registro de alrededor de 7700 especímenes, agrupados en 60 órdenes, 115 familias, 472 géneros y 843 especies. (BioWeb, 2019)

Actualmente los hongos son estudiados y utilizados por la industria farmacéutica, alimentaria, agrícola, textil, construcción, entre otras.



Figura 18. Imagen tomada de (Atanasov, 2023)  
Crecimiento de los hongos en su estado natural.

<sup>20</sup> "Eucariota o eucarionte es un adjetivo que se utiliza en la biología para referirse a las células que presentan un núcleo diferenciado, protegido por una membrana y con citoplasma organizado. También se conoce como eucariota al organismo constituido por este tipo de célula (Gardey, 2009)."



#### 4.1. El reino fungi y sus características

Se estima que el reino de los hongos apareció en la tierra desde sus inicios, ya que sus organismos han desarrollado numerosas y diversas características de adaptación a los ambientes más extraños y sorprendentes de la naturaleza. (Roldan, 2022)

Los hongos no son ni plantas ni animales, tampoco son protistas<sup>21</sup> ; no pueden hacer fotosíntesis ni comen. Los hongos son solamente hongos. Juegan papeles preponderantes no solo en la naturaleza sino también en nuestra vida cotidiana.

- *Los hongos crecen en el suelo, superficies, materia orgánica, troncos, piedras, dependiendo del contexto y su adaptación al lugar. No tienen movilidad propia, son incapaces de moverse por voluntad propia de un lugar a otro.*
- *Son organismos heterótrofos<sup>22</sup> , esto quiere decir que obtienen sus nutrientes del exterior. No como antes se pensaba que podían hacer fotosíntesis.*
- *Las células de los hongos son Eucariotas, esto quiere decir que tienen un núcleo celular. (Concepto, 2022) Su pared celular se asemeja mucha a la de las plantas, pero estas no tienen celulosa propia del Reino vegetal sino, la quitina, de la cual está hecha los exoesqueletos de los insectos dándole así estabilidad y dureza a los hongos.*
- *Su reproducción es mediante esporas, estas son células reproductivas microscópicas. Su reproducción en algunos casos puede ser asexual ( sin formación de un cuerpo fructífero) así como también sexual. (Roldan, 2022)*
- *La estructura de los hongos es muy compleja, el verdadero hongo se lo llama micelio, el cual está compuesto por filamentos largos. La parte visible conocida como cuerpo fructífero se llama Zeta, la cual se encarga de la producción y liberación de las esporas.*
- *Su alimentación se da por medio de la absorción de nutrientes que existen en el ambiente. Los hongos a diferencia de los animales generan la digestión fuera del cuerpo mediante la descomposición de estos. Su forma de alimentación varía entre cada especie, unos pueden ser parasitarios (el cual aprovecha todos los nutrientes donde este se encuentra hasta matar al individuo al cual está anclado) , otros descomponedores ( así como su nombre lo indica, descomponen la materia orgánica generando nuevos nutrientes para el suelo y plantas) y otros pueden ser considerados simbiosis (trabajan en conjunto con el organismo al que están sujetos, generando nutrientes y protección el uno con el otro.*
- *Creced de forma distinta, en algunos casos lo hacen sobre troncos a manera de estante, en otros creced como copas o incluso formas planas, pueden tener forma de bulbos o a su vez un aspecto de coral. Existe una variedad infinita de formas y colores, y muchos de ellos aun sin clasificar ni saber el beneficio que puedan ofrecer.*

<sup>21</sup> "Usó esta palabra para designar el conjunto de seres de estructura más simple (protozoos, protofitos), frente a la dicotomía tradicional entre reino animal y vegetal; luego se usó en singular. En gr. significa 'primerísimo'. Se puede considerar sinónimo de protocista (Dicciomed, 2023)".

<sup>22</sup> "Dicho de un organismo: Incapaz de elaborar su propia materia orgánica a partir de sustancias inorgánicas, por lo que debe nutrirse de otros seres vivos; p. ej., los animales y los hongos (Española, 2023)".

#### 4.1.1. Estructura de los hongos

Si bien los hongos son lo más conocidos dentro del Reino Fungi este también incluye la oxidas, tizones, bolas de hojaldre, trufas, mohos, levaduras, entre otros organismos más los cuales aún no han podido ser estudiados en su totalidad ni clasificados por la gran variedad que existe alrededor del planeta.

La mayoría de los hongos crecen como filamentos, estos filamentos se llaman hifas<sup>23</sup>. Cada hifa consiste en una o más células rodeadas por una pared celular tubular. Una masa de hifas son la que luego conforman el cuerpo del hongo, a este se lo conoce como el micelio. (LibreTexts, 2022)

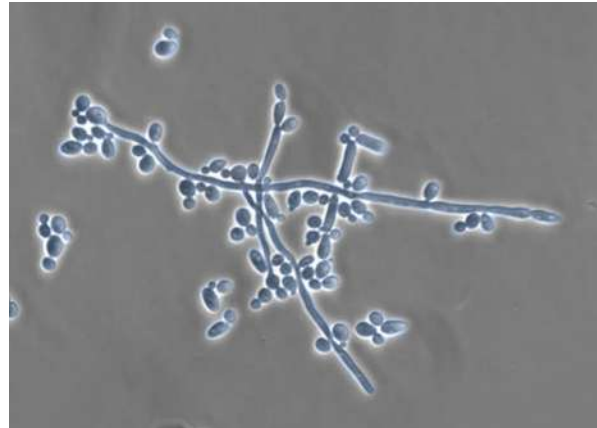


Figura 19. Imagen tomada de (LibreTexts, 2022)  
Estas ramas son hifas, o filamentos, de un molde llamado Penicillium.

Los micelios generalmente varían en tamaño, estos pueden ser microscópicos o muy grandes. Los micelios grandes comúnmente llamados micelio maduro pueden llegar a coexistir en simbiosis<sup>24</sup> con los árboles, esto se da principalmente en los bosques, en los cuales los hongos y árboles trabajan mutuamente para aprovechar al máximo los nutrientes el uno con el otro. Los micelios por sí solos pueden llegar a ser los organismos vivos más grandes de la tierra. Un ejemplo de esto puede ser el comúnmente llamado “hongo enorme” de los bosques en Oregon, Estados Unidos. En el cual su micelio puede llegar a abarcar de 8 a 10 km<sup>2</sup>. Este micelio de hongo se estima que puede llegar a tener alrededor de 2.400 años. (LibreTexts, 2022)

Los cuerpos frutíferos son lo que nosotros llamamos hongos (Zetas), estos solo se pueden ver el momento en que el micelio llega a su madurez. Un claro ejemplo de esta como se lo puede ver en la figura anterior el cuerpo fructífero es el que sale a la superficie y muestra su forma, por el contrario, el micelio se encuentra bajo tierra. Este cuerpo fructífero es parte de la fase de reproducción del hongo, en el cual se producen las esporas que luego serán diseminadas por insectos o por las corrientes de viento.

La morfología de los cuerpos fructíferos de los hongos se da dependiendo de su especie, existen una gran variedad de formas, colores, algunos pueden ser comestibles, mientras otros pueden ser tóxicos por su alta cantidad de toxinas. También existen los llamados hongos dimórficos<sup>25</sup>, o también conocidos como “dos formas”, esto se da principalmente a causa de las temperaturas y contextos donde estos crecen. (LibreTexts, 2022)

<sup>23</sup> “Una hifa es cualquiera de los filamentos generalmente microscópicos que integran el micelio o cuerpo de la mayoría de los hongos, y se considera el elemento estructural fundamental de estos organismos heterótrofos (Etimologías, 2023)”.

<sup>24</sup> “La simbiosis es la asociación o interacción que se establece entre dos o más organismos vivos. En biología se estudia este tipo de asociaciones entre dos o más individuos, sean animales, vegetales, hongos o microorganismos, y de la cual al menos uno de ellos se beneficia (Significados, Simbiosis, 2023)”.

<sup>25</sup> “El término dimórfico, aplicado a los hongos, significa que determinadas especies pueden presentarse bajo dos tipos o aspectos morfológicos diferentes. Se conocen, respectivamente, como fase micelial y fase levadura (Navarra, 2023)”.

Los hongos son los organismos más antiguos del planeta, estos pertenecen al Reino Fungi. La estructura de los hongos varía dependiendo de los distintos tipos de grupo al cual pertenecen.

*“El cuerpo fructífero, cuerpo reproductivo o esporocarpio es la parte del hongo con funciones reproductivas y es la fase sexual de los hongos filamentosos. Aquí se formarán estructuras productoras de esporas, particulares para cada tipo de hongo. Hay cuerpos reproductivos que pueden emerger sobre el suelo, llamados epígeos, mientras que también existen los hipógeos, que son los que crecen bajo él. Este cuerpo fructífero es lo que conocemos como hongo, pero es solo una parte de la constitución de los hongos.” (Osorio, 2021)*

#### *Velo universal*

*“Es la primera fase del hongo cuando empieza el crecimiento de su cuerpo fructífero haciéndolo primero en forma de un botón, que está encerrado dentro de un velo universal. Conforme el hongo va aumentando de tamaño, este velo se desgarrará para liberar el contenido desarrollado, dejando visible al píleo. Pueden quedar rastros del velo sobre el píleo, como es el caso del característico Amanita muscaria de color rojo con motas pequeñas de color blanco, que son fragmentos de velo (Osorio, 2021)”.*

#### *Píleo*

*“Es la parte superior del cuerpo fructífero del hongo, comúnmente conocido como sombrero. Por lo general su textura, coloración y forma difiere a las demás partes del hongo, esta varía en cada tipo de especie (Osorio, 2021)”.*

#### *Himenio*

*“Bajo el píleo o sombrero se encuentra el Himenio en el cual se alojan y generan las esporas<sup>26</sup> que están llamadas a hacer la función de reproducción del hongo. Están divididas por compartimentos que pueden guardar una gran cantidad de esporas. Esta viene a ser la zona fértil del hongo (Osorio, 2021)”.*

*“La distribución y coloración de estos compartimentos es esencial para la identificación de especies. Por ejemplo, las láminas pueden acomodarse radialmente, parciales, o hasta ramificadas. Estas diferencias son las que ayudan a la identificación cuando hay dos hongos muy similares (Osorio, 2021)”.*

#### *Estipe*

*“Conocido también como estípote, es el sostén de la parte superior del cuerpo fructífero, y es la encargada de unir a todas las partes del hongo. Comparado con las plantas o árboles el estipe vendría a ser el tallo del cuerpo fructífero. Este lo ayuda a elevarse del suelo para que sus esporas puedan ser llevadas por el viento y se puedan dispersar de una mejor. Puede tener varias formas, como claviforme, filiforme, cilíndrico, cónico, o hasta esponjosos y huecos (Osorio, 2021)”.*

<sup>26</sup> “La espóra es una célula reproductiva que, principalmente, algunas plantas y hongos pueden producir y que tiene la capacidad de dividirse sucesivamente para acabar formando un nuevo individuo. Se trata de células que no necesitan de ningún otro individuo para dividirse y acabar formando una nueva planta u hongo, por lo que son parte de un tipo de reproducción asexual (Acosta, 2021)”.



### Anillo

“Es la capa que cubre al himenio principalmente, este puede o no presentarse dependiendo del tipo de hongo (Osorio, 2021)”.

### Volva

“En la base del estipe puede quedarse el velo universal a modo residual, formando una copa en torno al píleo. Esta parte es importante también para la identificación, pues suele estar presente en hongos venenosos<sup>27</sup> (Osorio, 2021)”

### Base del estipe

“La base del estipe es la zona que sujeta al cuerpo fructífero al suelo y lo conecta con el cuerpo vegetativo. El cuerpo vegetativo de los hongos está formado por hifas desordenadas que pueden unirse a la madera, conos de pinos, raíces, o a otros medios a los que se asocian (Osorio, 2021)”. Este se encuentra bajo el suelo y se lo conoce como micelio.

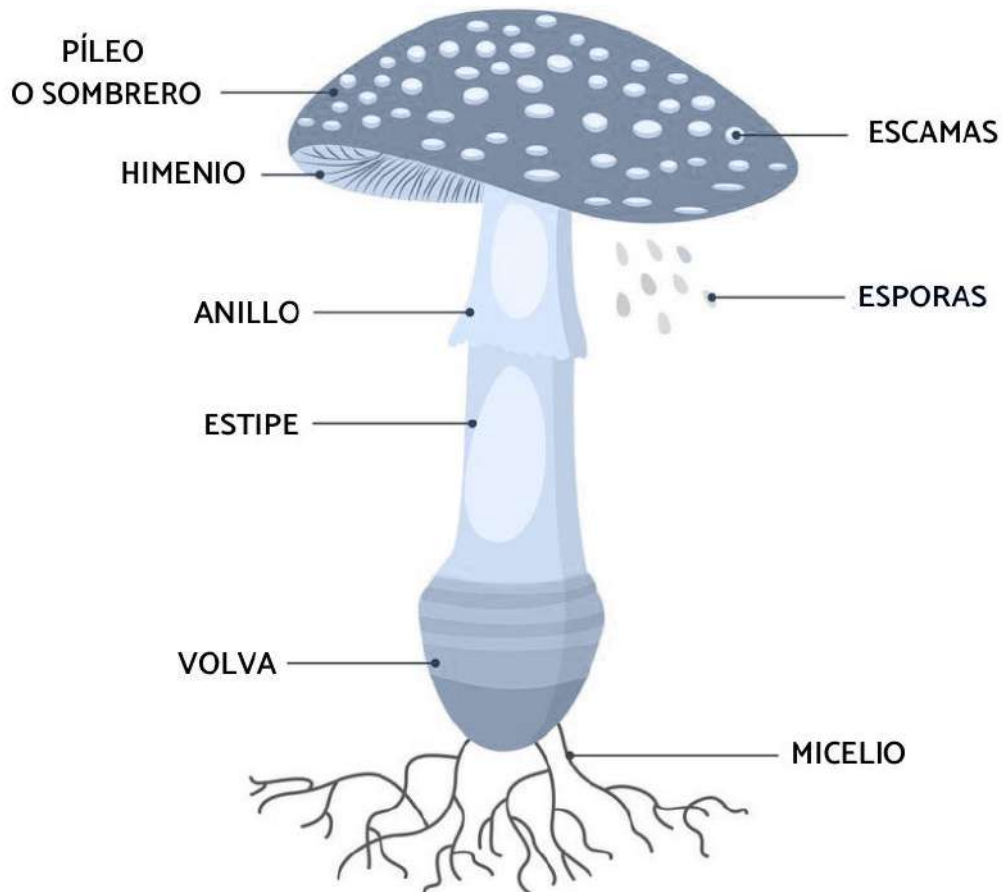


Figura 20. Imagen tomada de (Osorio, Estructura de los hongos, 2021)  
Estructura de los hongos.

<sup>27</sup> “Dependiendo el tipo de hongo venenoso este ataca el sistema enzimático. Las lesiones fundamental se producen en el hígado, adonde va rápidamente, y actúa sobre las enzimas hepáticas. Unos 50 gramos de ingesta de un hongo venenoso pueden ser suficiente para matar a un adulto y menos cantidad, a un niño (Ingrassia, 2020)”.

### *Cuerpo vegetativo*

La estructura vegetativa de los hongos es la que se encuentra bajo la tierra y está conformada por las hifas, septos y el micelio. Esta no cuenta con ninguna función de reproducción, no tiene una forma definida y se la puede llegar a comparar con las raíces de árboles y plantas. Su estructura interna es la que se encarga de llevar a cabo tanto su desarrollo como su crecimiento.

### *Hifas*

*“Las hifas son los filamentos que componen el cuerpo vegetativo de los hongos, y están compuestas por células. Su pared celular está compuesta por quitina<sup>28</sup>. Su crecimiento de da de modo apical (Osorio, 2021)”.*

### *Septos*

*“Los septos vienen a ser las estructuras que dividen a las hifas. Estos se encargan de hacer la recombinación genética del tipo de hongo. Pueden estar o no presentes en su estructura (Osorio, 2021)”.*

### *Micelio*

*“El micelio es el conjunto de hifas, la cual se ha unido y a formado una maraña de filamentos. Se conocen dos tipos de micelio el Haploide<sup>29</sup> y el Diploide<sup>30</sup> (Osorio, 2021)”.*

### *Células esféricas*

*“Dentro de la estructura de los hongos también encontramos a las células esféricas<sup>31</sup>, sin embargo, esta solo se encuentra en los hongos levaduriformes (Osorio, 2021)”.*

<sup>28</sup> “La quitina es uno de los componentes principales de las paredes celulares de los hongos, del resistente exoesqueleto de los artrópodos (arácnidos, crustáceos, insectos) y algunos otros animales (quetas de anélidos, perisarco de cnidarios) (Química.es, 2023)”.

<sup>29</sup> “Micelio haploide: necesita otro micelio primario haploide para que se forme un micelio secundario de carácter diploide (Osorio, Estructura de los hongos, 2021)”.

<sup>30</sup> “Micelio haploide: este micelio es esencial para los ecosistemas, pues ayuda a degradar materia orgánica de desecho. Una vez que madura, puede dar paso a la formación del cuerpo fructífero (Osorio, Estructura de los hongos, 2021)”.

<sup>31</sup> “Células esféricas: Estas células conforman a los hongos levaduriformes. Son organismos unicelulares, así que estas células son su única estructura. Son de forma ovalada y esférica, con un tamaño que va de 6 a 30 micras. Pueden unirse para formar colonias macroscópicas, de consistencia cremosa similares a las colonias bacterianas (Osorio, Estructura de los hongos, 2021)”.

#### 4.1.2.Reproducción de los hongos

Como se vio anteriormente los hongos se reproducen principalmente por esporas. Una de las características principales de los hongos es que algunos pueden reproducirse sexual o asexualmente. Esto quiere decir que los hongos pueden producir células diploides, así como haploides, esto les permiten reproducirse en condiciones totalmente desfavorables. (LibreTexts, 2022)

##### *Reproducción asexual*

La gran mayoría de los hongos se reproducen asexualmente, es decir produciendo esporas. Una espora es una célula haploide<sup>32</sup> producida por mitosis a partir de una célula progenitora haploide. Siendo esta idéntica a la célula parental. Las esporas de los hongos pueden convertirse un nuevos individuos haploides sin la necesidad de ser fertilizados. (LibreTexts, 2022)

Las esporas pueden ser esparcidas por el insectos, agua, pero principalmente por medio del viento. También existen algunas variedades de hongos los cuales expulsan o disparan estas esporas a manera de cañón lejos de su cuerpo fructífero asegurándose así una nueva descendencia sin que esta tenga que competir en el crecimiento con su progenitor. (LibreTexts, 2022)

Las esporas liberadas y que llegan a tierra no gemirán de inmediato, estas esperarán hasta que las condiciones del lugar sean las adecuadas y favorables para su crecimiento.

##### *Reproducción sexual*

La reproducción sexual implica el apareamiento de dos hifas, en las cuales estas se fusionan formando una espora llamada zigospora<sup>33</sup>. Esta cigospora es totalmente diferente a los padres, una vez la zigospora está formada empieza a crear nuevas hifas las que darán paso al micelio y posteriormente al crecimiento de las Zetas.

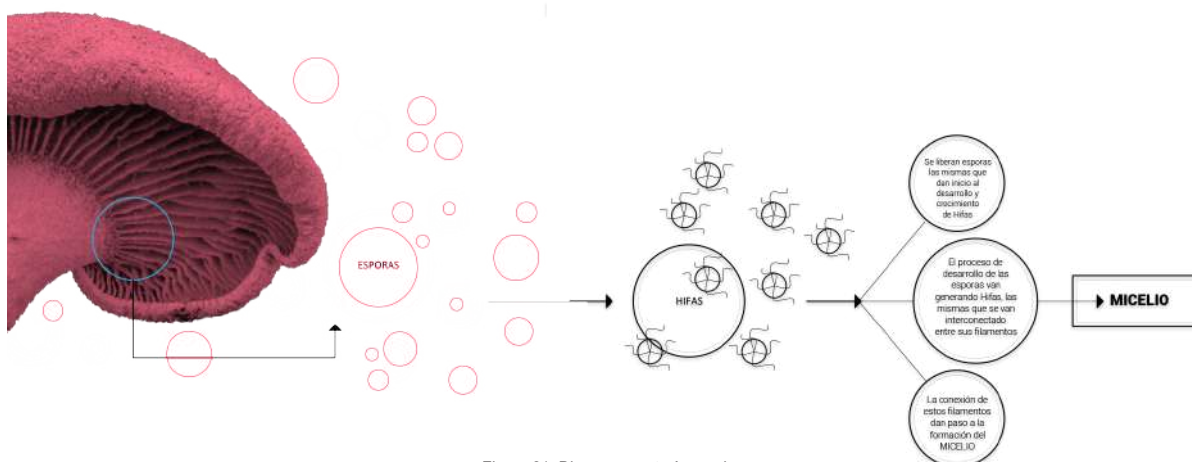


Figura 21. Diagrama, autoría propia.  
Diagrama de reproducción de los hongos y características.

<sup>32</sup> "Haploide se refiere a una célula o a un organismo que sólo tiene un único conjunto de cromosomas. En contraste con los diploides. "Di", por supuesto, significa dos. Así que la mayoría de las células animales y las células de las plantas son diploides (Genome, 2023)".

<sup>33</sup> "Las zigosporas son la parte sexual de un hongo, un chlamydospora es creado por la fusión de los haploides mediante diversos tipos de acoplamiento. Una zygospora sigue siendo generalmente inactivo durante algún tiempo. Cuando el ambiente es favorable, la zygospora germina y la meiosis ocurre produciendo un esporangio en el extremo de una sporangiophora. El esporangio vierte las esporas. Un hongo que forma zygosporas se llama un zygomycete (Quimica.es, Zygosporas, 2023)".



#### 4.1.3. Beneficio de los hongos

En las últimas décadas los hongos comestibles han generado una gran atención como producto alimenticio con excelentes propiedades nutritivas y de beneficio a la salud humana. Esto ha sido el resultado de muchos trabajos de investigación enfocados al estudio de las propiedades de los hongos, entre ellas, sus moléculas bioactivas y sus propiedades antioxidantes.

Los hongos no solamente representan una fuente de nutrientes para los consumidores, si no también se ha demostrado científicamente muchas de sus propiedades medicinales. Por ejemplo, está documentada la actividad antimicrobiana de extractos de distintos hongos contra bacterias que causan enfermedades al humano como: *Escherichia coli*, *Pseudomonas*, *Bacillus* y *Staphylococcus*, entre otras. Estos extractos también han presentado un buen potencial antioxidante. Además, estos compuestos bioactivos de los hongos tienen un efecto antiinflamatorio, anticancerígeno e inmunomodulador, entre otros. (Hernández, 2021)

#### 4.1.4. Biología

En las últimas décadas los hongos comestibles han generado una gran atención como producto alimenticio con excelentes propiedades nutritivas y de beneficio a la salud humana. Esto ha sido el resultado de muchos trabajos de investigación enfocados al estudio de las propiedades de los hongos, entre ellas, sus moléculas bioactivas y sus propiedades antioxidantes.

Los hongos no solamente representan una fuente de nutrientes para los consumidores, si no también se ha demostrado científicamente muchas de sus propiedades medicinales. Por ejemplo, está documentada la actividad antimicrobiana de extractos de distintos hongos contra bacterias que causan enfermedades al humano como: *Escherichia coli*, *Pseudomonas*, *Bacillus* y *Staphylococcus*, entre otras. Estos extractos también han presentado un buen potencial antioxidante. Además, estos compuestos bioactivos de los hongos tienen un efecto antiinflamatorio, anticancerígeno e inmunomodulador, entre otros. (Hernández, 2021)

Como se lo pudo ver anteriormente el Reino Fungí o Reino de los Hongos a lo largo del tiempo se pensó que era parte del reino de las plantas, sin embargo, desde el siglo XIX están catalogados como un nuevo reino. Los hongos son el organismo más grande y antiguo del planeta, tal es el caso de los hongo de miel que se encuentra dentro del bosque de Oregon que según estudios realizados tienen una edad de aproximadamente 2400 años y comprenden una extensión de más de 890 hectáreas aproximadamente.

Esto nos lleva a pensar en la larga vida evolutiva que los hongos han tenido, pero sobre su fácil y rápida adaptación a cualquier ecosistema. Sin embargo, también se los puede considerar como bioindicadores<sup>34</sup>, al ser muy sensibles a los cambios bruscos ambientales principalmente en la calidad de aire. Dicha adaptación y susceptibilidad a cambios bruscos en los ecosistemas no permite tener claro la salud del bosque o medio ambiente donde se encuentra. Ya que se pueden comprobar la cantidad de metales pesados u otro tipos de contaminantes en el suelo.

<sup>34</sup> "Los bioindicadores son organismos o sistemas que son especialmente sensibles a la calidad de distintos factores ambientales y a los cambios de estos. Esto quiere decir que la presencia o no de una especie puede indicarnos que en existe una alta calidad de agua, aire, nutrientes o, todo lo contrario (Brutal.org, 2018)".

Un claro ejemplo de la importancia de los hongos es la relación de simbiosis que pueden llegar a generar con las raíces de las plantas y árboles, en la cual cada uno de ellos trabaja en conjunto para la una mejor absorción de nutrientes, protección, almacenamiento de agua, etc.

Para la aplicación del proyecto se tomará como estudio principalmente al micelio del hongo *Ganoderma Lucidum*<sup>35</sup>, el cual se encuentra a lo largo de todo el territorio ecuatoriano, se encuentra distribuido principalmente en zonas templadas. Este tipo de hongo no solo ha sido como comestible a lo largo de los años sino también como elemento medicinal principalmente en las culturas asiáticas comúnmente llamado Reishi.

Debido su sencillo cultivo y replicación ha sido utilizado para el diseño biológico de materiales en base a su micelio por las características de sus hifas y estructura micelar que tiene una gran resistencia no solo a su manipulación sino también a la fusión que puede tener con otros materiales orgánicos.

Dentro de este grupo de saprofitas<sup>36</sup> existen más de 611.000 especies en todo el mundo. Este tipo de hongo se encarga de degradar la materia orgánica para su alimentación, así como es parte fundamental para plantas y árboles por el proceso de descomposición que esto generan, en la cual se aprovechan al máximo los nutrientes que pueden generar. Esto ayuda a su rápido crecimiento, sin dejar de lado su fácil adaptabilidad a diferentes tipo de sustratos. (Ignacio Fuentes, 2020)

El micelio es la parte vegetativa de los hongos, siendo este el organismo principal de su estructura; las zetas vienen a ser el órgano fructífero o de reproducción del micelio. El micelio se extiende bajo la tierra o la corteza de los árboles formando una red que se asemeja a la de las neuronas, creando así las conexiones con las raíces de otras plantas y árboles.

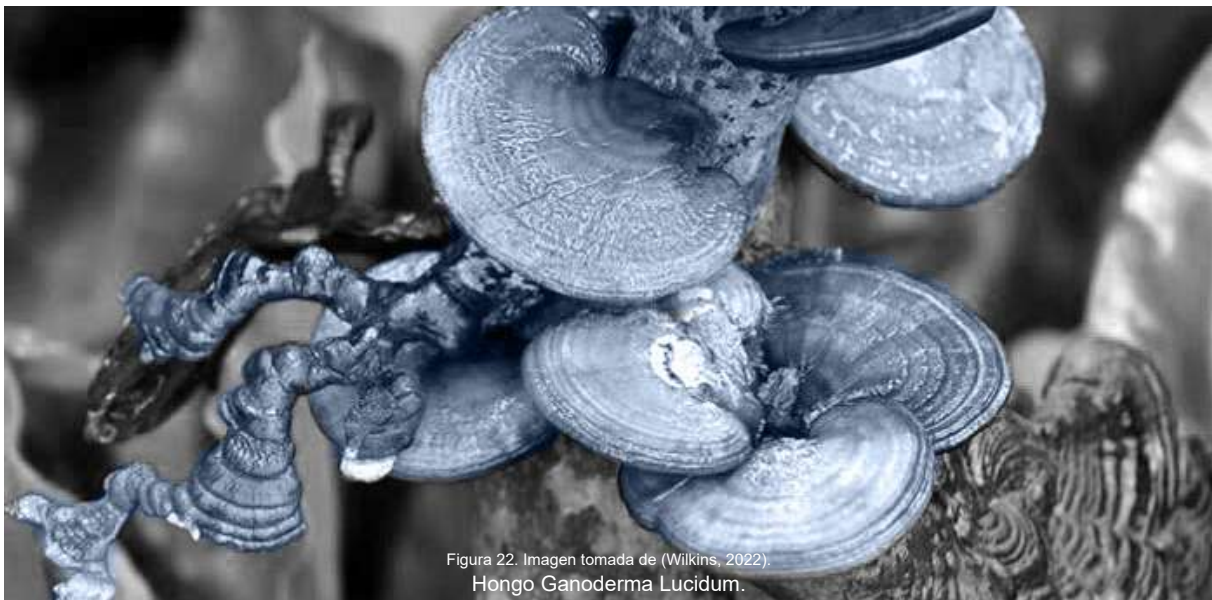


Figura 22. Imagen tomada de (Wilkins, 2022).  
Hongo *Ganoderma Lucidum*.

<sup>35</sup> "El *Ganoderma Lucidum* (*G Lucidum*), también conocido como "lingzhi" o "Reishi", es un hongo que se usa comúnmente en la medicina china tradicional. En China, el *G Lucidum* se administra en la forma tradicional de decocción (triturado y hervido en agua), o en el té o el café. Recientemente se ha elaborado como un extracto en comprimidos y cápsulas para el mercado occidental, debido a que ahora se está usando en los países occidentales con la esperanza de que podría mejorar la salud cardiovascular (NL, 2015)".

<sup>36</sup> "El hongo saprofito es el que se alimenta de materia orgánica muerta o en descomposición. Son los más frecuentes en determinados ecosistemas e intervienen en la mineralización de los restos vegetales para que puedan posteriormente formar parte del humus (Adesper, 2007)".

#### 4.1.5. Clasificación de los hongos

Los hongos se dividen principalmente en tres grandes grupos dependiendo de su modo de vida. Esta está comprendida por los simbióticos los cuales viven en simbiosis con los árboles, los descomponedores los cuales se encargan de la descomposición de la materia orgánica para el aprovechamiento de los nutrientes tanto de plantas y árboles, y los parasitarios que atacan a plantas u otros organismos vivos como los insectos hasta matarlos.

##### *Simbiosis*

Los hongos simbióticos son aquellos que llevan una relación de simbiosis con árboles y plantas, en la cual realizan un intercambio de sustancias para el beneficio de ambas partes. Al trabajar en conjunto aceleran su crecimiento y la producción frutífera. En esta destacan el Niscolo y las trufas. También se los conoce como micorrizas<sup>37</sup>.

##### *Descomponedores o Saprofitas.*

Los saprofitos<sup>38</sup> o descomponedores habitan principalmente en la materia orgánica muerta, así como restos de animales o madera. Este tipo de hongo es esencial en un ecosistema saludable ya que sin ellos la propia naturaleza moriría asfixiada de sus propios desechos.

Algunos de estos hongos son Sapro Paracitos, y se clasifican de acuerdo con el tipo de materia que descomponen estos pueden ser Fimínícolas, Humícolas, Lignícolas, Terrícolas, Practícolas, Folículas, Pirófilas y Cortícolas. (Ignacio Fuentes, 2020)

Este tipo de especies son las más aptas para la fabricación de materiales biodegradables debido a su capacidad de descomposición y auto descomposición, haciendo de ellos los más idóneos para la utilización de su micelio como el nuevo material del presente y futuro.

##### *Parasitarios*

Los hongos parasitarios se caracterizan principalmente por sustraer o quitar los nutrientes donde este crece incluso llegando a matarlos. Este grupo de hongos puede incluso llegar a habitar y crecer en ciertos insectos los cuales perderán sus facultades de movimiento hasta morir.

La principal función de este tipo de hongos es llegar a controlar a su huésped hasta absorber todos sus nutrientes, haciendo que su huésped tenga comportamientos poco usuales la células tóxicas de este tipo de hongos llegan a controlar directamente su cerebro, a estos se los conoce comúnmente por "Insectos zombi".

<sup>37</sup> "Se denomina micorrizas a las asociaciones simbióticas y mutualistas que se crean entre las raíces de las plantas terrestres y ciertos tipos de hongos de suelo. Estos fueron descubiertos en el año 1885 y llamaron la atención de los expertos por su relación, hasta la fecha, excepcional y eficaz. Tanto es así, que se estima que más del 97% de especies vegetales que existen sobre la superficie terrestre están micorrizadas (Acosta M. B., 2021)".

<sup>38</sup> "Proveniente del griego Sapro (putrefacto) y futón (planta), el concepto saprófito representa al conjunto de organismos cuya alimentación se basa en sustancias vegetales en descomposición. De este modo, los organismos saprófitos se distinguen por seguir un tipo de nutrición heterótrofa a base de sustancias de materia muerta en descomposición, principalmente provenientes de la mineralización de restos vegetales, como hojas secas, frutos y madera, entre otros. (Roldán, 2021)".

## 4.2. Micelio, nuevo material para la construcción

Como ya conocemos el principal organismo de los Hongos no son las zetas o cuerpo fructífero como se puede llegar a pensar comúnmente, el cuerpo del hongo es el micelio el cual está compuesto por un conjunto de hifas que conforman la parte vegetativa del hongo. Estos cuerpos se encuentran constituidos principalmente por filamentos pluricelulares llamados hifas, estas pueden llegar a crecer con gran rapidez, según estudios realizados estas crecen 1mm por hora. Este rápido crecimiento de las hifas da paso a una enorme red llamada micelio.

Los hongos son un recurso natural renovable para los polímeros estructurales como la quitina o quitosano<sup>40</sup>. La quitina es una macromolécula compuesta de N-acetilglucosamina y es el componente principal de los esqueletos de los artrópodos, estructuras moleculares bastante resistentes. Las paredes de las células que presentan las hifas y que forman los filamentos del micelio están compuestas por una red fibrosa de quitina y de otros polisacáridos como glucosa, quitosano, mano proteínas, proteínas y glucoproteínas. (Ignacio Fuentes, 2020)

Este micelio al ser la parte vegetativa del hongo viene a ser el equivalente de las raíces de una planta o árbol. El micelio de *Ganoderma Lucidum* si bien se adapta casi en su totalidad al contexto en el cual se encuentra, su crecimiento es mejor en condiciones de oscuridad y con un ambiente de 20C a 25C.

En la última década el micelio y su potencialidad ha suscitado el interés de investigadores y empresas que ven este material, un candidato viable y ambientalmente sostenible, cuyas aplicaciones son muy variadas.

Algunas empresas como MycoWorks y Ecovative design han logrado obtener micelio en laboratorios y convertirlo en un bio-plástico, un material que no genera impacto ambiental ni residuos, un problema común en algunos materiales de construcción que resultan también tóxicos como son las resinas, solventes, algunos tipos de granitos o gases. (coworks, 2022)

El micelio tiene varios usos dentro de la construcción y del diseño: tabiques, paneles estructurales, membranas aislantes, placas acústicas y resulta ser un excelente adhesivo con materiales naturales como el yute o madera, evitando así el uso de resinas volátiles, tan perjudiciales para el ambiente y la salud.

Producir bloques de Micelio es un proceso relativamente sencillo si se tienen las condiciones indicadas para su reproducción, al ser materiales son 100% biodegradables, estos pueden ser introducidos dentro de un ecosistema como bosques, a su vez su descomposición no implicaría un riesgo al ser natural.

<sup>39</sup> "El quitosano, forma desacetilada de la quitina, puede extraerse de diversos organismos marinos, insectos y algunos hongos. Como se mencionó, es considerado un material biodegradable y biocompatible, sin toxicidad o efectos secundarios (Chapingo, 2017)".



El micólogo Philip Ross junto a otros científicos se dedica a estudiar la capacidad de estos y a experimentar su potencial en el uso de la construcción. La micotectura<sup>40</sup> es un tipo de arquitectura viva que aprovecha las posibilidades que ofrece el micelio de los hongos para desarrollar construcciones sostenibles y de bajo costo. (Santiago, 2020)

Este grupo de expertos descubrió cómo hacer ladrillos a partir de hongos en crecimiento que son sumamente fuertes y resistentes al agua, al moho y al fuego.

Aunque los estudios sobre construcciones con este material ecológico y biodegradable todavía se encuentran en fase de investigación, pueden convertirse en importantes aliados de la arquitectura sustentable, la gran apuesta del futuro. (Santiago, 2020)

Actualmente existe una creciente demanda por un cambio de modelo con mejores niveles de sostenibilidad tanto en la construcción como en otras industrias, por lo cual la investigación de nuevos sistemas y materiales de construcción se vuelve cada vez más importante. En el caso de la micotectura y la utilización del micelio en base a todas las investigaciones y pruebas realizadas hasta la actualidad nos brindan un sinfín de posibilidades para su utilización.

Muchos de los materiales tradicionales como son el hormigón y el hierro contribuyen en gran medida a un tremendo impacto medio ambiental para el planeta, su alto costo energético que demanda su producción hace que se busquen e investiguen nuevos materiales alternativos que puedan sustituirlo. En el caso del micelio recientemente se han hecho pruebas de sus características estructurales bajo presión y tracción. En las cuales no es un material muy bueno si se lo pone a trabajar a tracción, contrario a la compresión que puede resistir cargas muy altas antes de llegar a deformarse o quebrarse. Por lo cual ya ha sido utilizado en algunos pabellones como el Hy-Fi tower del grupo de arquitectos The Living, en el cual su diseño tanto estructural como morfológico se encuentra hecho a base de ladrillos de micelio y madera.

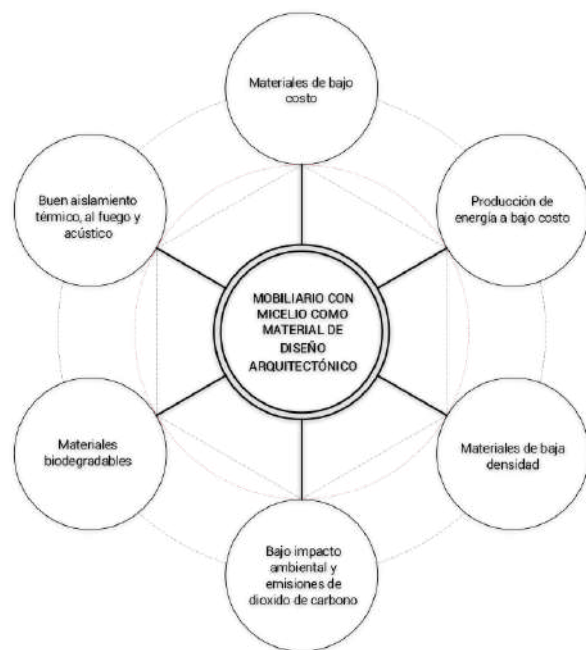


Figura 23. Diagrama, autoría propia.  
Diagrama de características del micelio como nuevo material de construcción.

Una de las utilidades más destacadas en cuanto al micelio ha sido por medio de paneles acústicos, los cuales mediante varios estudios de ondas que se les han realizado, dan al panel de micelio una absorción al sonido mucho más grande por sobre los paneles de foam, fibra de vidrio entre otros comúnmente utilizados en el campo del diseño y la construcción.

<sup>40</sup> "La micotectura es un tipo de arquitectura viva que aprovecha las posibilidades que ofrece el micelio de los hongos para desarrollar construcciones sostenibles y de bajo costo (Inarquia, 2023)".

#### 4.2.1. Propiedades biológicas y características del material.

Una de las propiedades que posee el micelio es la de la anastomosis<sup>41</sup>, el cual es el proceso de fusión entre las hifas de los hongos que forman en conjunto al micelio. Este proceso tiene una gran importancia biológica ya que por medio de este pueden formar simbiosis con las plantas y árboles creando una red infinita de conexiones entre sí. Esto tiene un papel fundamental en la distribución de nutrientes en los ecosistemas, así como con el proceso de degradación de material en descomposición, los cuales si no fueran eliminados tendrían un gran riesgo para el equilibrio en el medio ambiente. (Ceballos, 2022)

La anastomosis es un término comúnmente utilizado en la biología, micología, medicina y geología y se refiere a la unión de unos elemento con otros. En el reino Fungi esto permite la cohesión de varias cepas de un hongo en un mismo sustrato, y a su vez con plantas y árboles. Esto permite crear un solo organismo bajo tierra, llegando a producir así una cohesión total entre sustrato, hongos y plantas. (Fernando, 2017)

#### 4.2.2. Estudio de crecimiento del micelio.

La tasa de crecimiento de los hongos es muy alta, siendo los seres vivos que crecen con la mayor velocidad en el planeta. Pueden llegar a crecer 1 mm por hora aproximadamente si las condiciones son las adecuadas. A pesar de su rápida adaptación a cualquier contexto donde este se encuentre, su velocidad de crecimiento puede variar dependiendo de este, sin dejar de hacerlo rápidamente.

Las hifas son la parte más sensible del hongo y esto se debe a que no están protegidas, siendo muy sensibles a los cambios bruscos de clima. Las condiciones adecuadas para que el hongo se pueda desarrollar se basa principalmente en la temperatura, humedad relativa y proporción de co<sub>2</sub>. Siendo muy importante este último ya que el cuerpo fructífero del mismo hongo puede cambiar su morfología<sup>42</sup> de acuerdo en donde estos se encuentren.

Para su crecimiento necesita sustratos compuestos de lignina<sup>43</sup>, celulosa<sup>44</sup> y hemicelulosa<sup>45</sup> para su óptimo desarrollo micelar. Para el cultivo comercial se lo hace principalmente a base de aserrín y algunos granos que permiten la rápida proliferación y expansión de este. (Arturo Avila Lopez, 2020)

Mediante un algoritmo de generación generativa realizado en Grasshopper se pudo obtener una estructura de hifas en la cual se recrea las primeras fases de crecimiento del hongo antes de la creación del micelio. El algoritmo de crecimiento de las hifas se basó principalmente en los parámetros de crecimiento de 1mm propios del micelio, también se tomó en cuenta este crecimiento en un lapso de 24 horas.

<sup>41</sup> "La anastomosis es una conexión quirúrgica entre dos estructuras. Generalmente quiere decir una conexión creada entre estructuras tubulares, como los vasos sanguíneos o las asas del intestino (MedlinePlus, 2023)."

<sup>42</sup> "En Biología, la morfología se ocupa del estudio de las formas y estructuras que constituyen a los seres vivos en general, como células, bacterias, virus, vegetales, hongos o animales (Coelho F. , Morfología, 2023)".

<sup>43</sup> "Compuesto orgánico básico de los tejidos leñosos de las plantas (Española, Lignina, 2023)".

<sup>44</sup> "Polisacárido que forma la pared de las células vegetales y es el componente fundamental del papel (Española, Celulosa, 2023)".

<sup>45</sup> "Es un polímero ramificado de azúcares de pentosa, hexosa y ácidos urónicos, configurando la matriz en la cual se enredan las fibras de celulosa. Suele encontrarse en el salvado, cereales, granos enteros, mostaza, repollitos de Bruselas, remolacha (Alonso, 2000)".



Para poder visualizar y comprender el crecimiento del micelio se elaboró un algoritmo de crecimiento tanto en 2d y 3d, el cual nos permite observar su tasa de crecimiento en un lapso de 18 días a 1mm por hora que es el crecimiento normal del micelio en su medio ambiente natural. El crecimiento del micelio no se da de una forma ordenada sino totalmente aleatoria dependiendo en el sitio y condiciones donde este se encuentre, así como la unión con otras hifas o micelios que se encuentren a su alrededor.

Esto estudio de crecimiento se lo logró realizar mediante los componentes de población aleatoria en un plano definido, en el caso del crecimiento 2d se lo hizo en un círculo y en el caso del crecimiento del micelio 3d se lo hizo en base a un cuadrado. Para generar el crecimiento tanto en 2d como en 3d se utilizó un algoritmo de unión del camino más corto desde un punto inicial hacia todos los posibles puntos de crecimiento que valga recordar es de crecimiento aleatorio.

Tanto el algoritmo en 2d como el de 3d se encuentra diseñado para que se recree crecimiento del micelio a 1mm por hora, y en la forma que se requiera. Vale recordar que el crecimiento del micelio puede variar de acuerdo con las condiciones del sitio, el área que se quiera cubrir con micelio, el molde que se lo aplique, temperatura y humedad que son otras variables que pueden influir en el crecimiento del mismo.

Para generar el algoritmo de crecimiento 3d del micelio se aumentó un algoritmo de generación de puntos de acuerdo con el tamaño y tiempo estimado en que se podría demorar, empezando por una generación de 300 puntos aleatorios de crecimiento para luego pasar a 1000 puntos de crecimiento a través del camino más corto.

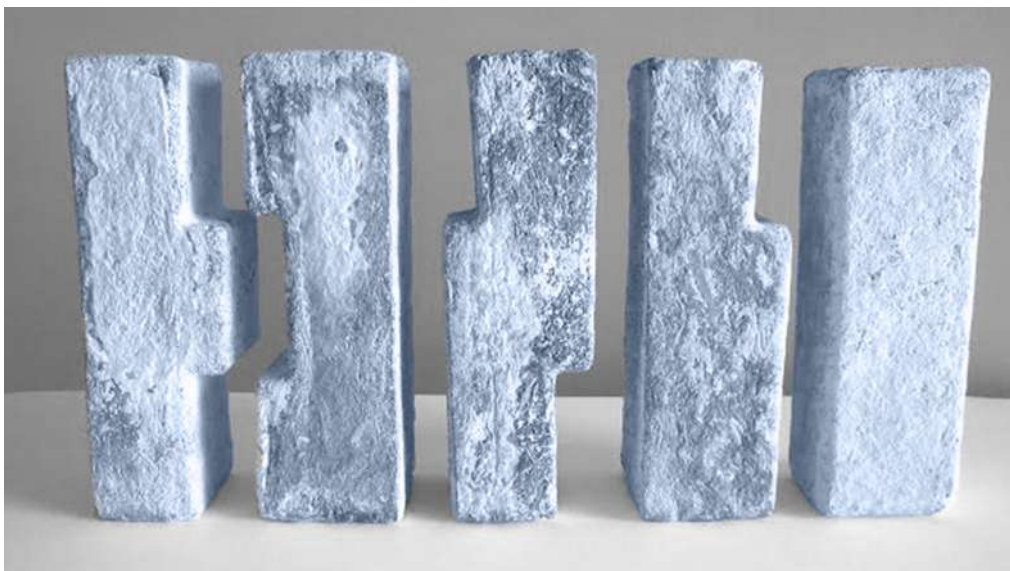


Figura 26 Imagen tomada de (Roth-Johnson, 2014).  
Bloques de micelio cada uno con una morfología diferente.



## CRECIMIENTO DEL MICELIO

1 mm por hora

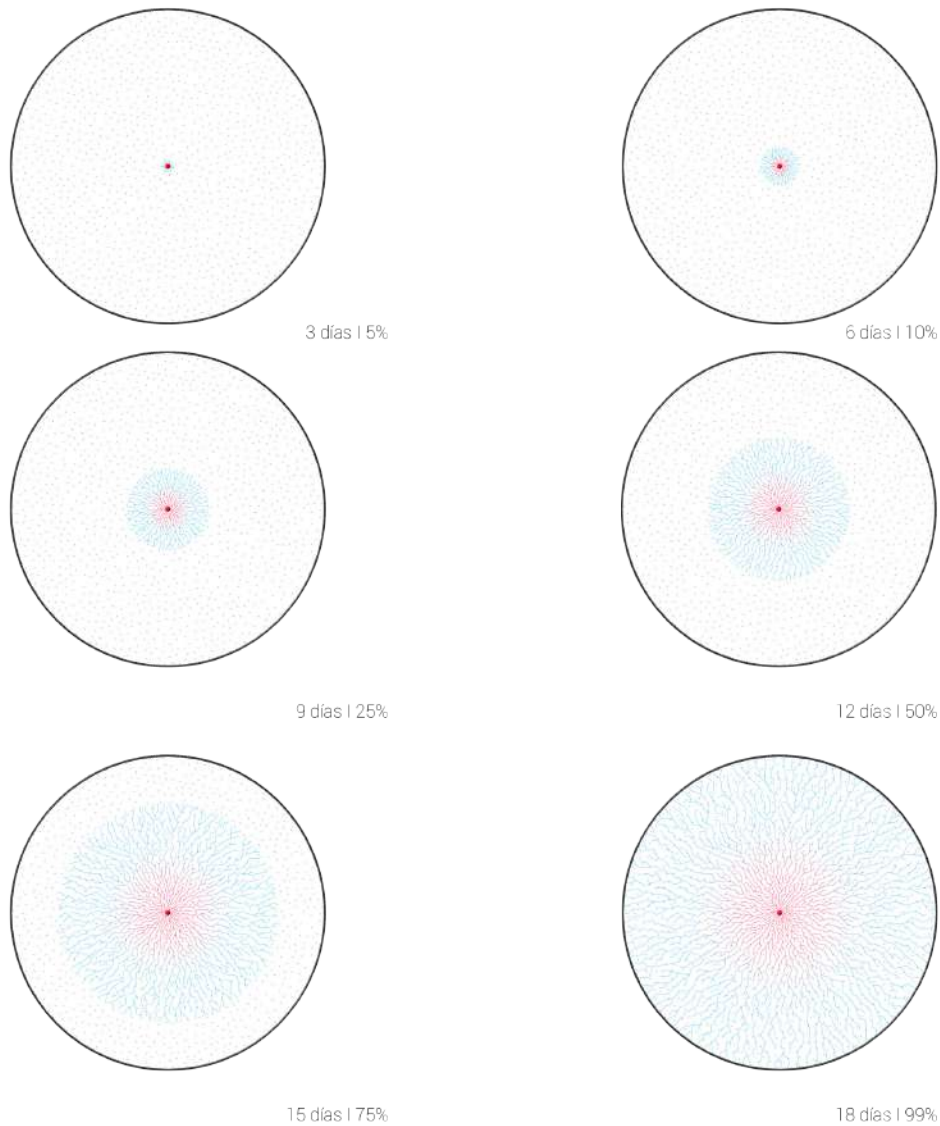


Figura 27. Imagen, autoría propia.

Diagrama de proceso de crecimiento del micelio desde el día 1 hasta el día 18 por medio de parámetros de crecimiento propios del micelio en un estado natural, para la discretización de las mismas se utilizaron algoritmos en el programa Grasshopper de Rhinoceros.

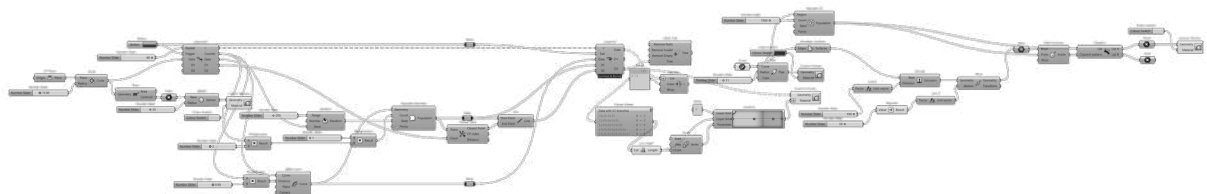


Figura 28. Algoritmo, autoría propia.

Algoritmo de crecimiento generado en el programa Grasshopper de Rhinoceros para el estudio de crecimiento de del micelio al cobo de 18 días.

## CRECIMIENTO DEL MICELIO 3D

300 puntos aleatorios:

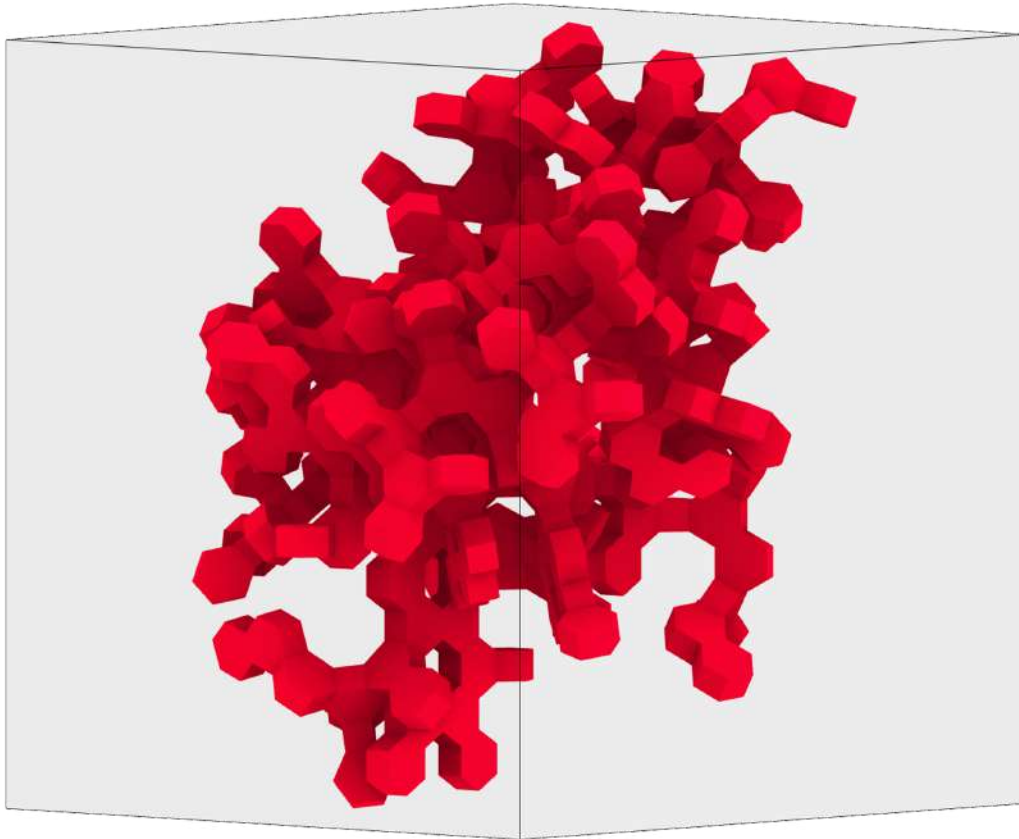


Figura 29. Imagen, autoría propia.

Diagrama de proceso de crecimiento del micelio en 3d en un cubo como elemento contenedor 10 x 10cm al cabo de 5 días, para la discretización de las mismas se utilizaron algoritmos en el programa Grasshopper de Rhinoceros.

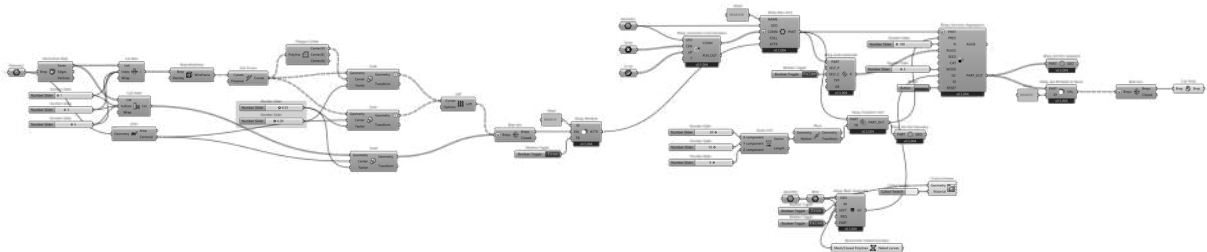


Figura 30. Algoritmo, autoría propia.

Algoritmo de crecimiento generado en el programa Grasshopper de Rhinoceros para el estudio de crecimiento de del micelio en 3D.

## CRECIMIENTO DEL MICELIO 3D

1000 puntos aleatorios

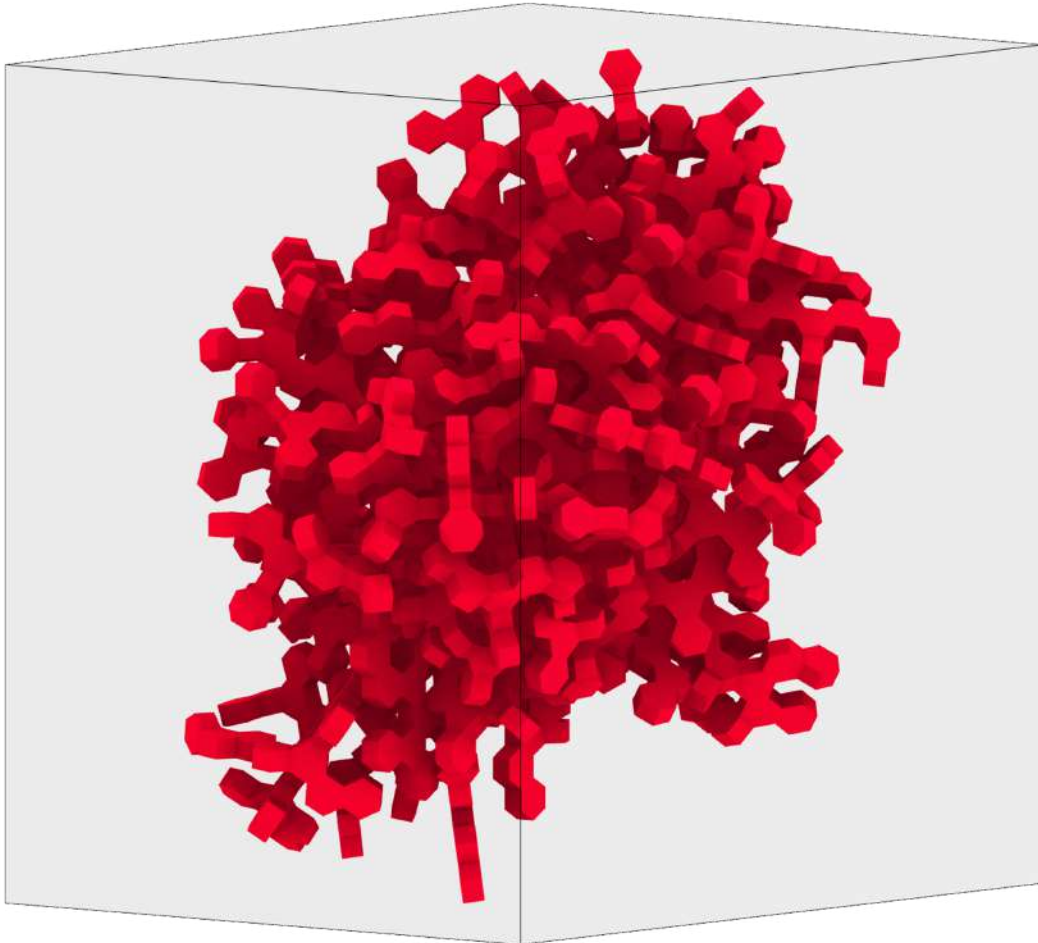


Figura 30. Imagen, autoría propia.

Diagrama de proceso de crecimiento del micelio en 3d en un cubo como elemento contenedor 10 x 10cm al cabo de 10 días, para la discretización de las mismas se utilizaron algoritmos en el programa Grasshopper de Rhinoceros.

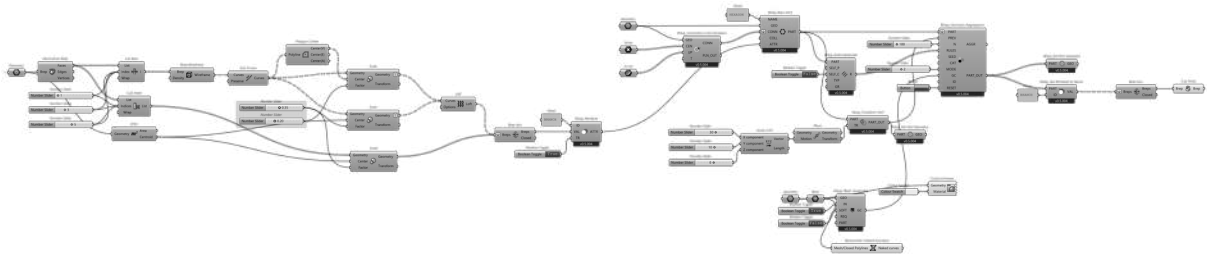


Figura 32. Algoritmo, autoría propia.

Algoritmo de crecimiento generado en el programa Grasshopper de Rhinoceros para el estudio de crecimiento de del micelio en 3D.

En base al algoritmo de crecimiento generado anteriormente y adicionando variables de forma (bloque, esfera, cuerpo en obstrucción con otro cuerpo), puntos de aleatoriedad, tiempo y dimensiones. Se consiguió obtener como resultados el tiempo que le tomaría al micelio apropiarse del molde en el cual se encuentra.

El micelio es un material natural muy dúctil, adaptable y moldeable a cualquier forma que se requiera. Por lo cual hace muy fácil su implementación en cualquier proyecto, así como su diseño de forma la cual nos abre un sinfín de posibilidades de diseño arquitectónico dependiendo el uso que se le quiera dar.

Al ser un material natural tendrá un terminado único dependiendo el tipo especie de micelio que se utilice. Tiene una textura única la cual al venir de un organismo vivo ningún resultado final estético será igual entre sí, brindándonos no solo un acabado único de cada pieza si no también dándole un aporte significativo al diseño final en el cual se lo utilice.

Su fácil producción, fabricación y utilización de acuerdo con las características propias de este nuevo material nos abre un sinfín de posibilidades no solo en el ámbito del diseño arquitectónico sino también para todas las otras industrias que hagan uso del mismo. Razón por lo cual ya se lo está utilizando para hacer mobiliario, textiles, empaques, paneles, entre muchos otros usos.

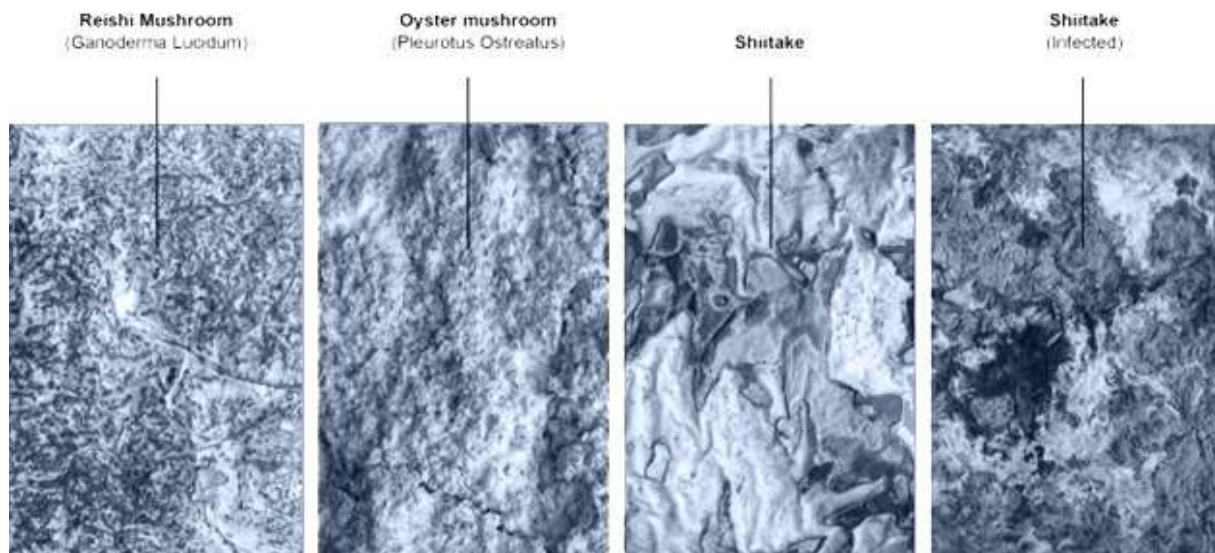


Figura 33. Imagen tomada de (concrete, 2018)  
Distintos tipos de terminado del material de acuerdo el tipo del micelio de hongo que se utilice.



## CRECIMIENTO DEL MICELIO

Bloque de 25 cm x 15cm

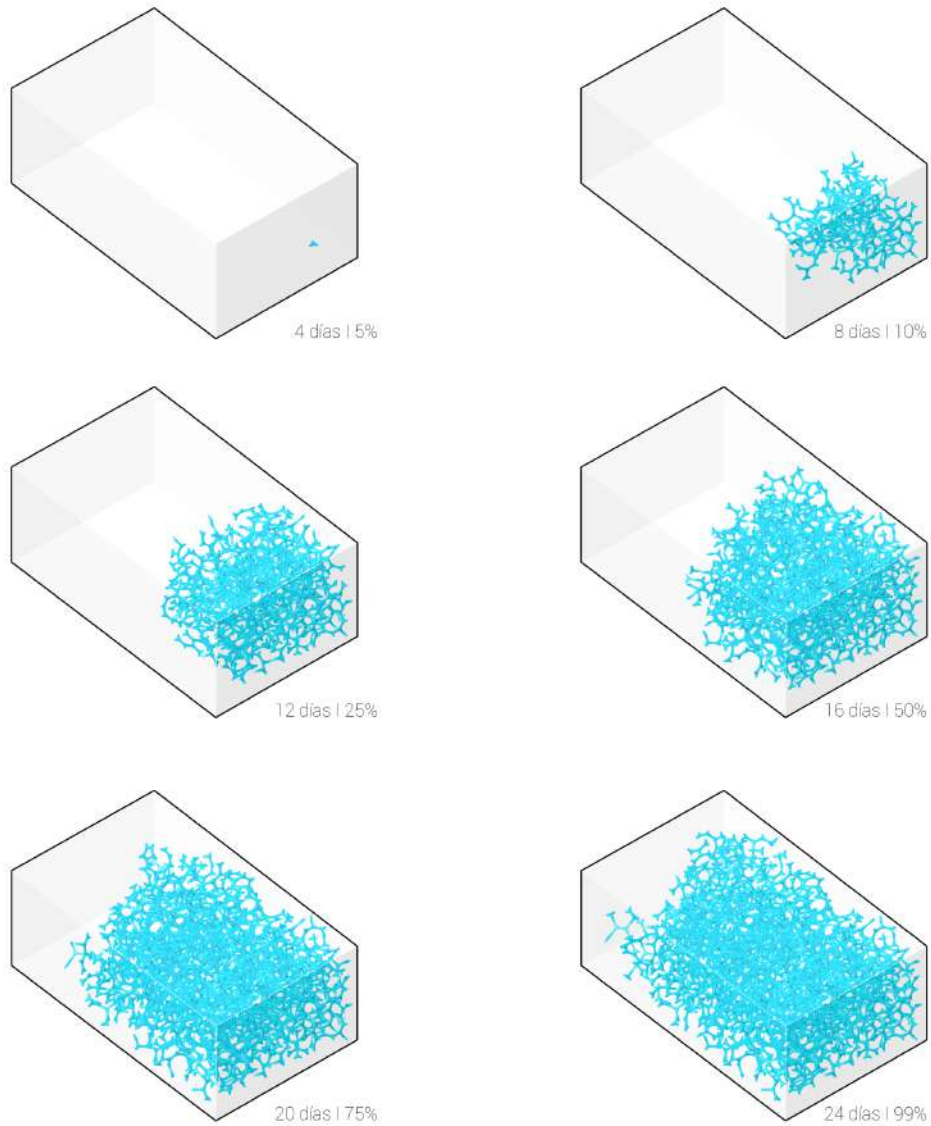


Figura 34. Imagen, autoría propia.

Diagrama de proceso de crecimiento del micelio en un bloque de 25 x 10 cm en el lapso de 24 días, para la discretización de las mismas se utilizaron algoritmos en el programa Grasshopper de Rhinoceros.

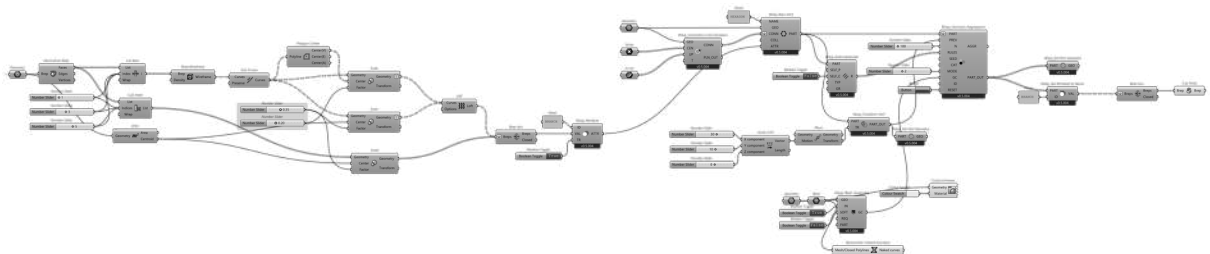


Figura 35. Algoritmo, autoría propia.

Algoritmo de crecimiento generado en el programa Grasshopper de Rhinoceros para el estudio de crecimiento de del micelio en 3d.



## CRECIMIENTO DEL MICELIO

Con un objeto delimitante de crecimiento\

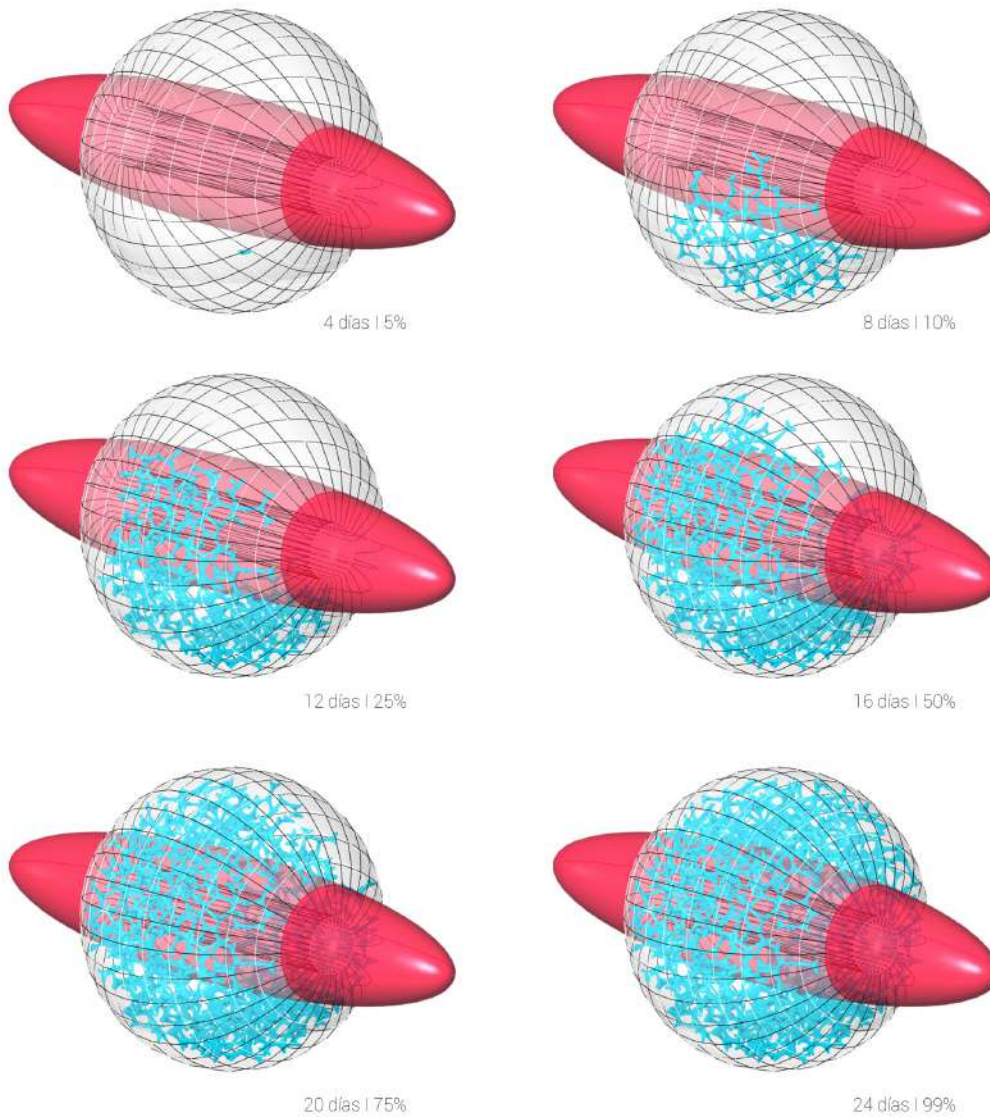


Figura 38. Imagen, autoría propia.

Diagrama de proceso de crecimiento del micelio en una esfera de radio de 12cm con un cuerpo en obstrucción en el lapso de 24 días, para la discretización de las mismas se utilizaron algoritmos en el programa Grasshopper de Rhinoceros

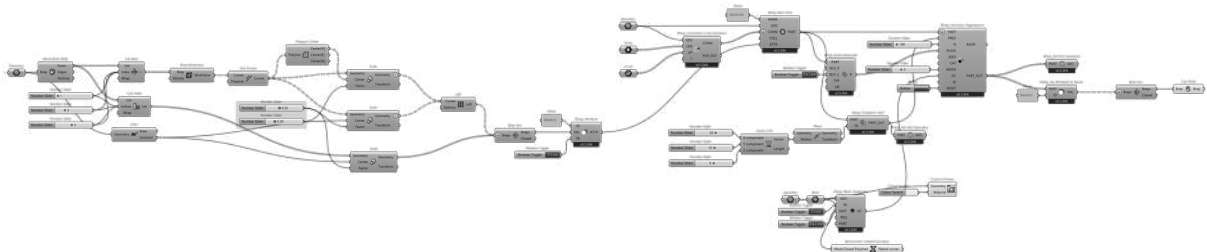


Figura 39. Algoritmo, autoría propia.

Algoritmo de crecimiento generado en el programa Grasshopper de Rhinoceros para el estudio de crecimiento de del micelio en 3d.

### 4.2.3. Fabricación del micelio a partir de un molde.

La fabricación de un bloque o panel de micelio se da a partir de la incubación o crecimiento inicial de micelio en un contenedor previamente esterilizado ya que las bacterias pueden cortar el crecimiento de este. El micelio para su crecimiento necesita de materia orgánica la cual la ira descomponiendo, para ellos se utilizó aserrín y algunos granos de trigo. El micelio tiene un crecimiento acelerado por lo cual se facilita su producción.

Una vez la mezcla entre micelio y materia orgánica se ha realizado, este comenzara a crecer hasta llegar a una etapa madura en la cual se lo puede pasar a cualquier tipo de molde previamente esterilizado, una de las ventajas del micelio es que este puede tomar la forma que se necesite o requiera, ya sea para diseño arquitectónico o en el caso de la industria de tecnología se lo está utilizando actualmente como elemento de embalaje para sus productos.

Al cabo de 15 a 25 días dependiendo del tamaño del molde el micelio se propaga por todo este, vale recordar que en este punto aún se encuentra en estado de incubación y que puede seguir creciendo hasta que sus recursos orgánicos se acaben. Una vez que se extrae el micelio de su molde se lo puede secar en frio o caliente para obtener la forma final, en este punto el micelio para su crecimiento y muere. Al cabo de dos días se obtiene el material listo para su distribución o utilización.

Si bien la aplicación que se le dará al micelio seria sobre un material inerte debido a la características propias que este material nos brinda en el tema acústico, también hay que recalcar que se lo podría utilizar como un material vivo el cual podría seguir creciendo y apropiándose de un diseño arquitectónico en particular, sin embargo, este no tendría las mismas cualidades y características respecto al tema acústico el cual se va a desarrollar.

Un punto importante para tomar al micelio como un material muerto sin dejar de ser natural y biodegradable es debido a que este tiene un tiempo de durabilidad de aproximadamente 10 años, tiempo en el cual puede ser fácilmente reemplazado en caso de ser necesario como se lo explicara mas adelante en el diseño del panel de micelio conjuntamente con su estructura.



Figura 40. Diagrama, autoría propia.  
Diagrama del método de elaboración de un bloque de micelio.



### 4.3. Características del micelio como nuevo material de diseño arquitectónico

El micelio es el principal organismo de los hongos, viene a ser la parte vegetativa de las plantas equivalente a sus raíces, el cuerpo fructífero del micelio es lo que lo conocemos como hongo. El micelio en la naturaleza cumple un papel preponderante ya que se encarga de la descomposición de materia muerta, así como de la generación de nutrientes tanto para plantas como para el medio ambiente. Otra de las características del micelio es la fijación del suelo, haciendo que suelos que sean estables para los árboles y las plantas. El micelio es el ser vivo más grande y antiguo del planeta, su fácil capacidad de adaptación a climas cálidos o secos han hecho de este que se prolifere por todo el planeta.

Durante los últimos años el micelio ha comenzado a ser producido y ocupado por varias empresas de todo el mundo, en base a este se realizan textiles, materiales de construcción, elementos de embalaje, diseño de mobiliario entre otros.

El micelio para el campo de la construcción ha abierto muchas posibilidades no solo por sus características naturales sino también por su bajo consumo energético en su elaboración, así como fácil degradación al ser un material natural. Siendo esta uno de sus principales atributos, ya que en el sector de la construcción muchos de sus materiales tienen un costo energético muy alto, sin contar el enorme impacto ambiental que estos generan. Actualmente los materiales de construcción son de difícil reutilización y degradación por lo cual el sector de la construcción es uno de los mayores contaminantes del planeta, poniéndolo al micelio como un material óptimo para el reemplazo de algunos de ellos.

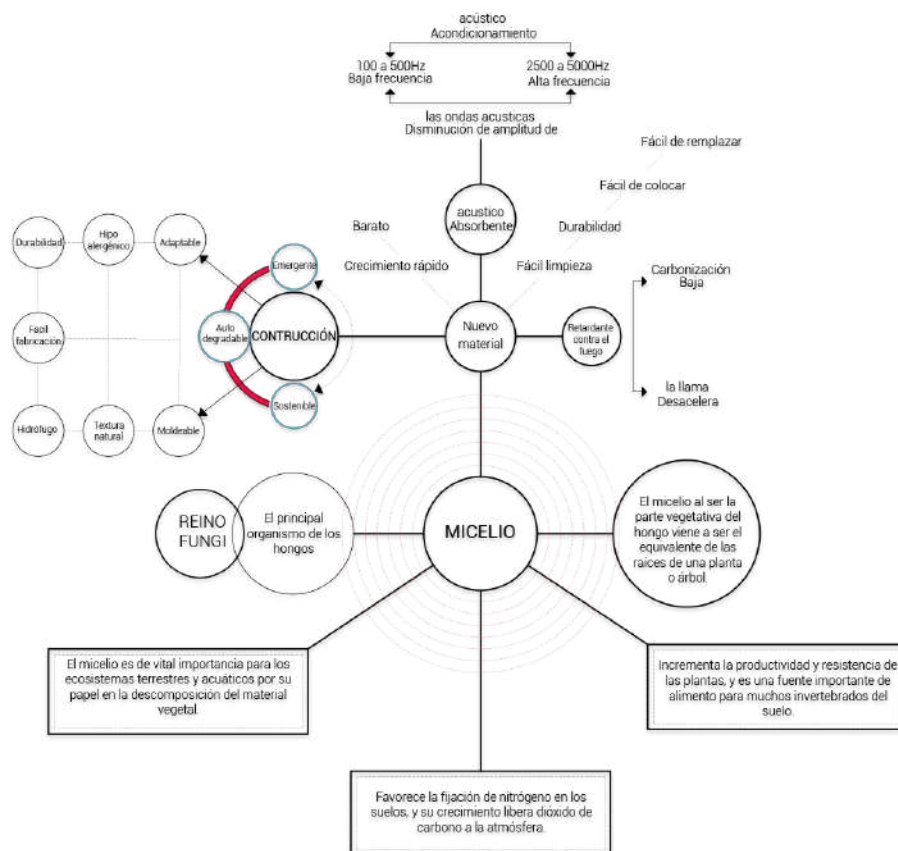


Figura 41. Diagrama, autoría propia.

Diagrama de las características como un nuevo material de diseño arquitectónico y construcción.

Como un nuevo material para la construcción se tiene varias cualidades a resaltar de la utilización del micelio, es un material emergente, sostenible y principalmente bio degradable. Es adaptable y moldeable lo cual abre un mundo infinito de posibilidades no solo para su uso sino también para el diseño de este. Es de fácil fabricación, al ser un material natural tiene 0 emisiones de dióxido de carbono ni consumo energético, por lo cual el costo de este es bajo ayudando esto directamente a su producción en masa. Su textura rugosa le da un acabado totalmente natural y singular ya que al provenir de un organismo vivo cada panel o molde tendrá un distinto acabado permitiendo no solo jugar con sus texturas sino con su cromática. Es un material hidrofugo, esto quiere decir que repele al agua siendo ideal para ser utilizado como reemplazante de la madera.

Entre sus principales características para el sector de la construcción se encuentra que es un material que trabaja muy bien a la compresión pudiendo ser utilizado como elemento estructural en lugar del bloque o ladrillo. Es un excelente aislante acústico, por su gran absorción y disipación del ruido en espacios abierto y cerrados. Así mismo se lo viene también utilizando como un material retardante del fuego por su baja carbonización y lento propagación del fuego.

#### **4.3.1. Micelio, material de insonorización acústica**

En la actualidad la construcción ha sido un detonante para los recursos del planeta debido a la contaminación que generan los residuos de los materiales utilizados en las obras.

Cada acción de construcción tiene un impacto en el medio ambiente. Desde los materiales que elegimos, las tecnologías que utilizamos, hasta las obras que construimos, todo genera gases de carbono que causan el calentamiento global y destruyen el medio ambiente. Por supuesto, no se puede detener las empresas y toda su economía, lo que sí se puede hacer es buscar equilibrar el impacto medioambiental que no solo causamos al planeta sino también por medio de nuevos proyectos que como arquitectos se plantean.

*“¿Todo el mundo actúa como si nada fuera a cambiar, pero todo cambia”? No podría ser más cierto cuando se trata de la construcción y su enfoque de la ecología. El sector de la construcción contribuye a 23% de la contaminación atmosférica, 40% de la contaminación del agua potable, y 50% de residuos en los vertederos. (Dobrowolska, 2021)*

Durante los últimos diez años, podemos afirmar que la industria está cambiando poco a poco su enfoque hacia las preocupaciones medioambientales. Muchas empresas han decidido invertir en tecnologías sostenibles como la energía solar o los materiales duraderos que ayudan a reducir los residuos y a minimizar el uso de energía. Actualmente existen nuevas formas en las que empresas de construcción reduzcan sus huella de carbono sin implicar necesariamente grandes inversiones, los nuevos proyectos arquitectónicos planifican el uso de nuevos materiales los cuales sean sostenibles y no generen tanta contaminación ni residuos al planeta, como puede ser la fabricación de materias primas convencionales y comúnmente utilizadas por el sector de la construcción. Para ello muchas de las grandes constructoras actuales invierten mucho dinero en investigación de nuevos materiales alternativos que puedan ser de bajo costo y puedan sustituir los materiales actuales que tanto daño ambiental causan por medio de la construcción.

Los materiales más utilizados actualmente en la construcción son MDF, laminados, fibro paneles y KOR, los cuales se conforman por 80% fibras, 10% resinas sintéticas, 7% agua y 1% parafinas, lo cual genera un impacto muy considerable en el sector de la construcción a comparación del micelio que se encuentra formado por 90% raíz de hongo vivo, 7% desechos naturales y 3% agua, siendo este un material de alto rendimiento y sostenible que en vez de generar desechos al planeta se auto degrada, reduciendo de esta manera la contaminación ambiental.

El micelio es la parte invisible de los hongos; es decir sus "raíces" que consisten en hilos minúsculos llamados hifas, que forman una red compleja que crece muy rápidamente. El micelio se comporta como un pegamento, cementando el sustrato y transformándolo en un bloque sólido.

Se ha demostrado que el micelio seco es un material muy resistente, capaz de sobrevivir al fuego, agua y otros agentes bacterianos propios de la naturaleza y de los materiales de construcción, lo que lo hace un candidato fuerte como un nuevo material alternativo a los comúnmente llamados materiales de construcción.

La fabricación de bloques o paneles de micelio sería uno de los tantos usos que se le puede dar a este nuevo tipo de material para la industria de la construcción. Es 100 % orgánico y al mismo tiempo compostable, su proceso de bio fabricación de bloques o paneles de ladrillo de micelio al ser un material totalmente natural y biodegradable es mucho más saludable su fabricación para el medio ambiente que los materiales comúnmente utilizados en el sector de la construcción.

Durante los últimos años se han estudiado muchas de las características que lo materiales a base de micelio nos pueden brindar para el sector de la construcción, en la que destacan su gran durabilidad, ser un material hidrofugo y resistente al fuego, pero sobre todo los estudios actuales el que más se ha desarrollado y destacado es a nivel acústico en el cual los paneles acústicos en base a micelio han demostrado tener una mejor absorción del sonido comparado con los comúnmente utilizados en la construcción.

El acondicionamiento acústico es una solución efectiva principalmente para resolver los altos niveles sonoros y de acústica que existen tanto en espacios interiores, así como exteriores. Los ruidos pueden ser generados por maquinarias, bocinas vehiculares, música y hasta por las propias personas.

Cuando las ondas sonoras chocan con superficies duras como techos, paredes y suelos, se producen rebotes que generan nuevos ruidos, que son la repetición de los generados inicialmente y que se reproducen segundos más tarde. (AISTEC, 2023)

Para combatir este tipo de rebotes del sonido que se da principalmente en materiales duros y rígidos se elaboran paneles absorbentes los cuales pueden ser colocados en paredes, techos hasta pisos para ayudar a la disipación y controlar de una mejor el sonido. Entre los materiales más utilizados para la creación de este tipo de paneles esta la lana de vidrio, las espumas, poliuretano, poliestireno, entre otros; algo que tienen en común todos este tipo de materiales es el gran impacto no solo de consumo energético que generan hacia el medio ambiente, sino también la contaminación en su fase de producción, así como de residuos que dejan ya que la gran mayoría de ellos no pueden volver a ser reutilizados y son de difícil de gradación.

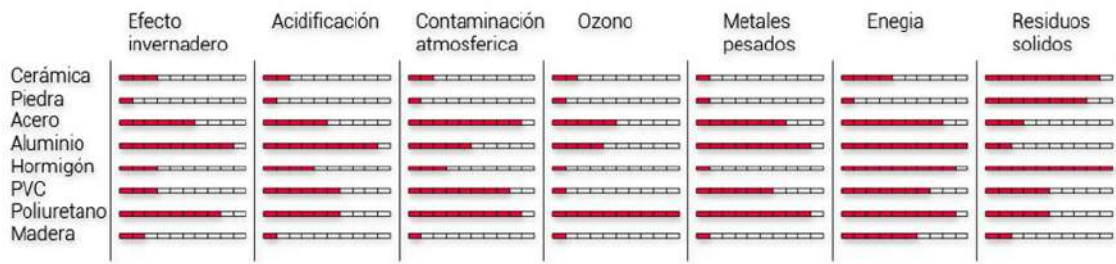


Figura 42. Diagrama, autoría propia.

Diagrama del impacto ambiental y consumo energético de los diferentes materiales de construcción.

En la actualidad empresas como Arup y Mogu especializadas en el acondicionamiento acústicos, han puesto ya a la venta los primeros paneles acústicos a base de micelio en el mundo. Para el director de investigación e innovación de Arup en Europa Jan Wurm nos comenta que, en el entorno construido, tenemos que trabajar con la naturaleza, no contra ella. El sistema de paneleado a base de micelio ayuda a las a realizar la transición hacia una economía circular y a alejarse del modo de funcionamiento “coger- hacer-desperdiciar”. Este sistema permite la reconfiguración sostenible de tanto de espacios interiores como de espacios exteriores para convertirlos en espacios colaborativos y participativos. (Wurm, Julio)

Así mismo nos habla de que nos ayuda a mostrar el camino hacia el uso de materiales más sostenibles en la industria de la construcción, uno de los sectores que más contribuye a las emisiones mundiales de CO2, y que precisa urgentemente un cambio.” (Wurm, Julio)

Los paneles acústicos a base de micelio son fabricados generalmente por el propio tejido vegetativo de los hongos, residuos agrícolas, con madera de haya. Estos 3 elementos se fusionan en la etapa de crecimiento del micelio lo cual crea varias capas de fibras naturales características del micelio las cuales son las que se encargan principalmente de absorber y disipar las ondas de sonido. Al final se les da un tratamiento térmico el cual puede ser en frío o caliente, tras este tratamiento se crea un material duradero, fácil de reemplazar, sin altos costos de producción, bio degradable y totalmente natural. El producto final no contiene ningún tipo de esporas ni es perjudicial para la salud lo cual nos puede brindar entornos seguros y totalmente saludables.

Como podemos ver en el siguiente gráfico realizado por la empresa Mogu de pruebas acústicas realizadas al micelio en comparación a la lana de vidrio y espumas como materiales de confort acústico y los más utilizados del mercado. El micelio sobre pasa totalmente sus características y eficiencia en cuanto al control de los diferentes niveles acústicos, algo que también se debe tomar muy en cuenta es que el costo de producción de un panel de micelio llega a ser menos de la mitad del costo de un panel de lana de vidrio y espuma

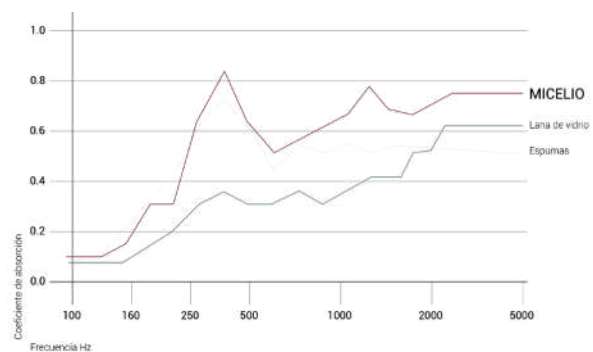


Figura 43. Imagen tomada de (Mogu, 2023) Coeficiente de absorción acústica de un panel de micelio en comparación con la lana de vidrio y espumas comúnmente utilizadas en el sector de la construcción.



sin tomar en cuenta que tiene un costo energético 0 para nuestro planeta.

Como se observar en la figura 46 el panel de micelio actúa de dos formas directas contra el sonido, la primera a ser un material de varias capas de fibras absorbe la gran cantidad de sonido proyectado hacia el sin dejar que este vuelva a salir de este, la segunda forma de acción contra el sonido del micelio es por la disipación y rebote del sonido que no pudo ser absorbido en varias direcciones lo cual hace que el sonido vaya disminuyendo notablemente luego de chocar contra el panel de micelio.

En el Distrito Metropolitano de Quito la normativa para el control acústico es de un máximo de 50 a 55 Hz. En el siguiente grafico podemos observar cuantos decibeles implica cada actividad en el medio ambiente. Dentro del Distrito Metropolitano de Quito la mayor cantidad de ruido y contaminación acústica la tenemos en el Centro Histórico de Quito, esta se da principalmente por el parque automotor y sus bocinas, vendedores ambulantes, música proporcionada por los locales y maquinaria pesada trabajando dentro del Casco Histórico.

Como hemos visto y mencionado anteriormente las características propias de los materiales a base de micelio hacen que este sea material idóneo para el sector del diseño arquitectónico y de la construcción debida a sus características. Ya en el ámbito acústico y sin lugar a duda la implementación de paneles acústicos nos ayudara no solo a combatir la contaminación acústica que existe en el Centro Histórico si no también nos podría ayudar a realzar el entorno protegido y colonial con un material natural y que no tendría una afectación directa ni al medio ambiente ni al contexto histórico en el cual se podría encontrar.

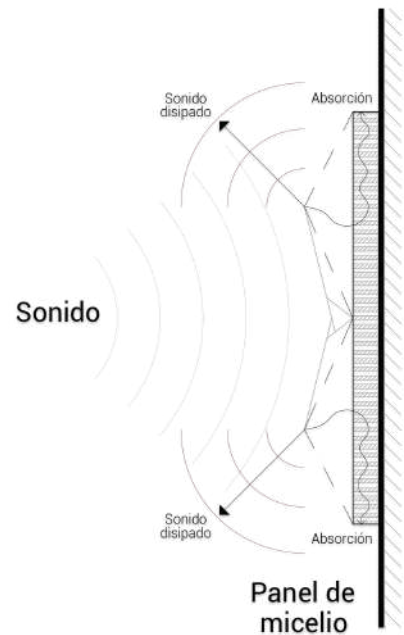


Figura 45. Imagen, autoría propia. Diagrama de absorción acústica de un panel de micelio.

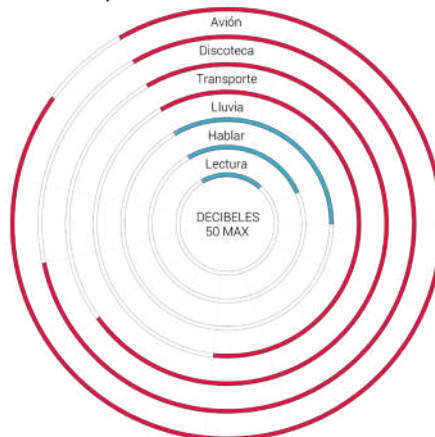


Figura 45. Diagrama, autoría propia. Diagrama de la cantidad de decibeles generados.

#### 4.4 Proyectos realizados a base de la utilización del micelio como nuevo material de construcción.

A pesar de existir un gran potencial en los beneficios que el micelio puede generar aun su utilización no se la explotado en su totalidad, sin embargo, actualmente algunas empresas como DELL han empezado a generar espumas en base de micelio para él envió de sus productos. Actualmente el micelio ha sido utilizado principalmente por artistas y diseñadores para producir muebles, artículos de uso diario, exposiciones artísticas.

Esta poca apertura a la utilización del micelio se puede estar dando a la poca confianza que aun las grandes industrias tienen en los materiales vivos, así como la falta de concientización y difusión de la grandes características ,propiedades y beneficios que este podría brindar a la sociedad. Actualmente a pesar de este crecimiento lento en la utilización del micelio algunos países como Estados Unidos, Italia, Países bajos, Suiza, entre otros; están ya realizando estudios y empleándolo en distintos ámbitos.

##### *MYCOTECH. MYCOTREE.*

Ese una estructura en forma de ramificación hecha en base a micelio. Su geometría fue diseñada a partir de programas 3D, así como su estudio estructural. Dicho estudios arrojaron que los bloques de micelio pueden trabajar bien a compresión, mas no a tracción. Las uniones estructurales del Mycotree fueron hechas a medida por medio de la impresión 3d.

El concepto de “producir, usar y desechar” está tomando mucha fuerza en los último años, principalmente en lo que a materiales de construcción se refiere. Algunos materiales que antes no se los consideraba y tenían poca acogida están presentando nuevas posibilidad no solo en cuestión costos, sino también en diseño e innovación, sin dejar a lado sus propiedades biodegradables y totalmente naturales.

El micelio si bien puede ser un material super débil si se lo trabaja a tracción, estudios realizados con bloque de micelio muestran que es un material que trabaja muy bien a compresión con grandes resultados. (Jung, 2022)



Figura 46. Imagen tomada de (Centre, 2017)  
Proyecto Mycotree, columna estructural a base de micelio en conjunto con la madera trabajando a compresión estructural.

*VESALUMA + STUDIO. GROWN STRUCTURES.*

Para este proyecto Vesaluma en asociación con Astudio crearon una estructura en base a micelio vivo. Se desarrollo una técnica en la cual el micelio al mezclarse con el cartón junto a un vendaje de algodón forma una “salchicha de hongo” vivo.

Esta especie de salchicha se la mantuvo por un lapso de un mes en un invernadero a condiciones apropiadas para su crecimiento. Las zetas vivas en formas de ostras que crecen a su alrededor son comestibles.

“Explorar los potenciales estructurales de los materiales de micelio podría ayudar a configurar un futuro en el que la arquitectura se cultive de abajo hacia arriba en lugar de consumir recursos y generar residuos.” (Mandin, 2022)

*AFJD & RESERCH. THE GROW WITHOUT US.*

Este Proyecto “The grow without us” o “crecen sin nosotros” se dio lugar en el 2009 en Nueva York, estados Unidos. Se basa en un mundo alternativo en el cual lo nuevos materiales arquitectónicos sean regenerativos y biodegradables, así como dinámicos permitiendo que los procesos de diseño tengan una transformación, así como evolución de forma.

Se basa principalmente en la utilización del micelio como elemento de crecimiento y a su vez bio degradable en la cual se anticipa a una futura demolición y que esta pueda luego ser utilizada como material de descomposición para los ecosistemas locales.

El proyecto se base en la composición de una pared de ladrillo, unidas monolíticamente por el propio micelio. Al ser una pared viva esta produce naturalmente zetas del hongo ostra blanco, pudiendo proveer una fuente de alimento natural, así como de soporte estructural. (Dahmen, 2022)

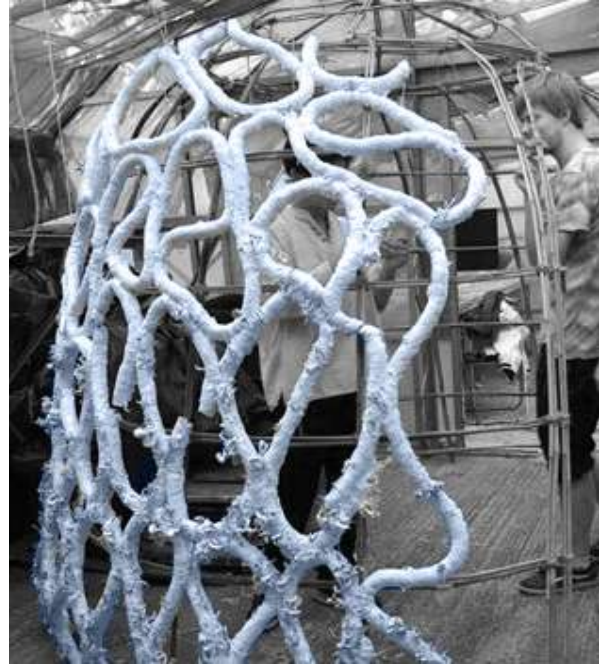


Figura 47. Imagen tomada de (collective, 2017)

Proyecto Grown Structures utiliza al micelio como un material vivo en el cual deja que se fusione uno con otro por medio de este tipo de sistema de “mangueras” para formar una sola estructura viva.

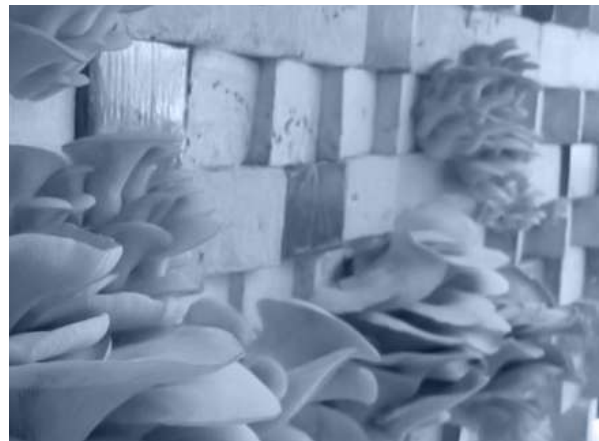


Figura 48. Imagen tomada de (Centre, 2017)

Proyecto The grow without us de AFJD & Research arquitectos en el cual se utiliza al micelio como un material y en forma de bloque vivo, en el cual no ha recibido ningún tratamiento de frio o calor para parar el crecimiento del micelio dejando que este pueda mostrar su cuerpo fructífero.

### *PANELES ACUSTICOS POR MOGU.*

La empresa Mogu es una de las pioneras en realizar y poner a la venta paneles acústicos en base al micelio. El principio en el cual se basa el desarrollo de esta empresa es que la inteligencia de la naturaleza es la que debe darnos el diseño de cada producto que se pueda necesitar.

Uno de los principios de Mogu como empresa ha sido el estudio y creación de materiales naturales, autosustentables y que todo con un impacto 0 para el medio ambiente. Mogu se encarga de diseñar productos totalmente naturales los cuales puedan realzar no solo el diseño arquitectónico de los distintos proyectos sino también brindarles una función o característica nueva en este caso el control acústico.

El diseño de paneles acústicos en base a micelio lo realizan a partir del estudio de formas inspiradas en la naturaleza, recientes estudios y avances en el estudio del micelio dependiendo con qué tipo de elementos se lo fusione puede llegar a tomar colores distintos, no solo limitándonos a su blanco natural y propio del material, sin embargo, esto ya quedaría a gusto de la persona que lo utilice.

### *PHIL ROSS, MYCOWORKS. MYCROTECTURE.*

Phil Ross es un artista el cual durante varios años se dedicado al estudio de los hongos y como estos podrían generar nuevos materiales.

Al micelio se lo puede trabajar de dos formas, la primera como un elemento vivo y de rápida propagación, así también como un elemento solido en el cual el micelio para su crecimiento y se lo podría utilizar de diferentes formas incluso como aislante térmico y acústico. Su fácil moldeabilidad permite crear un sinfín de formas quedando perfecto para el diseño de mobiliario.



Figura 49. Imagen tomada de (Mogu, Paneles acusticos, 2023)  
Paneles acústicos de micelio de la empresa Mogu.



Figura 50. Imagen tomada de (Capon, 2023)  
Diseño de mobiliario a base de micelio por el micólogo Phil Ross.



## THE LIVING. -HY – FI TOWER

Es una torre diseñada por el estudio The Living, para el concurso del MoMa. El diseño de este proyecto se encuentra construido principalmente por materiales reciclables, principalmente por ladrillos de micelio.

Los ladrillos que conforma la HY – FY Tower se hicieron por medio de la empresa Ecovative, en las cuales se utilizaron subproductos agrícolas y micelio de hongos. En la parte superior de la torre se utilizaron ladrillos reflectantes para que la luz rebotase al interior del proyecto. En la composición de la torre se dejan algunos huecos de ladrillo que ayudan a la ventilación natural permitiendo que el aire caliente sea expulsado por la parte superior de la torre. (Ignacio Fuentes, 2020)

La torre de ladrillo estuvo conformada por alrededor de 10.000 ladrillos, con una altura aproximada de 12 metros de alto. Siendo este el proyecto más grande que se ha hecho en base al micelio.



Figura 51. Imagen tomada de (Metaculos, 2014)

El proyecto Hi-Fi Tower del grupo de arquitectos de Livin en el cual se utiliza al micelio como un material estructural y en forma de bloque.





Figura de un hongo conjuntamente con su micelio

Figura 52

Fotografía: Fungi Land



# 5 CENTRO DE LA MOVILIDAD

## LA PLAZA CHICA

*Anduc vili sent. Odi iliam clerena  
tabenatquod num ora adducto mora? At grae cu-  
pioris mo ubliquam Romnis aus. Catus, uterit. Vere  
pubis aut rente, nit inatlici orebat fina manum con  
vigilic tusustr iorumus; C. Emoereh ebatam tea ta-  
nunum Romandius, cotili cem nostus arent, num  
ortis reniurs orisqua oculus Ad cultod mernime priv-  
erce teribut fura dint.*

*Nenissulica vis ocutemper ac fui publis  
publicae condii et L. Quit. Nonsidi entern, ut L. Si-  
musqua mod apermis cas pri, nosturae firiamene  
con demo et; eti. Catquam enam quamenim pubis  
cris crei publientere publiam Patili publistios C. Ro  
ad iam horemque opon Etrae effrei cipsesente*

Distrito Metropolitano de Quito

Figura 53



### 5.1. Centro Histórico de Quito, contexto e historia.

Ubicado en el corazón del Distrito Metropolitano de Quito el Centro Histórico es el más visitado por turistas en el Ecuador.

El Centro Histórico de Quito es el mayor conjunto patrimonial de América Latina, contiene alrededor de 130 edificaciones monumentales y más de 5.000 inmuebles registrados como patrimonio histórico; por esta razón, fue declarado Patrimonio Cultural de la Humanidad por la UNESCO en 1978. (Raymi, 2023)

Dentro del Casco Histórico de Quito se pueden encontrar Museos, iglesias, conventos, monasterios, teatros, hoteles, restaurantes entre otros. El Centro de Quito es el mejor conservado todo el mundo, su arquitectura colonial, calles estrechas y balcones nos trasladan automáticamente a como fue la vida de sus habitantes durante la época colonial. Sus iglesias bañadas en oro en conjunto con sus museos cuentan la historia de Quito, el catolicismo muy fuerte en esa época destaca su arte, piezas históricas, esculturas que se las puede observar en los distintos museos dentro del Casco Histórico.

Dentro del Centro Histórico de Quito podemos encontrar alrededor de 24 iglesias de las cuales la Iglesia de San Francisco, la Iglesia de la Compañía de Jesús, La iglesia de la Merced, la Iglesia de Santo Domingo, la Basílica del Voto Nacional y La Catedral Metropolitana de Quito son las más visitadas por turistas nacionales y extranjeros. Estas joyas arquitectónicas fueron construidas hace más de 100 años conservando su belleza a través de los años destacando su arquitectura colonial y piedra tallada.

Sus plazas y calles de piedra cuentan su propia historia entre fabulas y leyendas que trasladan a propios y extraños a la época colonial. Entre sus principales plazas tenemos la Plaza de la Independencia, la Plaza De San Francisco, la Plaza Chica, La Plaza de Santo Domingo, La Plaza del Teatro, entre otras. Son lugares donde se puede ir no solo a apreciar la arquitectura, cultura y tradiciones, sino también a tomar un descanso y disfrutar de la calidez de su gente.

En los museos podrás tener una experiencia llena de cultura donde podrás conocer desde la moneda más antigua hasta el personaje más importante del Ecuador, hermosas y maravillosas obras de arte, en realidad es mucho por conocer. (Raymi, 2023)

Al Centro Histórico de Quito se puede ingresar principalmente por las distintas estaciones de Trole Bus las cuales se distribuyen estratégicamente por todo el Casco Histórico de la cual destaca la ubicada en la Plaza Chica y Plaza del Teatro. Así mismo se puede ingresar por medio de transporte público y privado, sin embargo, no existen muchos estacionamientos donde la gente pueda dejar su auto.



Figura 54. Imagen, autoría propia.

Limites del Centro Histórico de Quito comprende una superficie de 375,2 hectáreas, dentro del Distrito Metropolitano de Quito. Declarado por la UNESCO como Patrimonio Cultural de la Humanidad el 8 de septiembre de 1978.



## 5.2.La Plaza Chica contexto y movilidad.

La Plaza chica se encuentra ubicada en el corazón del Centro Histórico de Quito, cerca de la plaza grande y el palacio presidencial, entre la calle Espejo y la calle Guayaquil. Es una de las plazas más importantes dentro del contexto del Centro Hstórico de Quito ya que una gran cantidad de personas transitan y se quedan ella.

A pesar de no ser una plaza de gran tamaño como la plaza de San Francisco o lo de Santo domingo tiene una gran importancia dentro de la circulación dentro del casco histórico. Es una zona muy visitada por turistas, así como transeúntes que llegan por medio de la estación del Trole Bus. Muchos de sus visitantes visitan los distintos restaurantes y tiendas aledañas, así como también toman un descanso en sus bancas mientras observan la arquitectura colonial del Centro Histórico mejor conservado del mundo. (conocer, 2016)

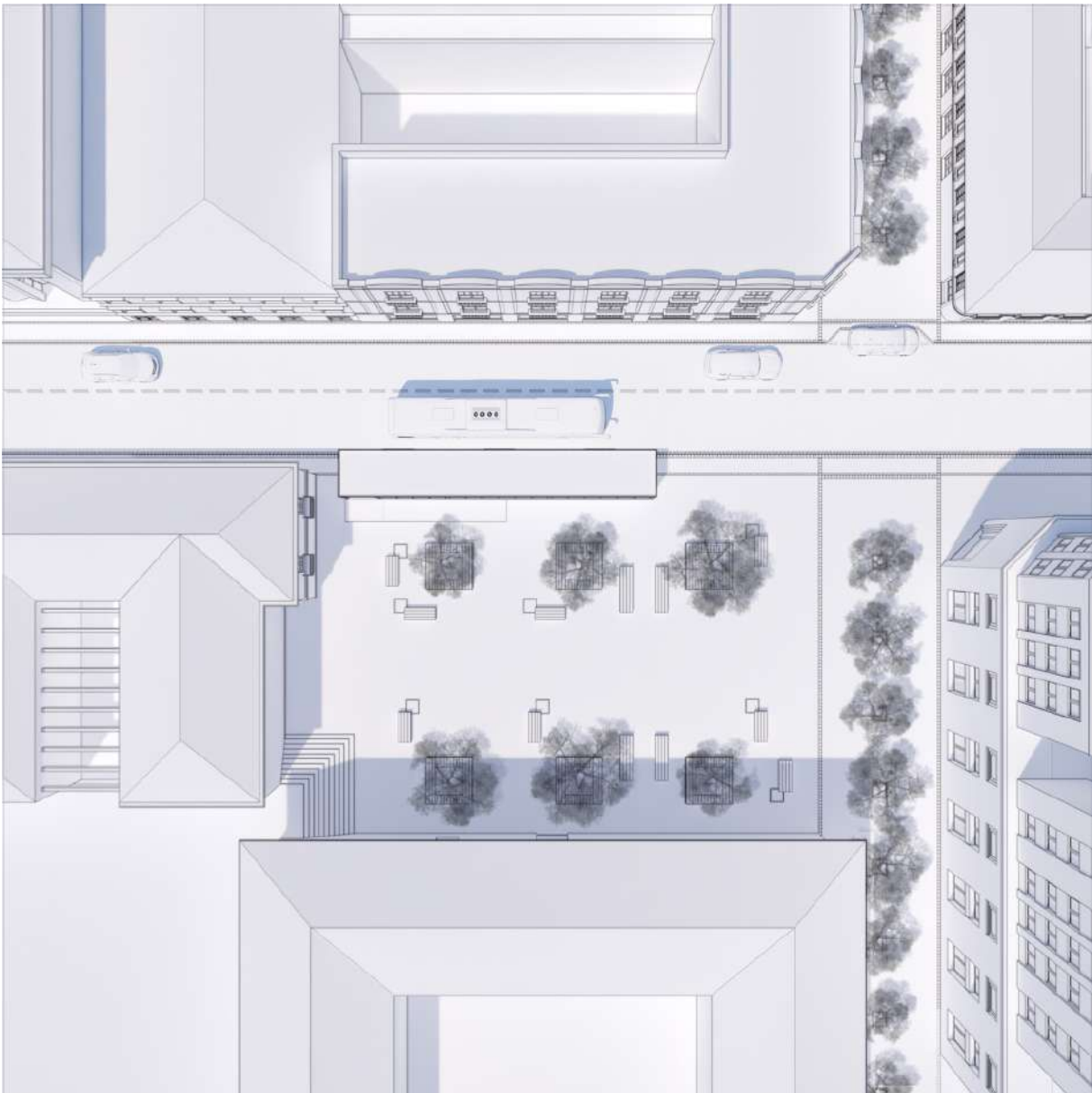


Figura 55. Imagen, autoría propia.  
Vista aérea de la Plaza Chica (actual) dentro del Centro histórico de Quito.



A pesar de todas estas cualidades dentro del Centro Histórico de Quito y concretamente en la Plaza Chica existen muchas problemáticas. Los niveles de contaminación tanto acústica como de smog es muy alta, la delincuencia y el deterioro de su mobiliario urbano, así como la movilidad en torno a esta es muy austera y no brinda el confort y las necesidades de sus usuarios.

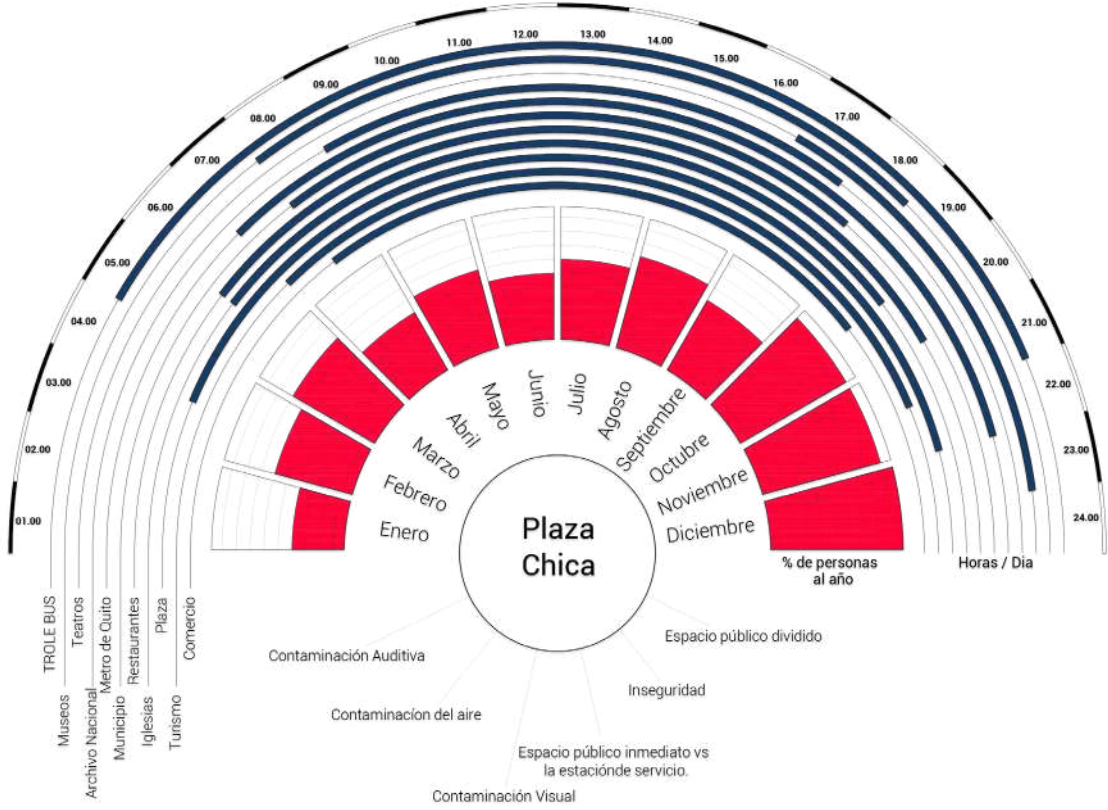


Figura 57. Diagrama, autoría propia.

Diagrama de uso horario y anual de la Plaza Chica dentro del Centro Histórico de Quito. Se pueden también observar algunas de las problemáticas entorno a su contexto y utilización.

Al ser una de las plazas de mayor concurrencia tanto por transeúntes y turistas su horario de ocupación inicia con las operación de las unidades de Trole Bus desde las 5.00 am hasta las 21.00 pm. Durante este horario se pueden realizar varias actividades en torno a esta, disfrutar de la gastronomía de sus restaurantes aledaños, visitar el Museo del archivo nacional, ir al teatro sucre o simplemente sentarse a descansar y disfrutar de la arquitectura colonial y su entorno. Al interior de la plaza se puede disfrutar de distintos espectáculos al aire libre, personas bailando, cantando, exponiendo sus cuadros o arte.

A pesar de todas esta actividades que nos brinda la Plaza Chica también existen muchos problemas en cuanto a su funcionalidad como espacio público y de su entorno inmediato como lo son la contaminación auditiva, la contaminación del aire, la inseguridad, contaminación visual, espacio público

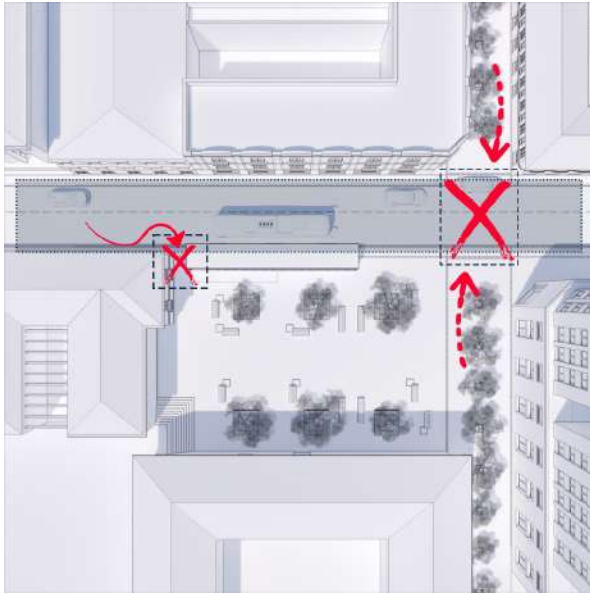


Figura 58. Imagen, autoría propia.

Diagrama de la problemática de desconexión funcional del espacio público entre la calle Espejo y la Plaza Chica dentro del Centro Histórico de Quito. La estación del trole bus actualmente se encuentra ubicada al costado izquierdo casi pegado a una construcción dejando un paso mínimo de 1.5m entre la vereda, la estación, y la plaza; que en horas pico obligan a los peatones a cruzar por la calle en lugar de ingresar a la plaza.

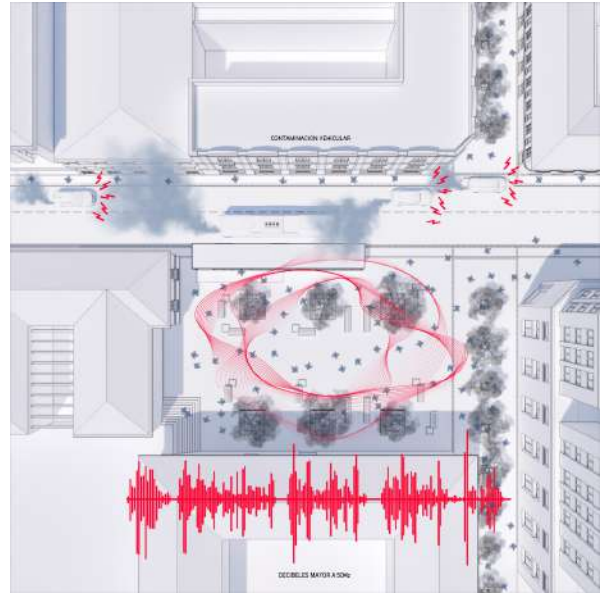


Figura 59. Imagen, autoría propia.

Diagrama de la problemática de contaminación acústica en la Plaza Chica dentro del Centro Histórico de Quito, esto es generado principalmente por el parque automotor, ventas ambulantes, locales y restaurantes con música que sobrepasan los 50Hz permitidos por la normativa dentro del Distrito Metropolitano de Quito.

dividido entre la calle Espejo, así como entre la estación del trolebús y la plaza. Por lo cual se plantea una intervención urbana de conexión de la calle espejo por medio de una plataforma única en la cual se dé la prioridad al peatón, no como actualmente se da mayor importancia a parque automotor, así mismo se plantea una intervención en la cual la parada de trole bus se integre directamente al funcionamiento de la plaza realizando y mejorando así su funcionamiento urbano tanto de movilidad como arquitectónico.

En cuanto a la estación del trole se plantea un nuevo diseño arquitectónico el cual no solo responde al sitio si no da una solución a la problemática acústica y de contaminación del aire por medio del micelio como un material biodegradable, de bajo costo y muy resistente. Así mismo el propio diseño arquitectónico al trabajar en conjunto con la plaza siendo un lugar abierto y de interacción pública constante mejorara la seguridad de sus ocupantes y transeúntes.

Durante todo el año la Plaza Chica tiene un porcentaje de ocupación del más del 75% durante todos los meses del año, siendo los meses de agosto hasta diciembre los de mayor ocupación llegando por turistas y transeúntes.



### 5.3. Sistema integrado de Trole Bus Quito.

La conceptualización del sistema integrado del Trole bus como lo dice la Empresa Pública Metropolitana de Transporte de Pasajeros de Quito (EPMTPQ) fue un proyecto orientado a atender las crecientes necesidades de movilidad de la ciudadanía y ofrecer una alternativa tecnológica, ecológica, de alta calidad, frente a las limitaciones de los servicios existentes en la época.

El sistema integrado de Trole Bus se creó en diciembre de 1995, en un inicio comprendía el tramo desde la estación sur “El Recreo” hasta la calle esmeraldas en el Centro Histórico de Quito, contaba con una flota de alrededor de 17 buses, que transportaban alrededor de 50.000 pasajeros al día. Para el año 2000 se amplió la capacidad operativa del sistema integrado de Trole Bus de 17 unidades a 113, así como la creación de nuevas rutas en lo que comprende el distrito metropolitano de Quito desde la estación de la Colón hasta llegar a la antigua estación en el norte “La Y” en el norte, mientras que en el sur la estación de la Moran Valverde hasta llegar al terminal de Quitumbe. (Bus, 2023)

Durante el 2018 se inauguró la nueva Terminal Multimodal El Labrador al norte del Distrito metropolitano de Quito la cual reemplazó a la Estación Norte “La Y”, con 77 unidades articuladas y biarticuladas, las cuales realizan 522 viajes diarios. Actualmente su cobertura troncal va desde la Estación Capulí de Guamaní hasta Carcelén en 66,20 km ida y vuelta, así como desde Quitumbe hasta Carcelén en promedio 53km de distancia, ida y vuelta. Esto hace del sistema integrado un importante eje de movilización, integrado a la vida cotidiana del ciudadano, de amplia cobertura, económico e incluyente. (Bus, 2023)



Figura 60. Imagen, autoría propia.  
Diagrama de movilidad de las estaciones de los distintos alimentadores de transporte público dentro del Distrito Metropolitano de Quito. Se encuentra los corredores que comprende el Metro de Quito, Trole bus, Ecovía y el corredor de buses occidental.

Actualmente el sistema de Trole Bus tiene un costo de \$ 35 ctvs. en el cual como se lo menciona anteriormente se puede ir desde la Terminal Multimodal de El Labrador hasta Quitumbe por un solo precio. A partir de la pandemia por el COVID 19 se estima que se redujo la ocupación del sistema articulado de Trole bus en un 50%.

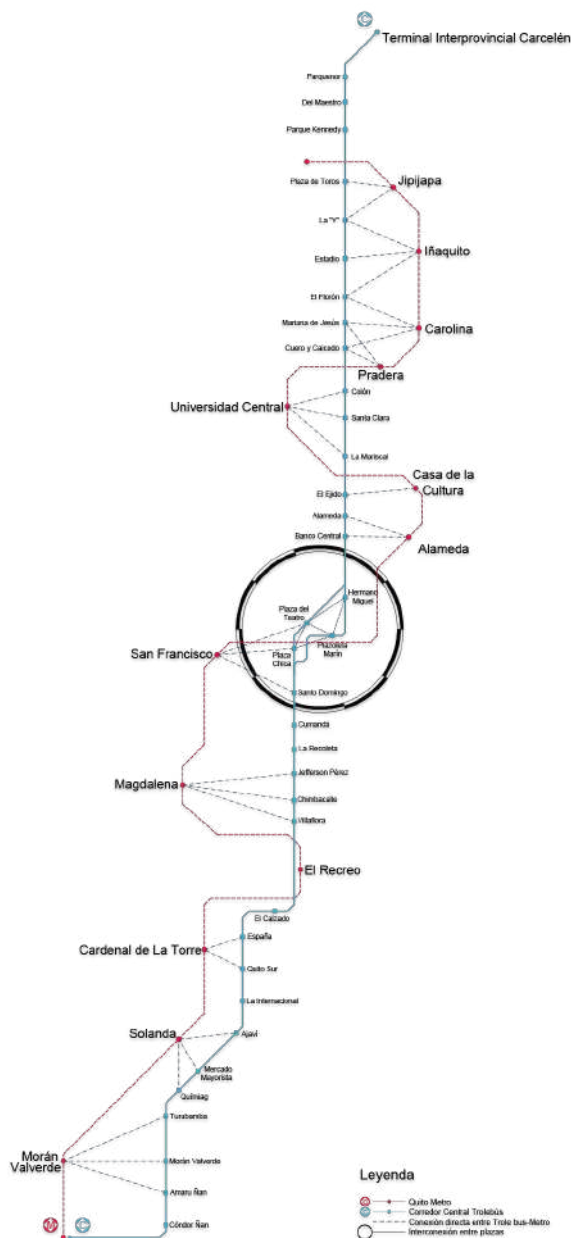


Figura 61. Imagen, autoría propia.  
 Diagrama de movilidad de las estaciones de los alimentadores de transporte público dentro del Distrito Metropolitano de Quito. Se encuentra los corredores que comprende el Metro de Quito y Trole bus.

Durante el 2021 se estima que al año lo ocuparon alrededor de 45 millones de personas según los datos de Empresa Pública Metropolitana de Transporte de Pasajeros de Quito (EPMTPQ). Vale recalcar que durante finales del 2022 y 2023 la ocupación del sistema de trole bus se ha ido incrementando paulatinamente.

Según los datos de Empresa Pública Metropolitana de Transporte de Pasajeros de Quito (EPMTPQ) la mayor cantidad de personas que salen tanto de las estaciones del norte como del sur del Distrito Metropolitano de Quito se dirigen al Centro Histórico, entre las principales razones de ingreso al Casco Histórico es por trabajo, turismo y tramites personales en las diferentes instituciones públicas que se encuentran ahí. Dentro de todo el contexto del Centro Histórico de Quito se encuentran 4 estaciones de Trole bus: Estación de la Plaza del Teatro, Estación de la Plaza Chica, Estación de Santo Domingo y la Estación Hermano Miguel.

De las 4 estaciones que se encuentran en el Centro Histórico de Quito la de mayor importancia no solo por la cantidad de usuarios que la ocupan al día que se estima que son alrededor de 30.000 según los datos de Empresa Pública Metropolitana de Transporte de Pasajeros de Quito (EPMTPQ) sino también por su estratégica ubicación dentro del Casco Histórico es la de la Plaza Chica. Mediante esta estación varios de los usuarios se dirigen a sus diferentes destinos dentro del Centro Histórico.

El principal medio de transporte utilizado por los usuarios para ingresar al Centro de Quito es por medio del sistema integrado de Trole Bus, sin embargo, también lo hacen por medio de transporte propio, taxis, motocicletas y buses alimentadores. Vale recalcar que la movilidad dentro de las calles del Centro Histórico es muy limitada por lo que se genera embotellamientos del parque automotor principalmente en boca calles y las calles principales alrededor de este en horas pico. Así mismo encontrar un estacionamiento vehicular es muy complicado por la gran afluencia de personas que ingresan al Casco histórico.

Generando no solo caos vehicular sino también en gran medida niveles acústicos fuera de lo permitido por reglamento dentro del Distrito Metropolitano de Quito que serían los 50mhz, sin contar la gran cantidad de contaminación del aire debido al parque automotor.

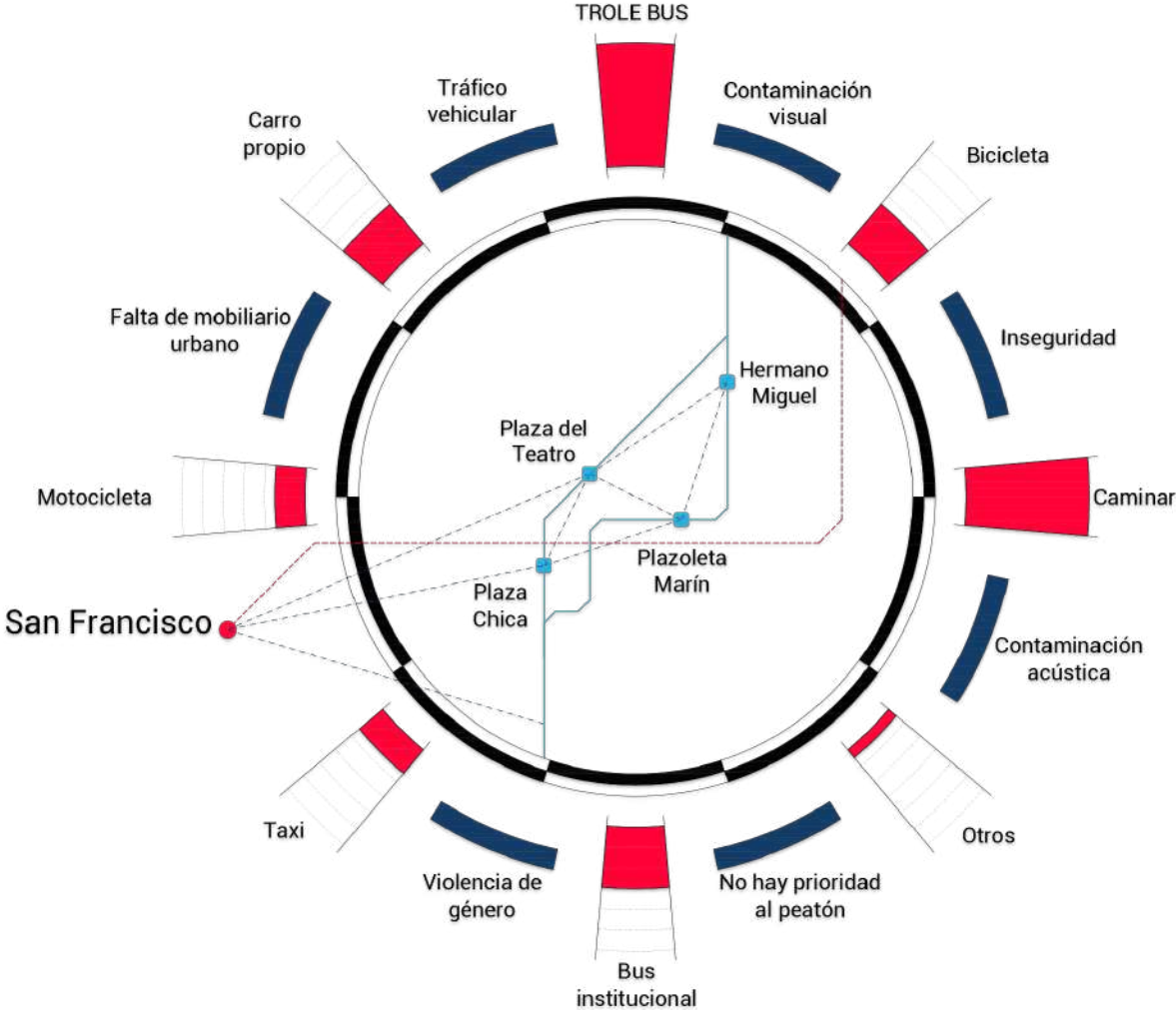


Figura 62. Diagrama, autoría propia.

Diagrama de las 4 estaciones del Trole Bus que se encuentran dentro del Centro Histórico de Quito, también se puede observar la problemática que existe entorno a ellas, así como el medio de transporte que los diferentes usuarios utilizan para ingresar al Casco histórico.

Entre las principales problemáticas que se pudo encontrar entorno al perímetro de las 4 estaciones del servicio de Trole Bus fue la falta de mobiliario urbano incluso en plazas, así como calles, excesiva cantidad de ruido y niveles acústicos fuera de lo permitido debido a las bocinas de carros, vendedores ambulantes, música de los diferentes locales comerciales. A pesar de ser uno de los Centro Históricos mejor conservados del mundo se puede observar mucha contaminación visual ya se por propaganda política, o por las distintas obras de restauración de las edificaciones. Así mismo existe mucha inseguridad entorno a estas cuatro estaciones principalmente en las calles aledañas a estas y dentro de las mismas. A pesar de que se han hecho muchos estudios de movilidad y algunos tramos de calles han sido peatonalizados aún tiene mucha importancia el parque automotor en lugar del peatón causando en muchos de los casos desconexión entre espacios públicos.

Entre las principales problemáticas que se pudo encontrar entorno al perímetro de las 4 estaciones del servicio de Trole Bus fue la falta de mobiliario urbano inclusivo en plazas, así como calles, excesiva cantidad de ruido y niveles acústicos fuera de lo permitido debido a las bocinas de carros, vendedores ambulantes, música de los diferentes locales comerciales. A pesar de ser uno de los Centro Históricos mejor conservados del mundo se puede observar mucha contaminación visual ya se por propaganda política, o por las distintas obras de restauración de las edificaciones. Así mismo existe mucha inseguridad entorno a estas cuatro estaciones principalmente en las calles aledañas a estas y dentro de las mismas. A pesar de que se han hecho muchos estudios de movilidad y algunos tramos de calles han sido peatonalizados aún tiene mucha importancia el parque automotor en lugar del peatón causando en muchos de los casos desconexión entre espacios públicos.

Entre uno de los mayores problemas que se presentan entorno a las estaciones del Trole Bus en el Centro Histórico de Quito, principal mente la que se encuentra en la Plaza Chica por medio de una encuesta realizada a sus usuarios (anexo 01) se puede identificar y evidenciar principalmente el poco cuidado y mantenimiento que se ha dado a esta estación. Una gran parte de su estructura se encuentra en mal estado mientras que otra ha sido vandalizada. De la encuesta realizada el 66% de personas se encuentra insatisfecho con el servicio de Trole Bus, mientras que el 80% ratifican el mal estado y deterioro de dichas estaciones, tomando en cuenta que más del 75% de encuestados no se sienten conformes con su diseño industrial actual ya que no responde al contexto colonial y natural del Centro Histórico de Quito.

Un 93% de las personas considera inseguras tanto las estaciones como el transportarse mediante los buses articulados del Trole Bus. Mas del 50% de sus usuarios, principalmente mujeres han sufrido de violencia sexual. Si bien existen espacios dentro de las unidades del Trole Bus para las personas con capacidades diferentes dentro de las estaciones no lo hay por lo que más del 60% de encuestados consideran que hay muy poca señalética y mobiliario urbano inclusivo para las personas con capacidades diferentes.

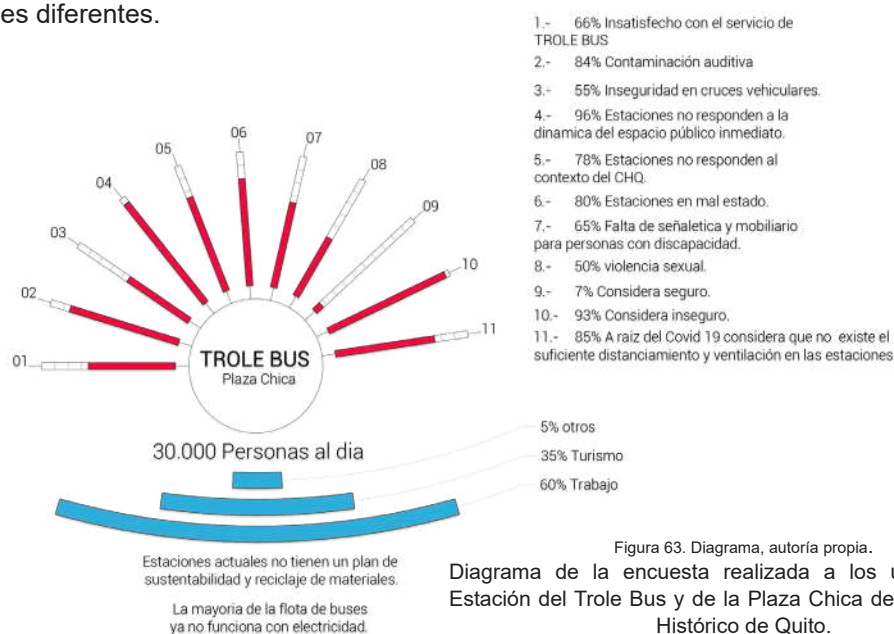


Figura 63. Diagrama, autoría propia.  
Diagrama de la encuesta realizada a los usuarios de la Estación del Trole Bus y de la Plaza Chica dentro del Centro Histórico de Quito.



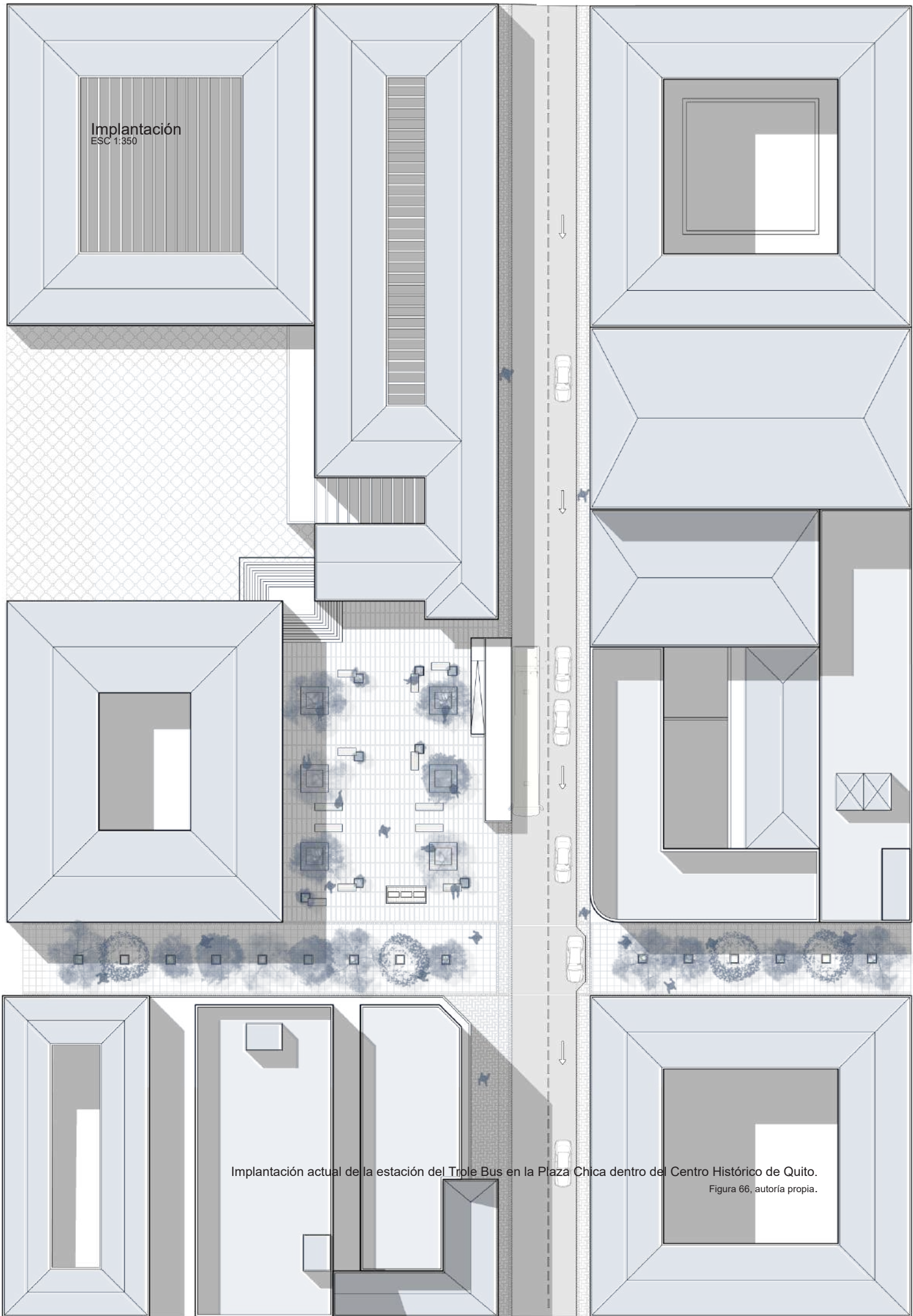


Plaza Chica  
Figura 64



Plaza Chica  
Figura 65





Implantación  
ESC 1:350

Implantación actual de la estación del Triple Bus en la Plaza Chica dentro del Centro Histórico de Quito.

Figura 66, autoría propia.

Elevación sur  
sin escala

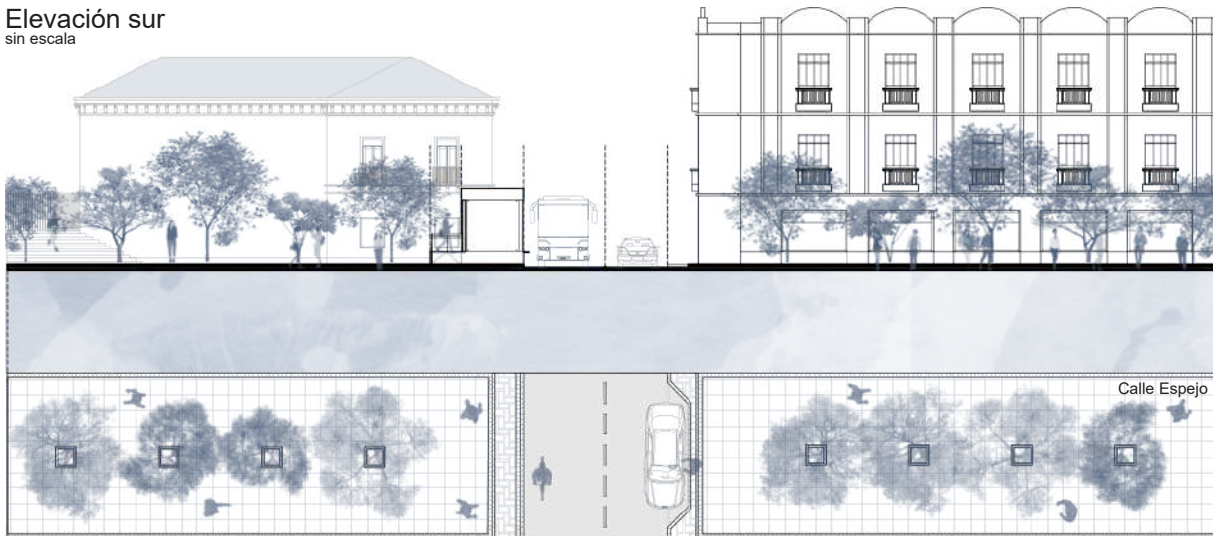


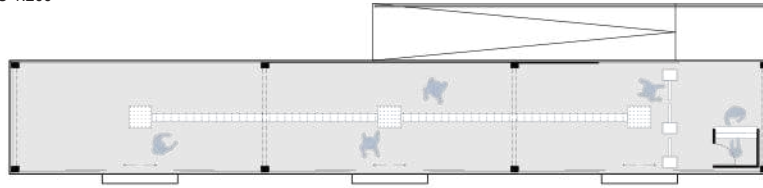
Figura 67. Plano arquitectónico, autoría propia.

Estación actual del Trole Bus en la Plaza Chica junto con su contexto inmediato en el Centro Histórico de Quito.

Elevación oeste  
sin escala



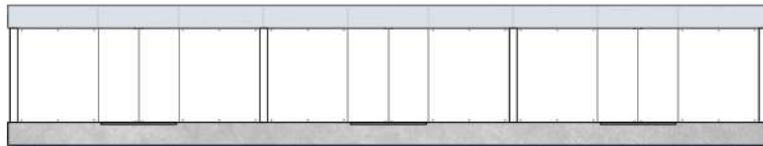
Planta baja  
ESC 1:200



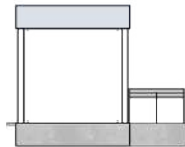
Elevación este  
ESC 1:200



Elevación oeste  
ESC 1:200



Elevación sur  
ESC 1:200



Elevación norte  
ESC 1:200

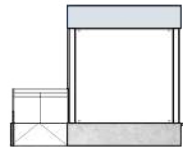
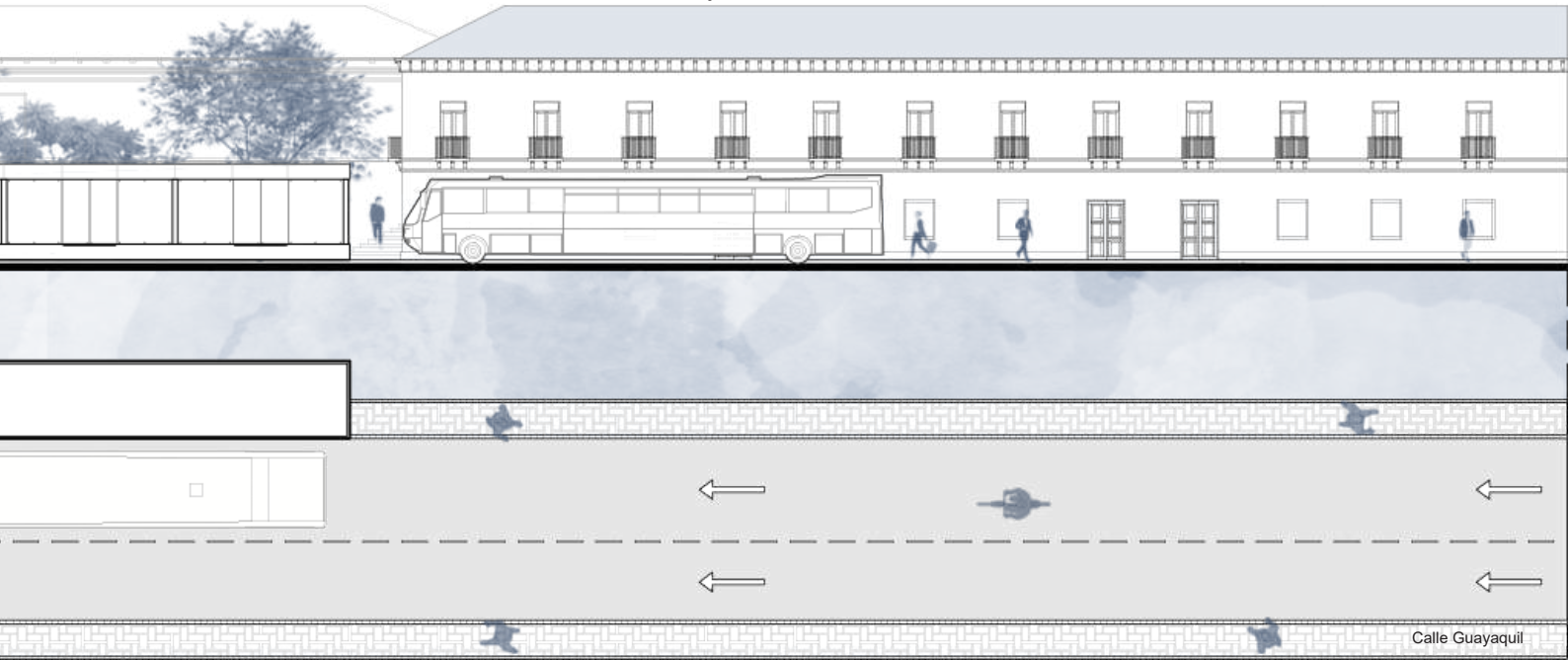


Figura 68. Plano arquitectónico, autoría propia.  
Planos arquitectónicas de la escion actual del Trole Bus la Plaza Chica.

Figura 69. Plano arquitectónico, autoría propia.  
Estación actual del Trole Bus en la Plaza Chica junto con su contexto inmediato en el Centro Histórico de Quito.





#### **5.4 Nueva estación del Trole Bus – Estación la Plaza Chica**

Conocida como las “cuatro esquinas”, por tener a cada esquina de la Guayaquil y Espejo actual, zapaterías, la plaza chica y su parada de Trole bus han sido protagonistas del tránsito y lugar céntrico para que las personas de todo Quito la visiten.

Esta es una tradicional calle peatonal de Quito que va en dirección oeste – este a pocos metros de la Plaza Grande y en donde se encuentran sitios de gran atractivo como son el Teatro Bolívar, además de una excelente oferta de sitios para comer. Ver Anexo 02 recopilación de fotos de la Plaza Chica en el Centro Histórico de Quito.

Actualmente alrededor de 30 mil personas la recorren diariamente, y los espacios de movilidad que los mismos presentan no son los óptimos para un buen funcionamiento.

La arquitectura diseñada para este espacio no cuenta con lugares de estancia, sus paradas generan bastante aglomeración debido sus estrechos recorridos peatonales y sus espacios poco pensados a la funcionalidad de las personas que lo transitan.

Es por esta razón que la utilización de nuevos materiales innovadores y amigables con el ambiente como es la utilización del micelio, acompañados de un diseño arquitectónico funcional, mejorarán el uso que se da a este espacio y permitirán el desarrollo continuo del centro histórico de Quito.

El proceso actual del diseño arquitectónico avanzado nos permitirá a través de la utilización de programas, la creación de algoritmos que generen un plan de movilidad en el espacio del centro histórico de Quito desarrollando metodologías de optimización y utilización de materiales biodegradables como principal elemento de conectividad de las paradas de buses y plazas de estancia del centro, y su conexión directa con las calles más transitadas de Quito.

El aprovechamiento del Micelio como material de diseño y construcción ampliará los campos de la construcción en Ecuador y reducirá el impacto tanto económico como también medio ambiental de toda la zona.

##### **5.4.1. Estudio solar y climático en el Centro Histórico de Quito.**

Por medio del programa Grasshopper de Rhinoceros se hizo un estudio ambiental el cual se basó principalmente en la luz solar, presión barométrica y vientos para ver la factibilidad de utilización del micelio dentro del contexto del Centro Histórico de Quito.

Si bien los paneles acústicos en base al micelio tienen gran durabilidad (8 a 10 años con su debido mantenimiento) y son de fácil reposición se tomaron también en cuenta los factores climáticos y la incidencia solar dentro del Centro Histórico de Quito.

## Recorrido solar

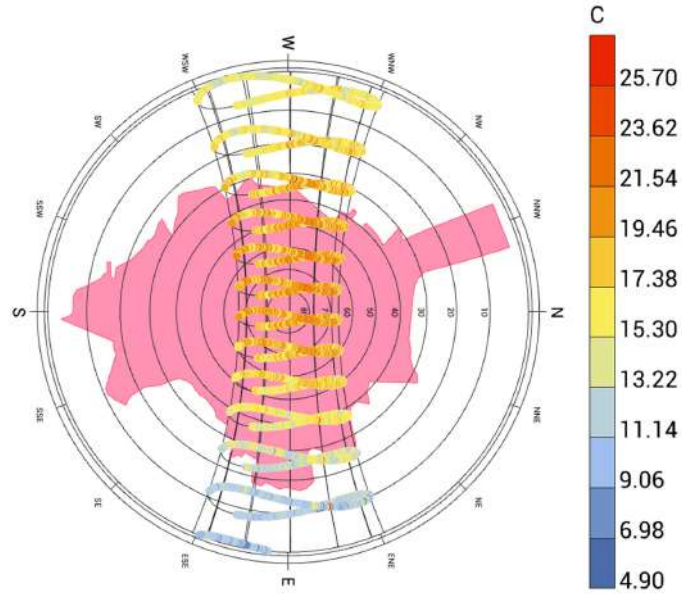


Figura 70 Fuente: IWECC DATA.

Diagrama del recorrido del sol durante todo el año en el Centro Histórico de Quito. Este diagrama se lo realizo por medio de algoritmos y variables exactas de tiempo y lugar, en este caso el CHQ en el programa Grasshopper de Rhinoceros.

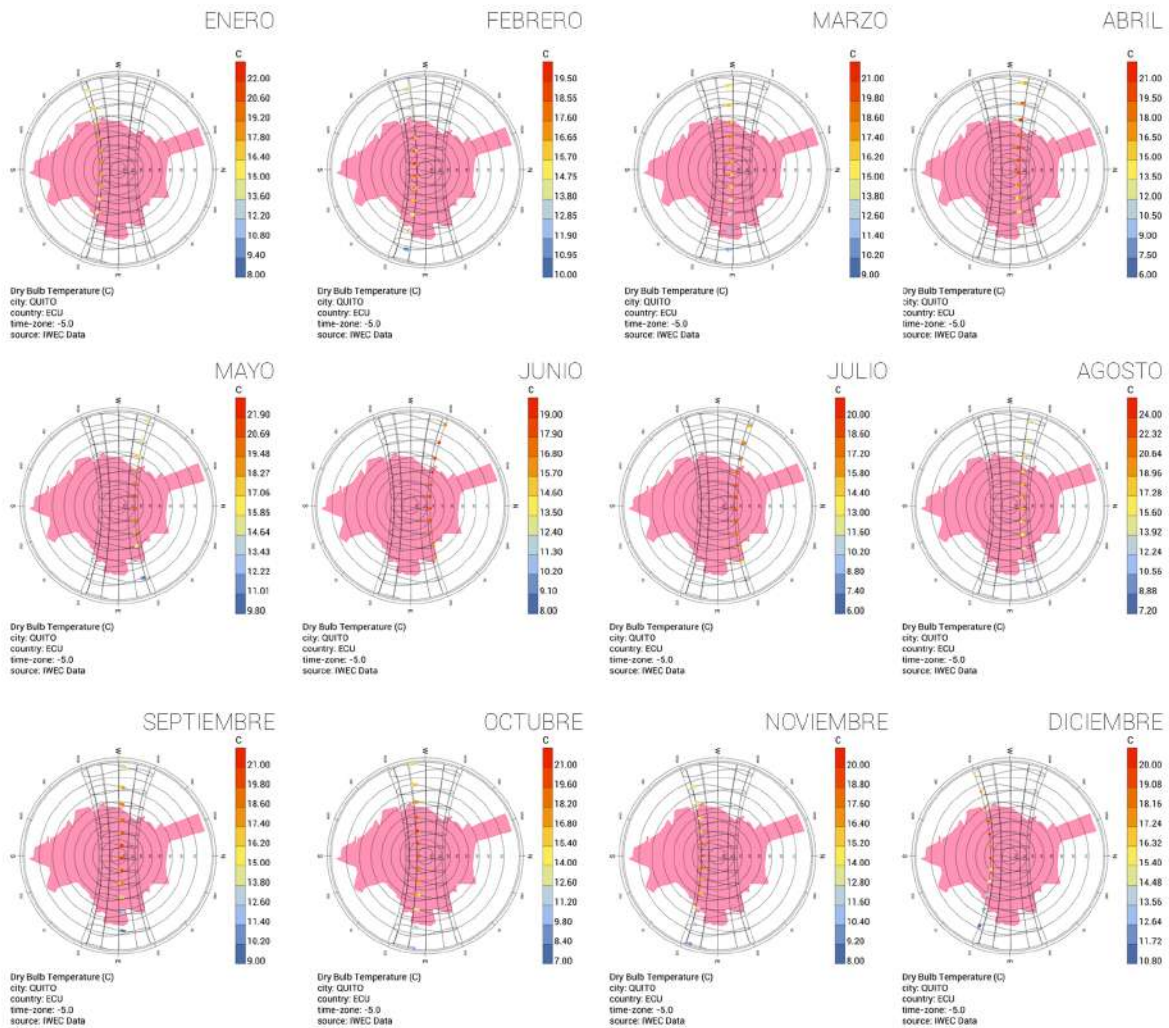


Figura 71 Fuente: IWECC DATA

Diagrama del recorrido del sol durante de cada mes del año en el Centro Histórico de Quito. Este diagrama se lo realizo por medio de algoritmos y variables exactas de tiempo y lugar, en este caso el CHQ en el programa Grasshopper de Rhinoceros..

## Presión barométrica

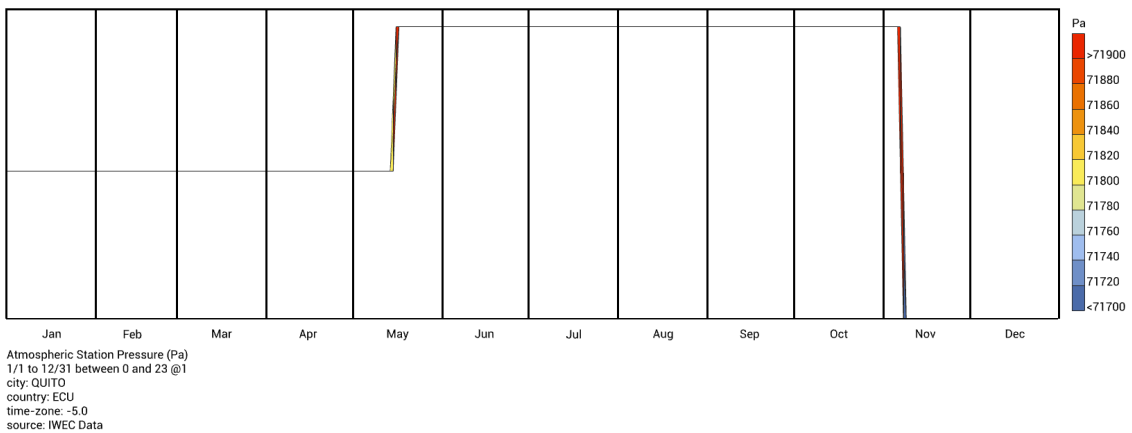
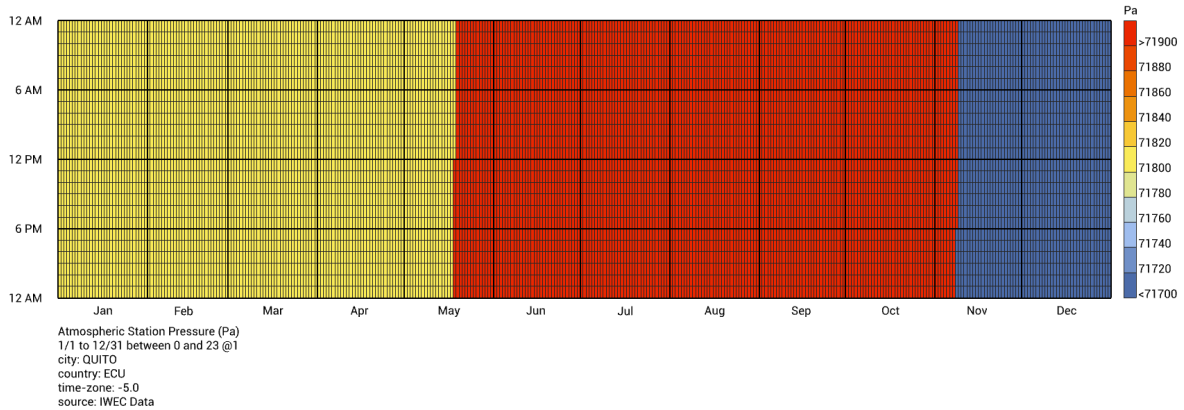


Figura 72 Fuente: IWECC DATA.

Tabla de la presión barométrica durante todo el año en el Centro Histórico de Quito. La cual refleja la variación de la presión atmosférica por la cantidad de corrientes de aire durante el año. Esta tabla se la realizo por medio de algoritmos y variables exactas de tiempo y lugar, en este caso el CHQ en el programa Grasshopper de Rhinoceros.

## Dirección del viento

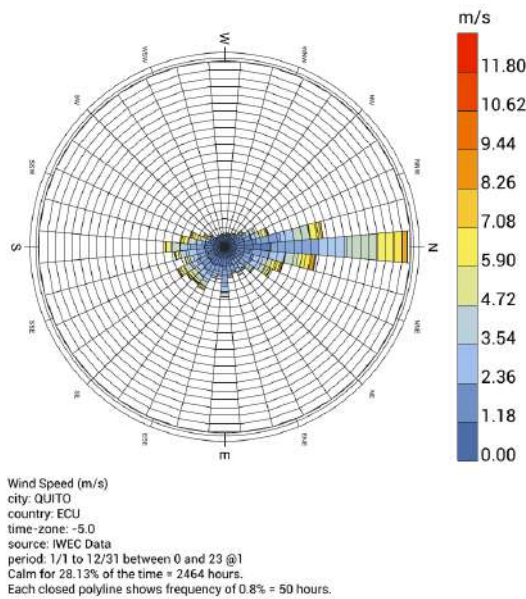


Figura 73 Fuente: IWECC DATA.

Tabla de la dirección del viento durante todo el año en el Centro Histórico de Quito. Esta refleja que la mayor corriente de viento que existe en el centro Histórico de Quito se encuentra principalmente hacia el norte, debido a la cordillera de los Andes. Esta tabla se la realizo por medio de algoritmos y variables exactas de tiempo y lugar, en este caso el CHQ en el programa Grasshopper de Rhinoceros.



## Humedad

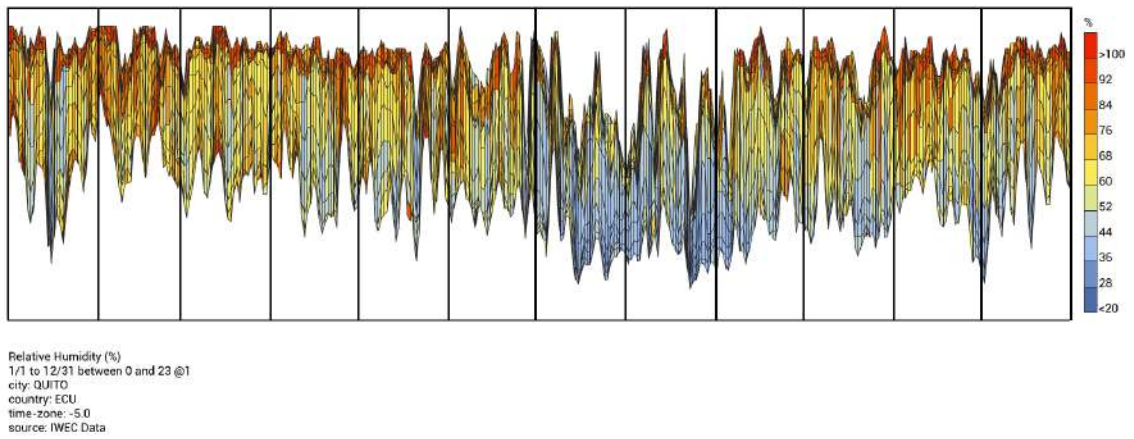
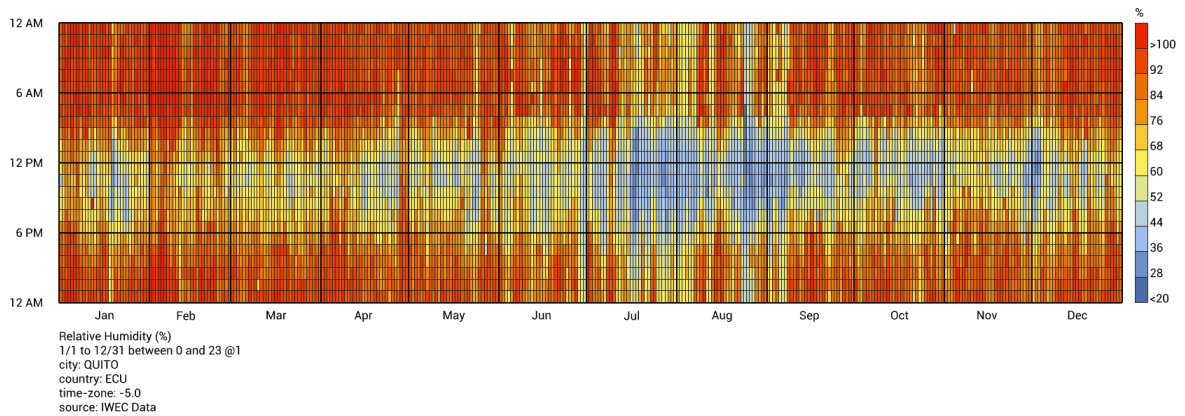
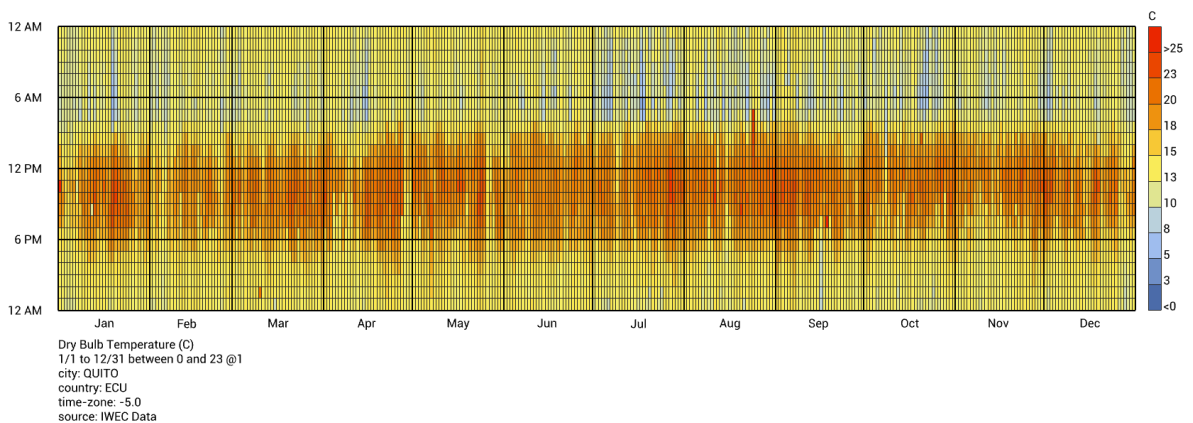


Figura 74 Fuente: IWECC DATA.

Tabla de humedad dentro del Centro Histórico de Quito. Esta muestra que los meses de mayor humedad en el Centro Histórico de Quito van desde noviembre hasta mediados de mayo donde más precipitaciones se tiene. Esta tabla se la realizo por medio de algoritmos y variables exactas de tiempo y lugar, en este caso el CHQ en el programa Grasshopper de Rhinoceros.

## Temperatura



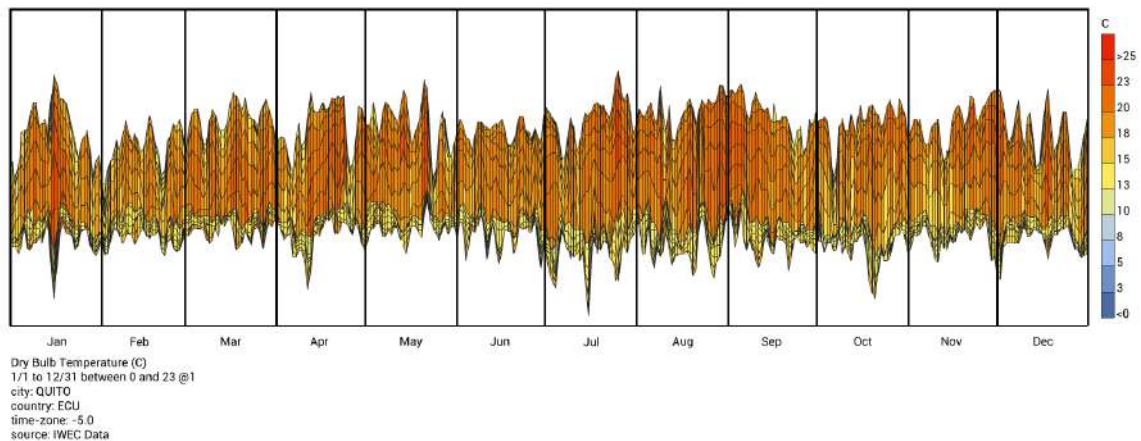


Figura 75 Fuente: IWECC DATA.

Tabla de la temperatura durante todo el año en el Centro Histórico de Quito. Esta muestra una temperatura mayormente estable durante todo el año, siendo los meses de mayo a septiembre los de mayor temperatura. Esta tabla se la realizo por medio de algoritmos y variables exactas de tiempo y lugar, en este caso el CHQ en el programa Grasshopper de Rhinoceros.

Como resultado de este estudio ambiental y solar del Centro Histórico de Quito podemos llegar a la conclusión que la utilización en exteriores de materiales a base de micelio es totalmente factible, ya que, no tenemos cambios de variación de temperatura ni humedad bruscos durante todo el año, sin embargo, también nos dice que hay que tener y dar protección a los materiales en base a micelio a pesar de ser un material hidrofugo durante los meses de mayor precipitaciones.

#### 5.4.2. Estudio de absorción de paneles acústicos

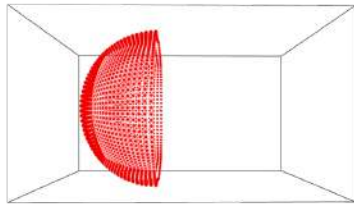
Como anteriormente se pudo conocer el micelio es un material totalmente natural y biodegradable, fácil de moldear y con muchas características y cualidades para la industria de la construcción.

La utilización de paneles acústicos se los hace principalmente en espacios interiores para controlar los niveles de sonido existentes en ellas, pero también se los utiliza en espacios abiertos o semi abiertos como conchas acústicas, estadios, entre otros; para controlar y direccionar el sonido de estos. Los paneles acústicos se los puede utilizar en paredes, techos, y mobiliario.

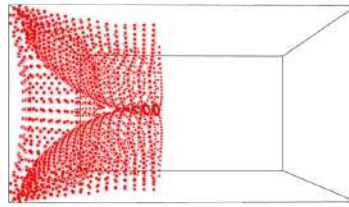
Por medio del programa Grasshopper de Rhinoceros se realizó una simulación de cómo se absorbe el sonido en 3 casos diferentes, el primero sin la utilización de paneles acústicos, el segundo con la utilización de paneles genéricos (lana de vidrio o foam) los cuales son comúnmente utilizados en la industria de la construcción; por último, se realizó la simulación con panelearía a base de micelio en la cual nos arrojó resultados increíbles tanto en absorción como direccionamiento del eco.

## ESTUDIO ACÚSTICO

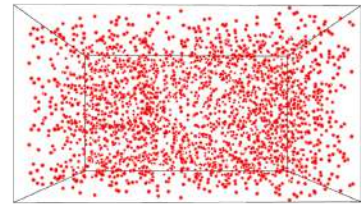
Espacio sin tratamiento acústico



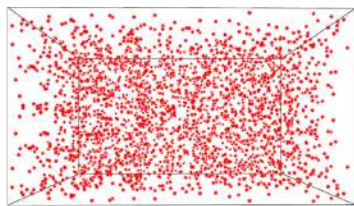
Forma 01



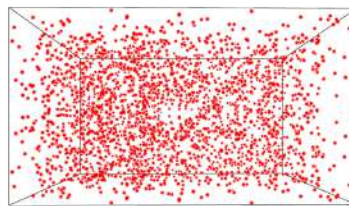
Forma 02



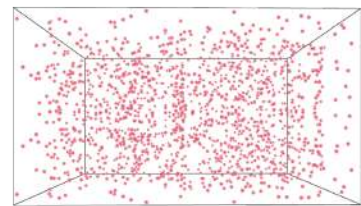
Forma 03



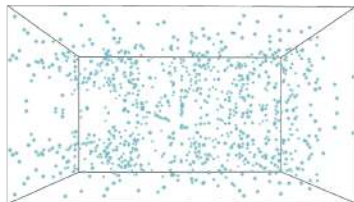
Forma 04



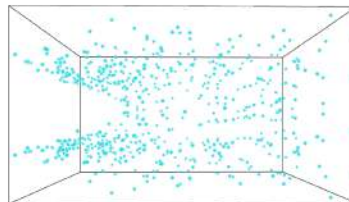
Forma 05



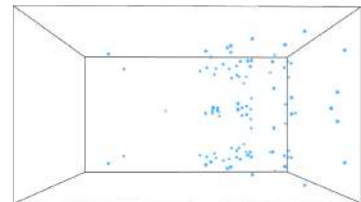
Forma 06



Forma 07



Forma 08



Forma 09

Figura 76. Imagen, autoría propia.

Diagrama de disipación y absorción del sonido sin la utilización de paneles acústicos, como se puede ver en el gráfico al no tener paneles absorbentes ni de direccionamiento del sonido este golpea varias veces antes de ser controlado o absorbido. Esta gráfico se la realizo por medio de algoritmos y variables exactas de tiempo y lugar, en este caso el CHQ en el programa Grasshopper de Rhinoceros.



## ESTUDIO ACÚSTICO

Espacio con paneles acústicos genericos

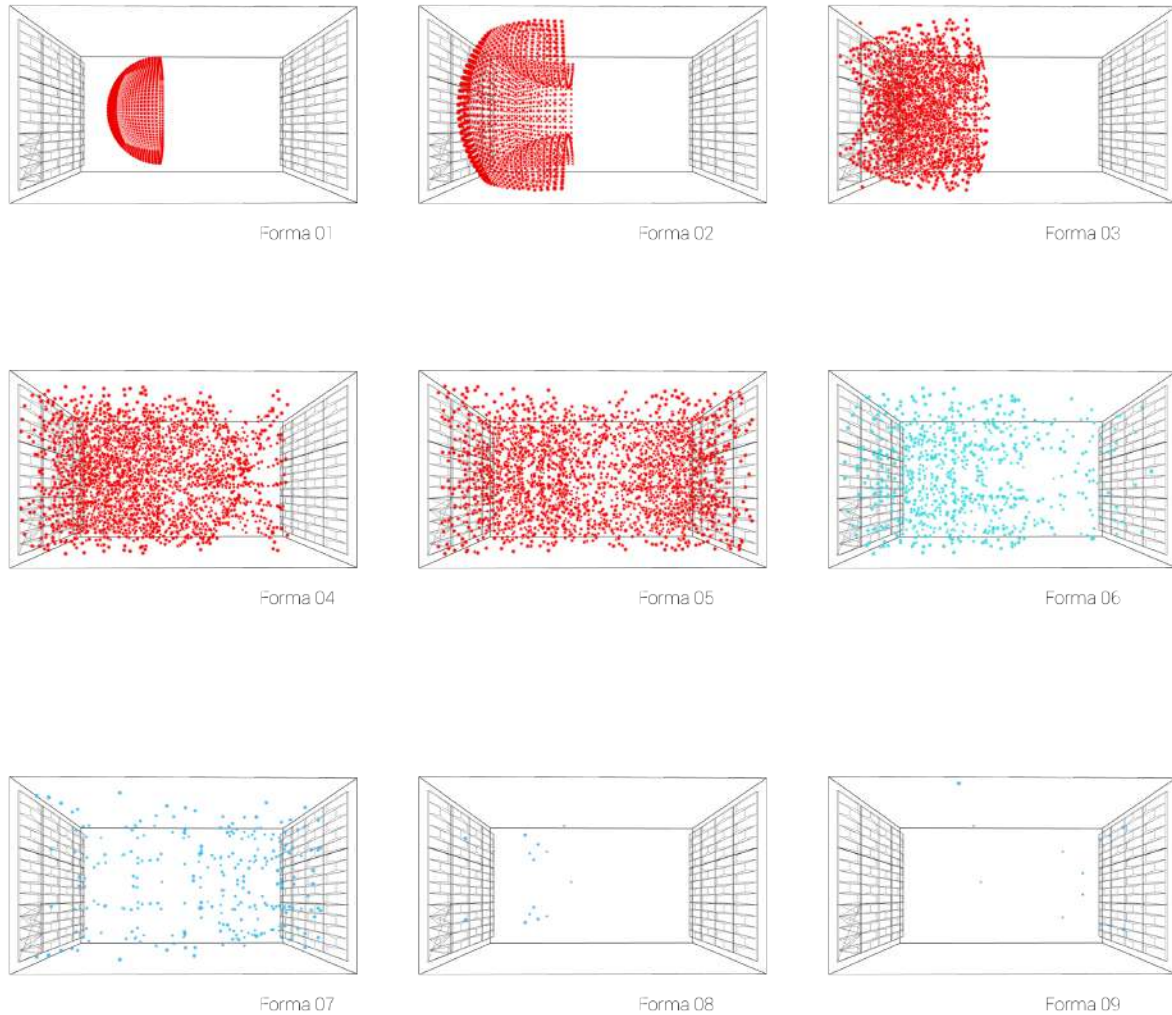


Figura 77. Imagen, autoría propia.

Diagrama de disipación y absorción del sonido mediante la utilización de paneles acústicos genericos a base de lana de vidrio o foam, como se puede ver en el grafico los paneles absorben y dirigen el sonido hasta que este se disipa completamente. Esta grafico se la realizo por medio de algoritmos y variables exactas de tiempo y lugar, en este caso el CHQ en el programa Grasshopper de Rhinoceros.

## ESTUDIO ACÚSTICO

Espacio con paneles acústicos de micelio

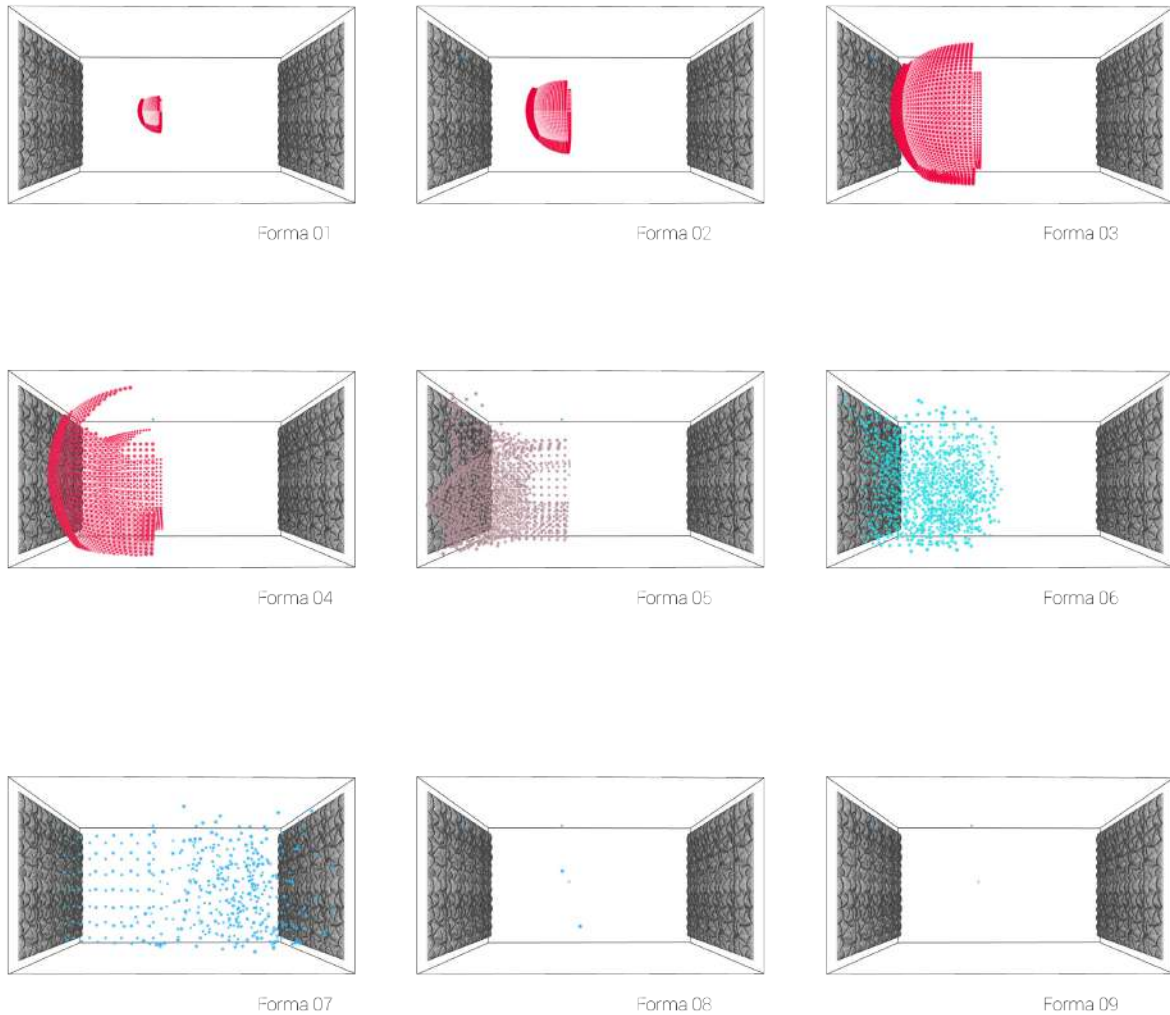


Figura 78. Imagen, autoría propia.

Diagrama de disipación y absorción del sonido mediante la utilización de paneles acústicos a base de micelio, como se puede ver en el gráfico los paneles a base de micelio absorben y dirigen el sonido de mejor manera que los paneles tradicionales utilizados por el sector de la construcción. Este gráfico se realizó por medio de algoritmos y variables exactas de tiempo y lugar, en este caso el CHQ en el programa Grasshopper de Rhinoceros.

### 5.4.3. Contexto, funcionamiento y movilidad.

Como se lo dijo anteriormente el proyecto se lo implantara en el Centro Histórico de Quito, en la estación del Trole Bus de la Plaza Chica, en la cual se encuentran varios problemas de altos niveles acústicos, así como de funcionamiento urbano principalmente para los usuarios y transeúntes que a diario la utilizan. Ver anexo 2, álbum fotográfico de la Plaza Chica.

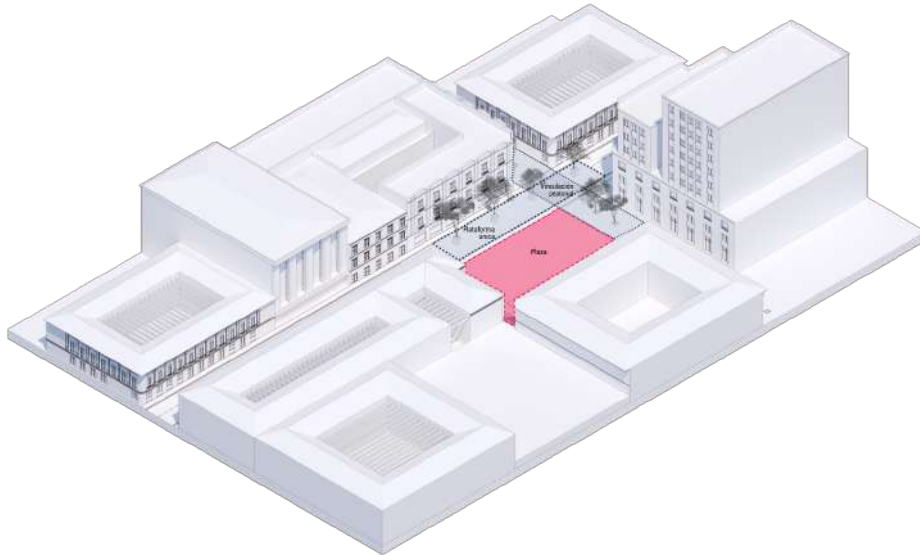


Figura 79. Imagen, autoría propia.

Diagrama del contexto actual La Plaza Chica dentro del Centro Histórico de Quito.

Por la importancia a nivel de movilidad que tiene la Plaza Chica siendo el principal sitio de llegada y direccionamiento peatonal a los diferentes puntos dentro del Centro Histórico de Quito se plantea mejoramiento a nivel funcional – urbano en el cual se dé la prioridad al peatón y usuario directo del Trole Bus por medio de la implementación de una plataforma única entre la calle Espejo y la calle Guayaquil la cual se encuentra totalmente desconectada dándole prioridad al parque automotor en lugar de al usuario.

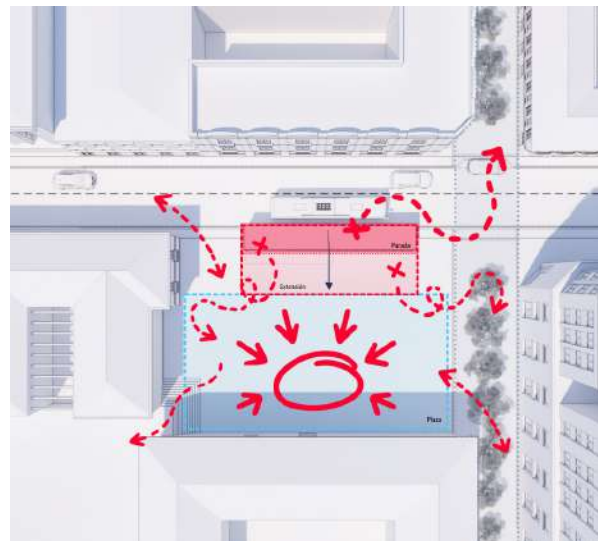


Figura 80. Imagen, autoría propia.

Diagrama circulación y activación como centro de movilidad de la nueva estación del Trole Bus - Plaza Chica dentro del Centro Histórico de Quito.

Al darle la prioridad al peatón no solo nos ayuda a controlar de mejor manera la contaminación acústica existen por los vehículos que transitan por la calle Guayaquil sino también nos permite generar un punto de distribución de movilidad acorde a las necesidades de usuarios y transeúntes de La Plaza Chica. Así mismo esta se convierte en un espacio de estancia en la cual los usuarios pueden disfrutar de la belleza de la arquitectura colonial propia del Centro Histórico de Quito, así como de sus restaurantes y locales que se encuentran en el perímetro de esta.



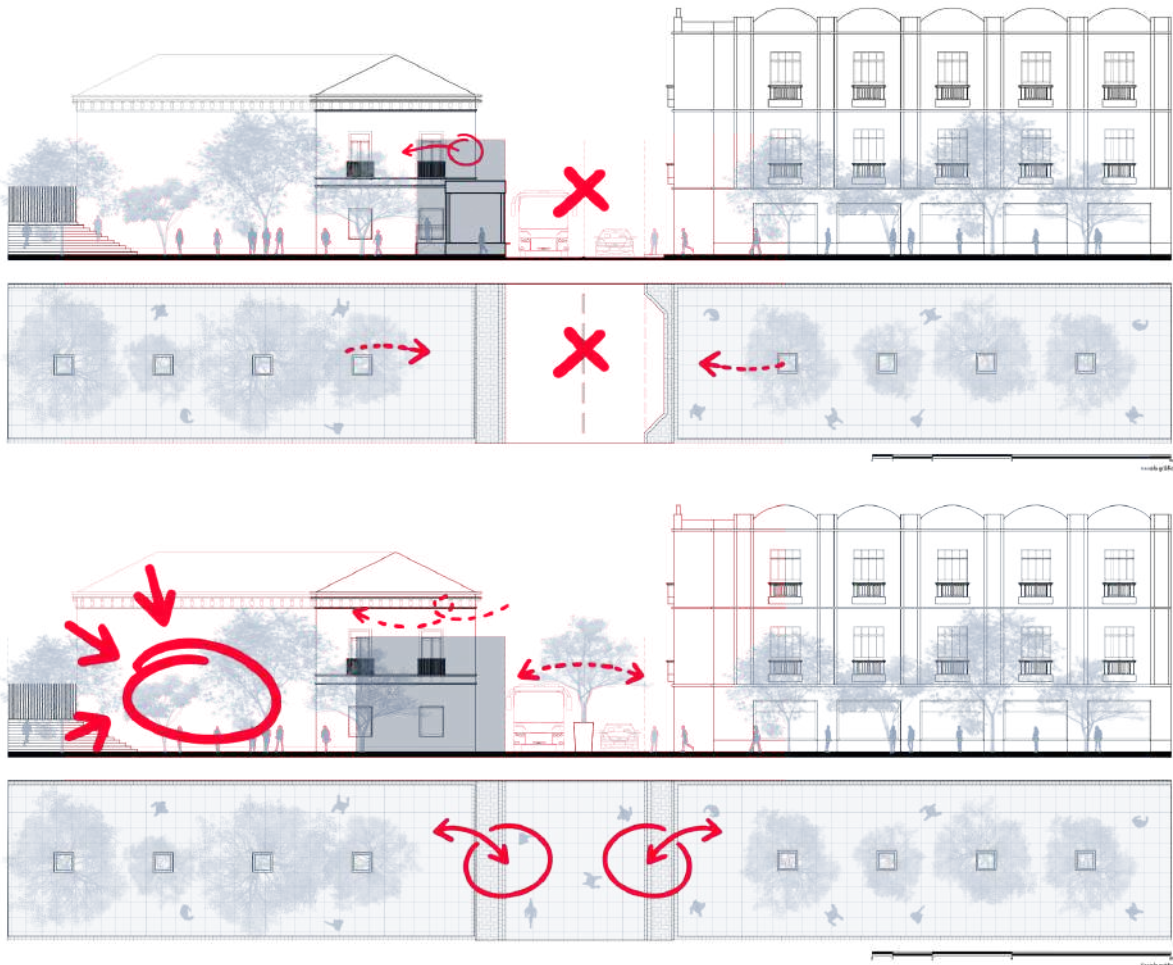


Figura 81. Imagen, autoría propia.

Plano arquitectónico de la problemática y solución planteada para nueva la Estación del Trole Bus - La Plaza Chica dentro del Centro Histórico de Quito.

La contaminación acústica existente en la Plaza Chica no solo se da por el parque automotor que pasa por la calle Guayaquil sino también por las ventas ambulantes que se encuentran en esta, así mismo muchos de los locales aledaños a la plaza utilizan música por sobre los niveles establecidos en la normativa del Distrito Metropolitano de Quito que son los 50 Hz. Si a esto le sumamos los espectáculos artísticos y de música que la gente realiza en está la contaminación acústica es un problema no solo para los usuarios y transeúntes sino también para los propios locales comerciales y vivienda que se encuentran en el sector.

Actualmente la estación del Trole Bus de la Plaza Chica se encuentra en mal estado y vandalizada. No se le da el respectivo mantenimiento que esta debe tener al estar en un contexto histórico y protegido como es el Centro Histórico de Quito. Así mismo la estación no cuenta con un diseño acorde al lugar ni a las necesidades de los usuarios y transeúntes que la ocupan. Actualmente la estación a su costado izquierdo se encuentra implantada a tan solo 1.50 m de una casa colonial y sobre vereda; cortando la circulación directa de los transeúntes que pasan por la calle Guayaquil por lo cual se la moverá 5 metros hacia la derecha para darle un mejor funcionamiento urbano tanto para transeúntes como para la funcionalidad de la estación del Trole Bus.

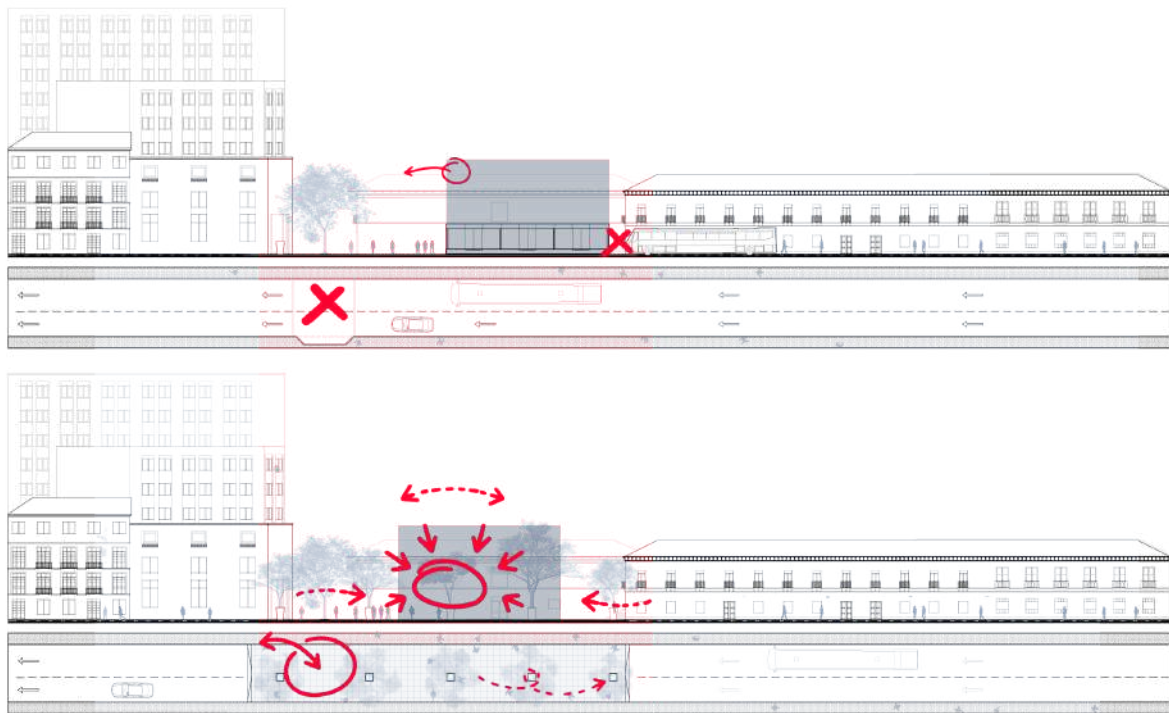


Figura 82. Imagen, autoría propia.

Plano arquitectónico de la problemática y solución planteada para nueva la Estación del Trole Bus - La Plaza Chica dentro del Centro Histórico de Quito.

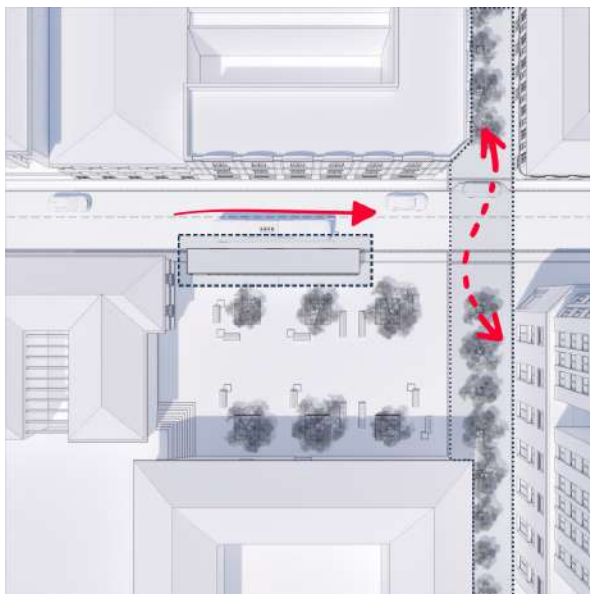


Figura 83. Imagen, autoría propia.

Diagrama de intervención del espacio público en la calle Espejo y el desplazamiento de la nueva estación del Trole Bus - Plaza Chica de 5 metros hacia la calle Espejo, dentro del Centro Histórico de Quito.

El espacio interior de la estación de Trole Bus actual es sumamente angosto para la cantidad de personas que la ocupan, principalmente para los usuarios con necesidades especiales que en horas pico no tienen una movilidad correcta por la cantidad de personas que la utilizan. Por lo cual se hace un ampliamiento de la estación a lo ancho para generar espacios más grandes y confortables tanto para usuarios como para las personas con necesidades especiales.

Otro de los problemas funcionales que se encuentran es la desconexión total entre la estación del Trole Bus con la plaza chica, para lo cual se destina un espacio de transición que pueda ser utilizado no solo por los usuarios de esta sino también por los transeúntes. Generando así un espacio de urbano funcional y dinámico acorde a las necesidades de sus usuarios.

Como método para combatir la problemática de contaminación acústica que tenemos en La Plaza Chica se propone la utilización de un paneado a base de micelio en la parte superior del nuevo diseño de la estación del Trole Bus, el cual nos ayudara a controlar, disipar y direccionar mejor el sonido ambiental generado por vehículos, música, ventas ambulantes, entre otros. Así mismo al establecer una vinculación directa entre la estación y la plaza tenemos las posibilidad de generara una permeabilidad visual entre todo el contexto inmediato, por medio de un diseño que no sea invasivo no compita directamente con el patrimonio colonial en el cual se encuentra implantado, sino que sea parte de este.

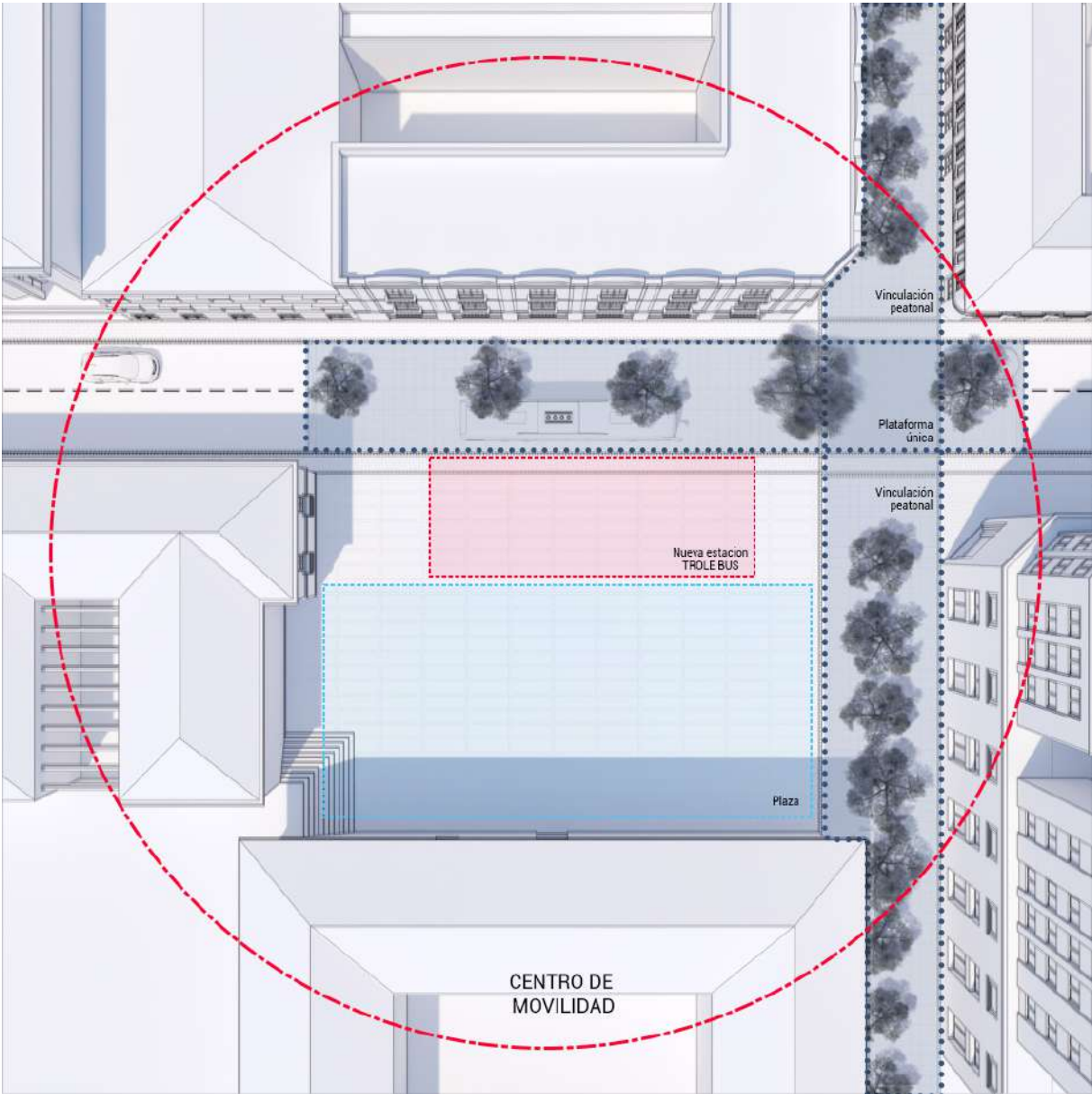


Figura 84. Imagen, autoría propia.

Diagrama del contexto e intervención de la nueva Estación del Trole Bus - La Plaza Chica dentro del Centro Histórico de Quito.



#### 5.4.4. Exploración de la forma.

Por medio del programa Grasshopper de Rhinoceros se realizó una simulación de búsqueda de forma aplicando las condicionantes del perímetro y área de intervención para la nueva estación Del Trolebús, así como los retiros estructurales que esta debe respetar para un mejor funcionamiento tanto estructural como para los usuarios que la vayan a ocupar.

Gracias a la programación de algoritmos por medio del programa Grasshopper se pueden obtener un sinnúmero de formas y posibilidades de las cuales para el proyecto final se utilizó no solo la que mejor se acopla estructuralmente sino también de manera funcional acorde al contexto donde esta se encuentra implantada.

Uno de los beneficios de trabajar con algoritmos es la creación de un sistema el cual por medio de los parámetros anteriormente nombrados de perímetro, área y retiros; fácilmente este puede ser utilizado y acoplado a otras estaciones del Trole Bus como un sistema replicable y adaptable a su entorno inmediato.

Para la búsqueda de forma se utilizó el siguiente algoritmo.

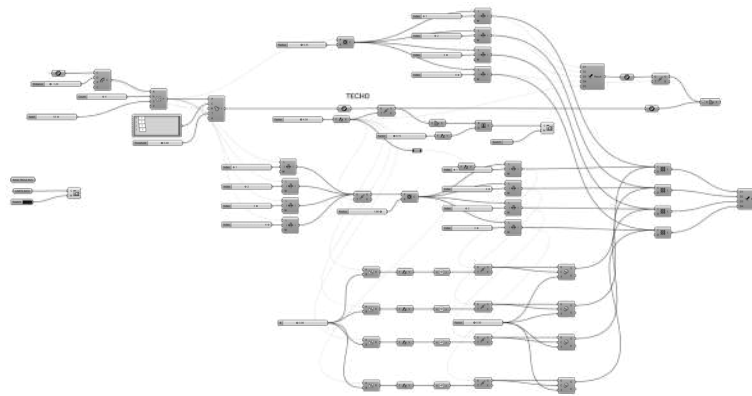


Figura 85. Algoritmo, autoría propia.

Algoritmo generado para la búsqueda de la forma en el programa Grasshopper de Rhinoceros.

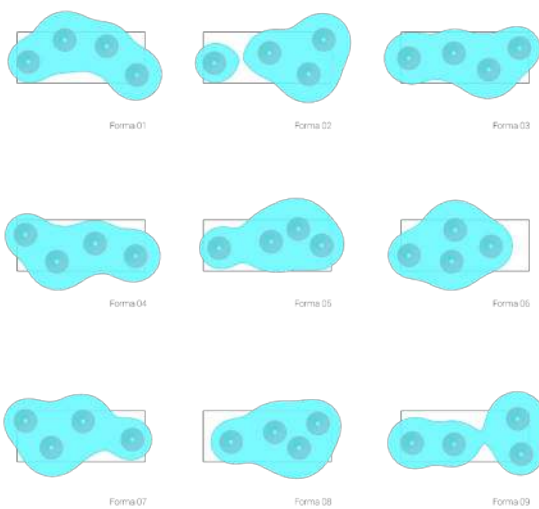


Figura 86. Imagen, autoría propia.

Vista área de la exploración de forma para la nueva estación del Trole Bus de la plaza chica, generada por algoritmos en el programa Grasshopper de Rhinoceros.

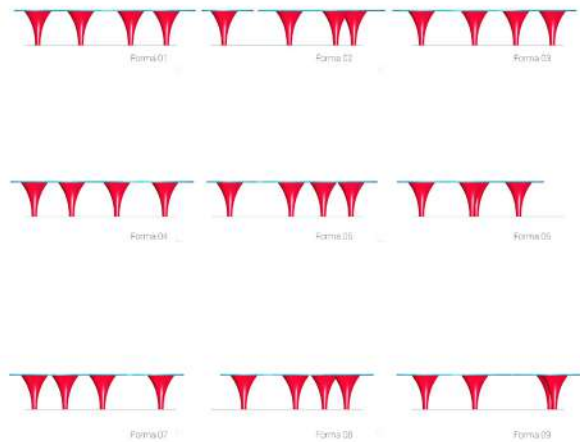


Figura 87. Imagen, autoría propia.

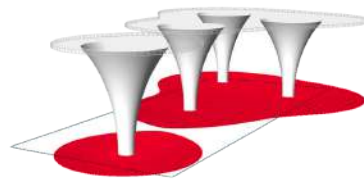
Vista frontal de la exploración de forma para la nueva estación del Trole Bus de la plaza chica, generada por algoritmos en el programa Grasshopper de Rhinoceros.

## EXPLORACIÓN DE FORMA

Perspectiva - Estacion la Plaza Chica



Forma 01



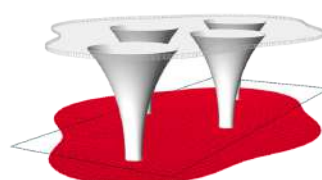
Forma 02



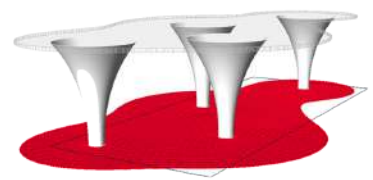
Forma 03



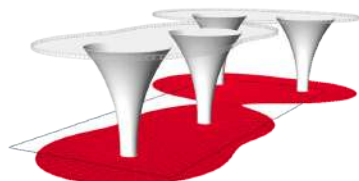
Forma 04



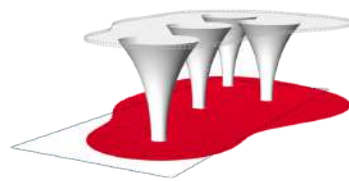
Forma 05



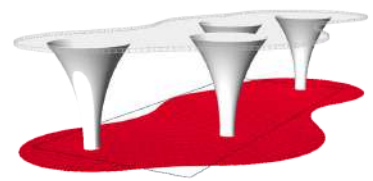
Forma 06



Forma 07



Forma 08



Forma 09

Figura 88. Imagen, autoría propia.

Vista axonométrica de la exploración de forma para la nueva estación del Trole Bus de la plaza chica, generada por algoritmos en el programa Grasshopper de Rhinoceros.

### 5.4.5. Diseño y estructura de soporte de los paneles de micelio.

El diseño del panel de micelio se lo realizo mediante el estudio de absorción y redirección acústica realizado anteriormente. Para el diseño del panel de micelio se tomaron en cuenta parámetros de forma, absorción y dispersión de sonido y tamaño.

El diseño del panel de diseño se lo realizo mediante algoritmos generados en el programa Grasshopper de Rhinoceros, como principio de diseño para el panel de micelio se utilizo un algoritmo en base a la producción de puntos aleatorios, los cuales se asemejan al crecimiento propio de las hifas para formar el micelio.

El tamaño para el panel de micelio varía de acuerdo con la forma en la cual se lo vaya a colocar, sus medidas van desde los 200cm de largo x 100cm de ancho x 12 cm de espesor tomando en cuenta la estructura que tendrá el mismo.

La estructura que dará soporte a los paneles de micelio está compuesta por tubos cuadrados metálicos. Los paneles de micelio se anclarán a estos por medio de imágenes los cuales permiten un fácil mantenimiento del mismo o a su vez cambiarlos de ser necesario sin tener que desmontar o afectar directamente a otros paneles o a la estructura del mismo.

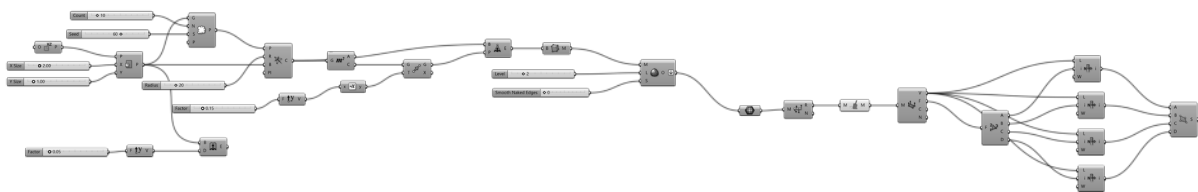


Figura 89. Algoritmo, autoría propia.

Algoritmo generado para el diseño del panel de micelio en el programa Grasshopper de Rhinoceros.



Figura 90. Imagen, autoría propia.

Vista frontal y posterior del panel diseñado a base de las características propias del crecimiento aleatorio que realiza el micelio en su entorno natural.

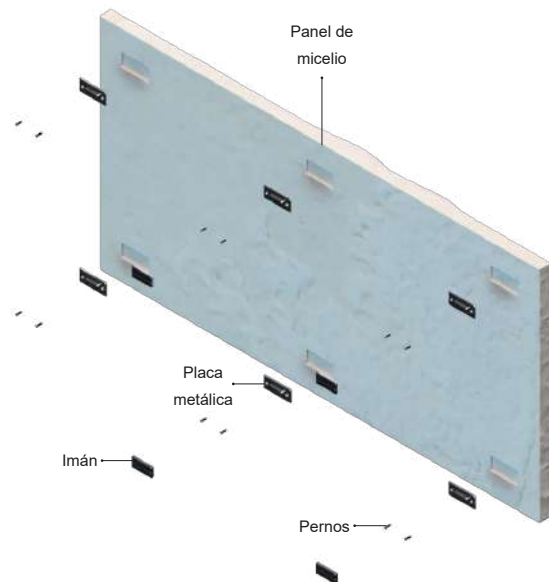


Figura 91. Imagen, autoría propia.

Vista posterior del panel de micelio, se aprecian las placas de anclaje por medio de una pletina metálica con pernos que se adhieren al panel de micelio, también se puede observar el imán que servirá como soporte del mismo con la estructura principal.



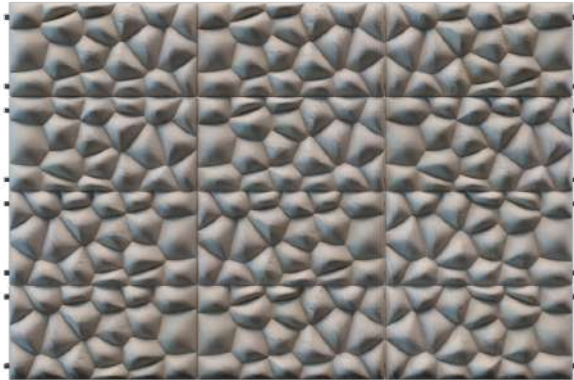


Figura 92. Imagen, autoría propia.

Vista frontal de los paneles a base de micelio colocados aleatoriamente sobre su estructura.



Figura 93. Imagen, autoría propia.

Vista posterior de los paneles a base de micelio colocados aleatoriamente sobre su estructura.

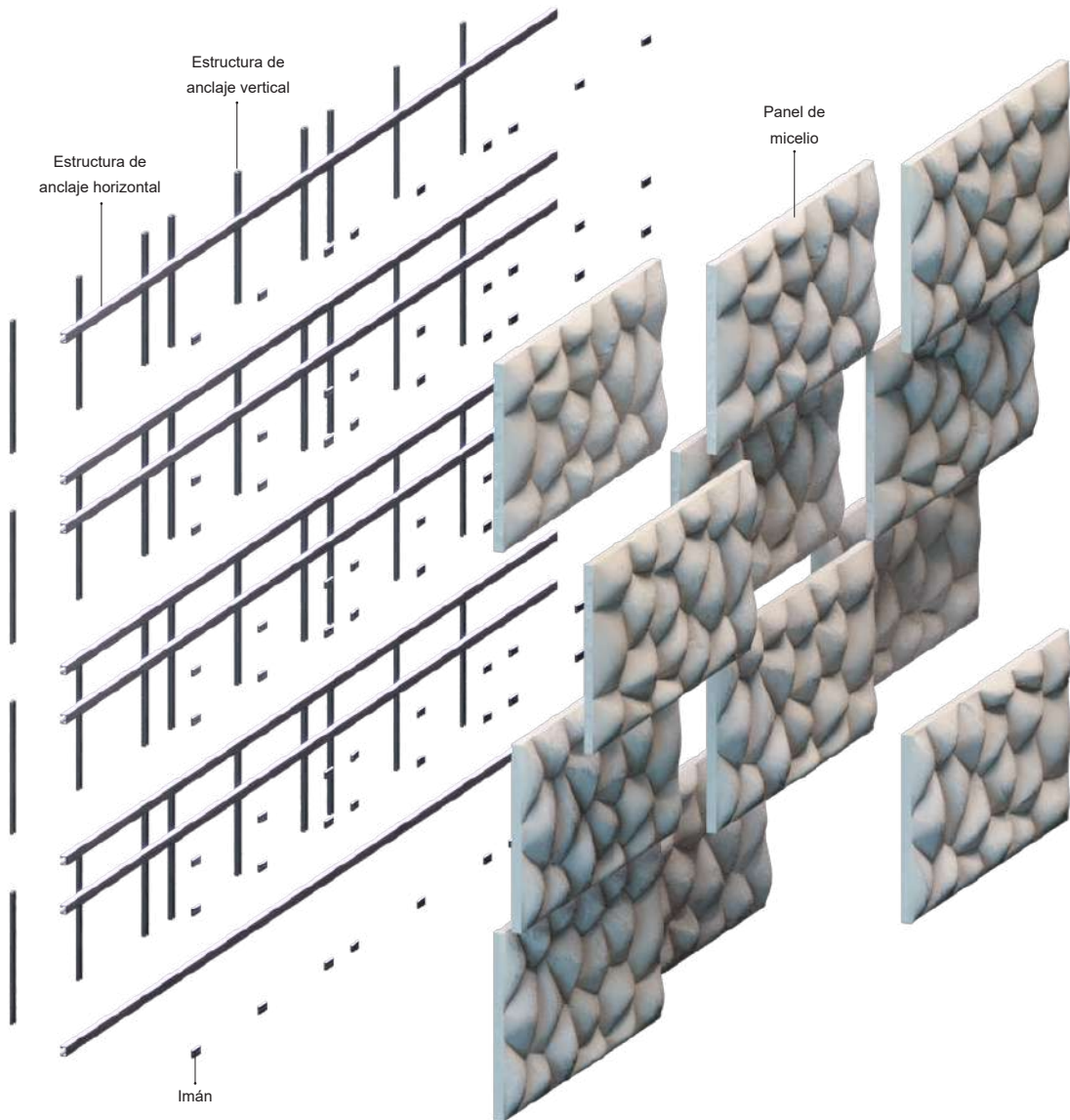


Figura 94. Imagen, autoría propia.

Vista axonométrica de estructura conjuntamente con los paneles de micelio.

# PROYECTO

## NUEVA ESTACION DEL TROLE BUS LA PLAZA CHICA

### 5.4.5. Planos arquitectónicos y detalles constructivos.



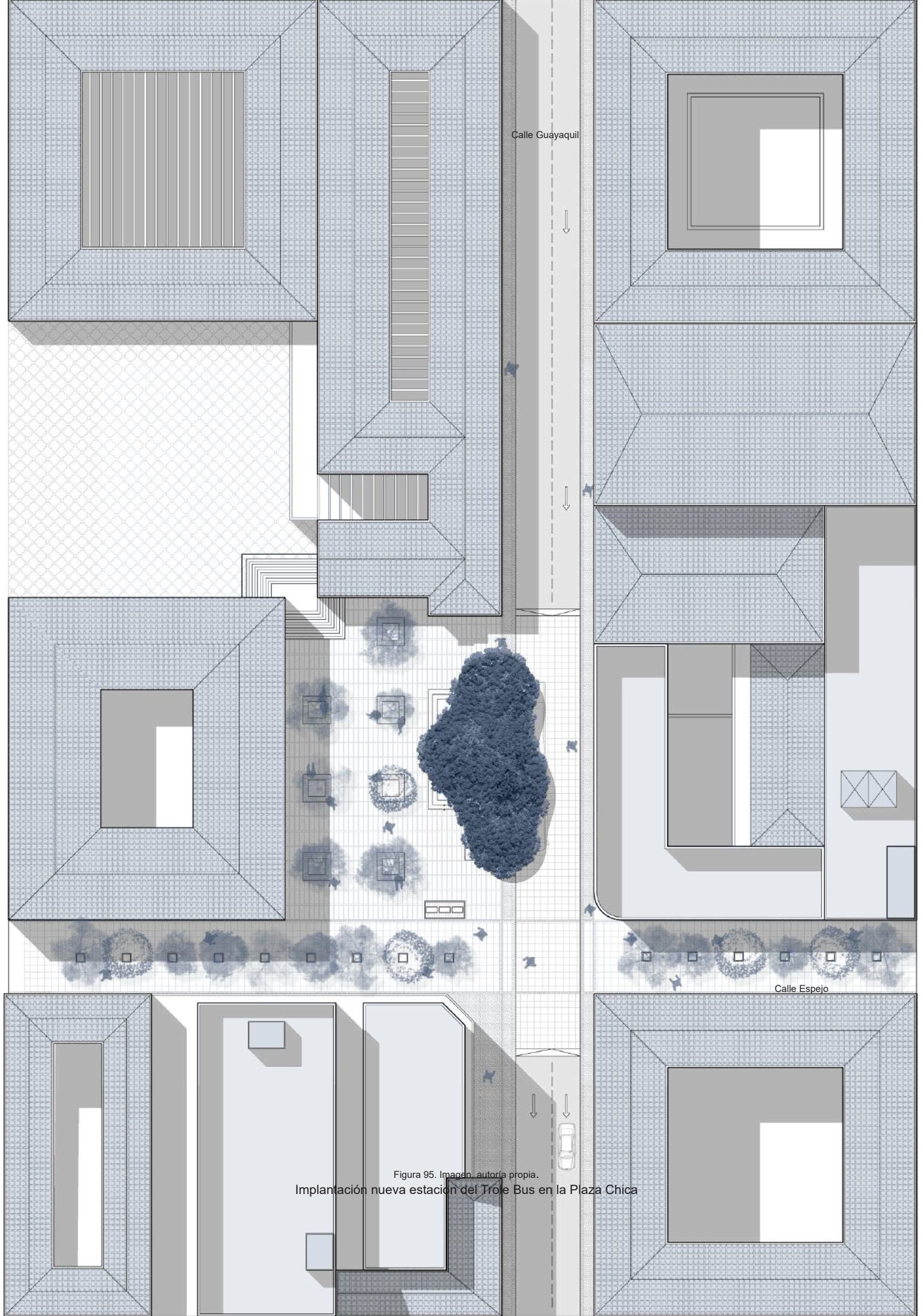




Nueva estación del Trole Bus la Plaza Chica

Figura 95. Imagen, autoría propia.





Calle Guayaquil

Calle Espejo

Figura 95. Imagen autoría propia.  
Implantación nueva estación del Trole Bus en la Plaza Chica



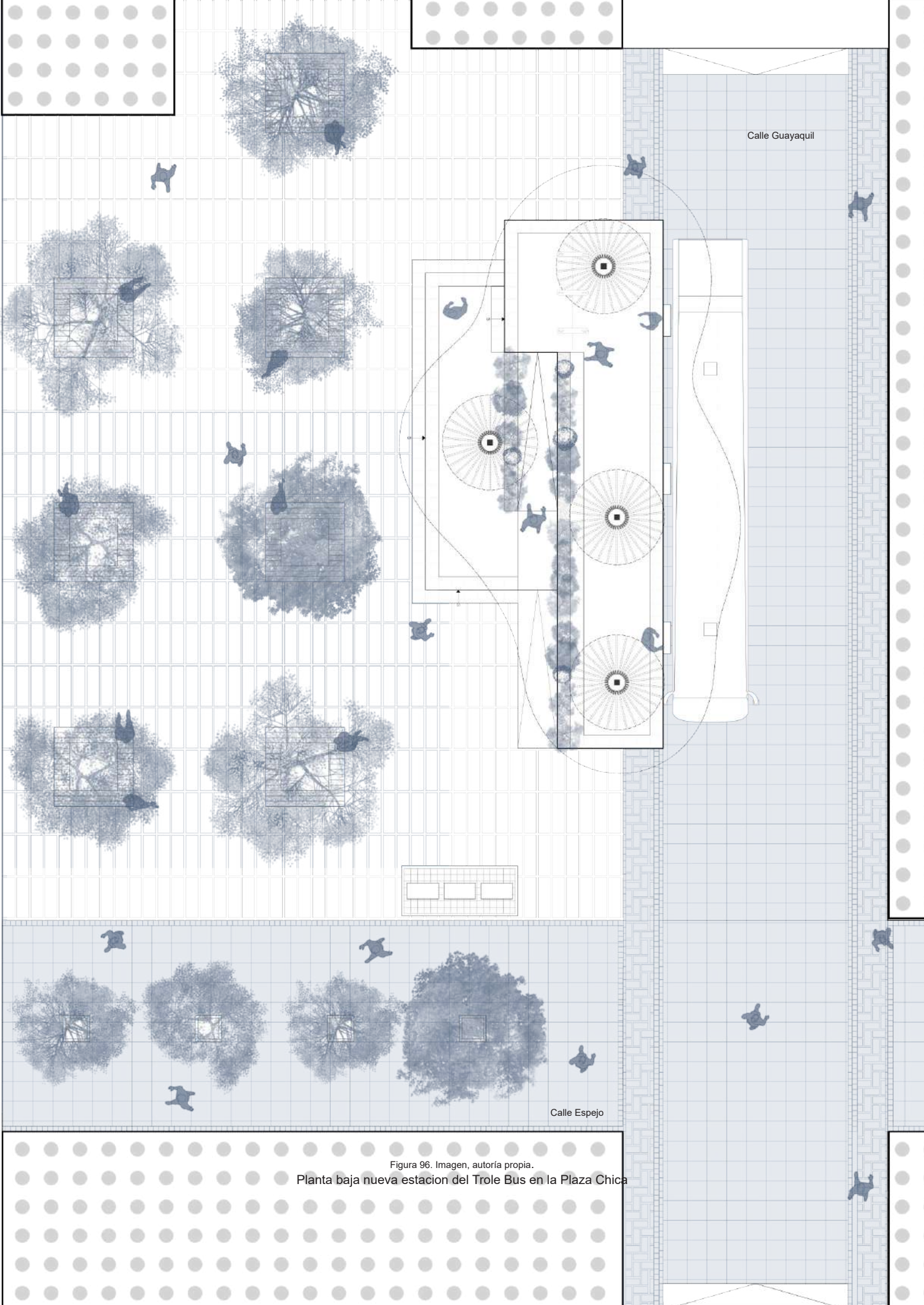
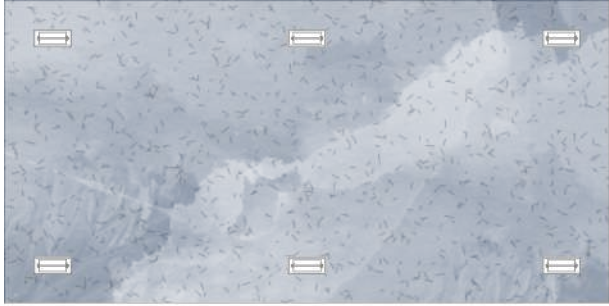


Figura 96. Imagen, autoría propia.

Planta baja nueva estación del Trole Bus en la Plaza Chica

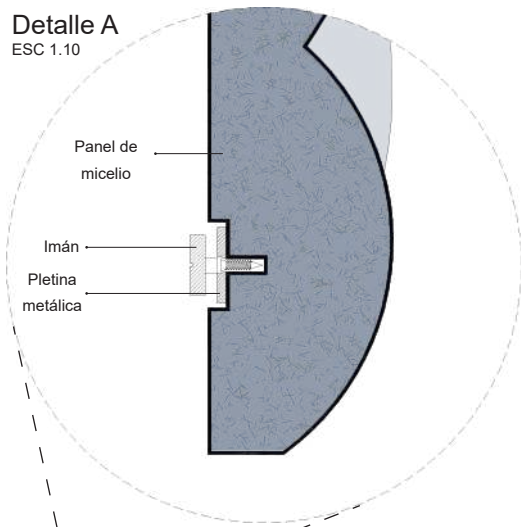
### Detalle constructivo

### Elevación Posterior ESC 1.25



### Elevación frontal ESC 1.25

### Detalle A ESC 1.10



### Elevación lateral ESC 1.25

Figura 97. Imagen, autoría propia.  
Detalle constructivo del panel de micelio utilizado.

### Elevación oeste sin escala





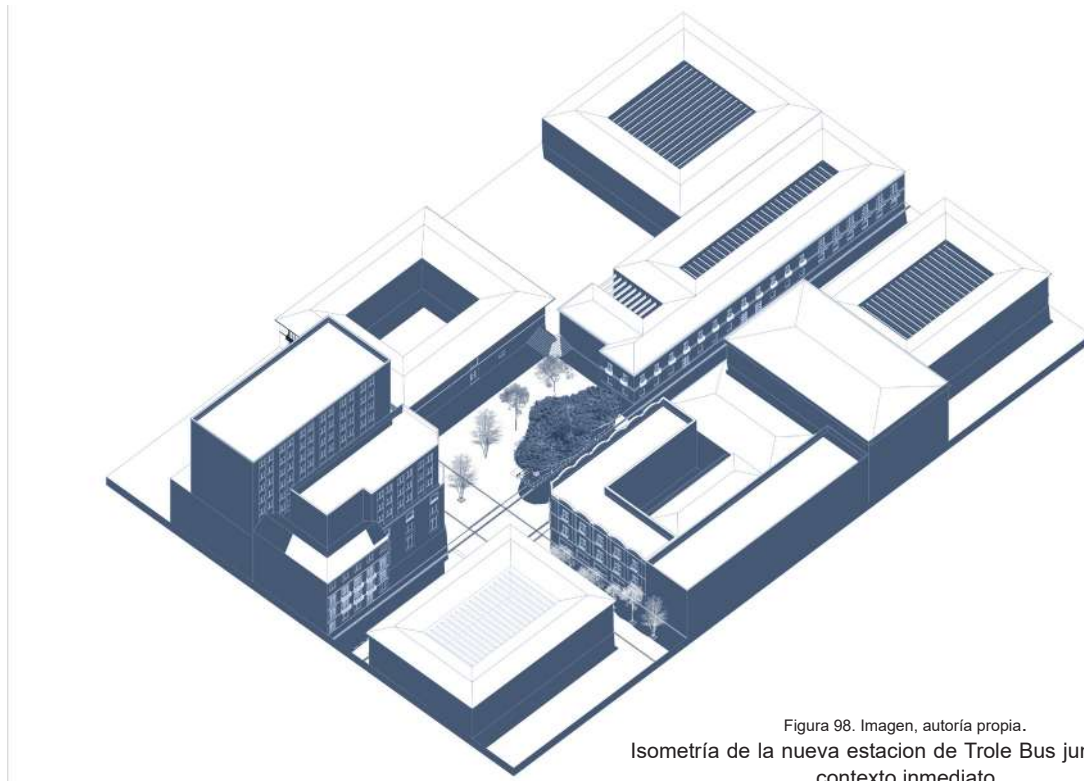


Figura 98. Imagen, autoría propia.  
Isometría de la nueva estación de Trole Bus junto con su contexto inmediato

Elevación Norte  
sin escala

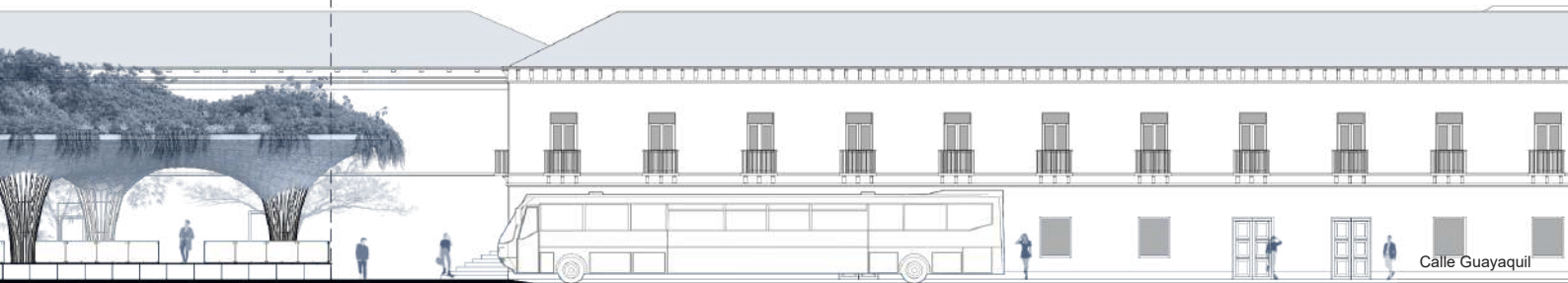


Figura 99. Imagen, autoría propia.  
Fachada este de la nueva estación de Trole Bus junto con su contexto inmediato

Elevación este  
sin escala



Figura 100. Imagen, autoría propia.  
Fachada este de la nueva estación de Trole Bus junto con su contexto inmediato



Elevación norte  
sin escala



Figura 101. Imagen, autoría propia.  
Fachada norte de la nueva estación de Trole Bus.

Elevación este  
sin escala



Figura 103. Imagen, autoría propia.  
Fachada este de la nueva estación de Trole Bus.



Elevación sur  
sin escala



Figura 102. Imagen, autoría propia.  
Fachada sur de la nueva estación de Trole Bus.

Elevación oeste  
sin escala



Figura 104. Imagen, autoría propia.  
Fachada oeste de la nueva estación de Trole Bus.



Isometría  
sin escala



Figura 105. Imagen, autoría propia.  
Isometría de la nueva estación de Trole Bus





5.4.7. Imágenes de visualización.



Figura 106. Imagen, autoría propia.  
Imagen de visualización de la nueva estación de Trole Bus con su contexto inmediato.









Figura 107. Imagen, autoría propia.  
Imagen de visualización de la nueva estación de Trole Bus desde la calle Espelo.





Figura 108. Imagen, autoría propia.

Imagen de visualización de la nueva estación de Trole Bus desde la calle Espejo.





Figura 109. Imagen, autoría propia.  
Imagen de visualización de la nueva estación de Trole Bus desde la Plaza Chica





Figura 110.- Imagen  
Imagen de visualización de la nueva estación de Trole Bus desde la calle Guayaquil.

# **6 CONCLUSIONES**



El sector de la construcción es uno de los mayores contaminantes del planeta, cerca del 40% de residuos son generados por este. El impacto ambiental que deja el sector de la construcción ha repercutido directamente de manera directa e indirecta a ríos, bosques, la capa de ozono, entre otros. Por esta razón actualmente se está buscando la forma no solo de minimizar el impacto de estos, sino también buscar nuevos materiales los cuales no tengan un impacto directo ni significativo hacia el medio ambiente.

Los materiales de construcción tienen un costo de producción energético muy elevado, muchos de estos no se los puede degradar fácilmente y solo una parte de ellos pueden ser reutilizados y reciclados. Actualmente en el mundo el 40% de los materiales de construcción se encuentran en basureros ya que no pueden ser reutilizados ni tienen una fácil degradación, así mismo son los principales generadores de emisiones de dióxido de carbono teniendo una gran implicación en la degradación de la capa de ozono que con el pasar de los años ha ido disminuyendo considerablemente y generando problemas climáticos drásticos alrededor del planeta.

Durante los últimos años se han hecho muchas investigaciones sobre nuevos materiales que puedan ser utilizados para la construcción, y que estos puedan reemplazar o bajar el uso de los mismos por el daño y costo energético que implica para el planeta. Uno de estos nuevos materiales y que cada vez tiene nuevos tipos de usos tanto para la construcción como para las diferentes industrias como la textil, manufacturación de moldes, robótica, entre otras; es el Micelio.

El micelio al ser un material natural es totalmente biodegradable y reutilizable luego de su vida útil. tiene un costo energético 0 y un bajo precio de producción. Entre las principales cualidades de este nuevo material esta su fácil moldeabilidad y rápida producción, actualmente ya se lo utiliza como un material retardante al fuego por su lenta etapa de carbonización, insonorizante ya que tiene una gran absorción de las ondas acústicas por las características de sus fibras propias de un material natural y térmico por su gran conservación de temperatura principalmente en climas fríos. Nuevos estudios han arrojado que es un material muy resistente a la compresión por lo que se estima en un futuro podría ser el remplazante natural del bloque u otros materiales estructurales que actualmente se los está utilizando.

Para esta investigación se utilizó al micelio como un nuevo material de diseño arquitectónico y de control acústico. No solo por sus cualidades técnicas y su fácil moldeabilidad, sino también por su belleza natural, propia del material, en la cual cada panel, bloque u objeto tendrá un acabado único y nunca el uno será igual al otro.

Dentro de todo el estudio que se pudo realizar sobre el micelio como un nuevo material para el diseño arquitectónico se puede concluir, que a pesar de ser totalmente un nuevo material en la construcción y que aún se lo sigue estudiando y analizando seguramente en unos pocos años empezará a revolucionar no solo en el campo del diseño arquitectónico sino también ingenieril.

El micelio al ser un material totalmente natural, biodegradable, de fácil producción, fácilmente reemplazable, duradero y moldeable; nos abre un sinfín de nuevas posibilidades en cuanto al diseño arquitectónico. Su textura y color natural únicos en cada pieza le da una identidad propia no solo al material si no también al sitio donde esta se lo utilice.

Según todos los estudios realizados al micelio en base al aislamiento térmico alrededor del mundo nos invita a su utilización como un material retardante del fuego por su lenta carbonización. Al ser un material natural no se tendría problemas de salud como lo son ocasionados por el asbesto que se lo utiliza en la construcción.

En cuanto a la utilización del micelio como paneles de aislante acústico se puede concluir no solo por la investigación sino también por las distintas pruebas interactivas que se hizo del material que es totalmente factible su utilización tanto para interiores como para exteriores. Este no solo hace que rebote el sonido sino también tiene una gran cantidad de absorción propia por las fibras naturales del material.

### **ABSORCIÓN ACÚSTICA**

Nueva estación del Trole Bus - La Plaza Chica

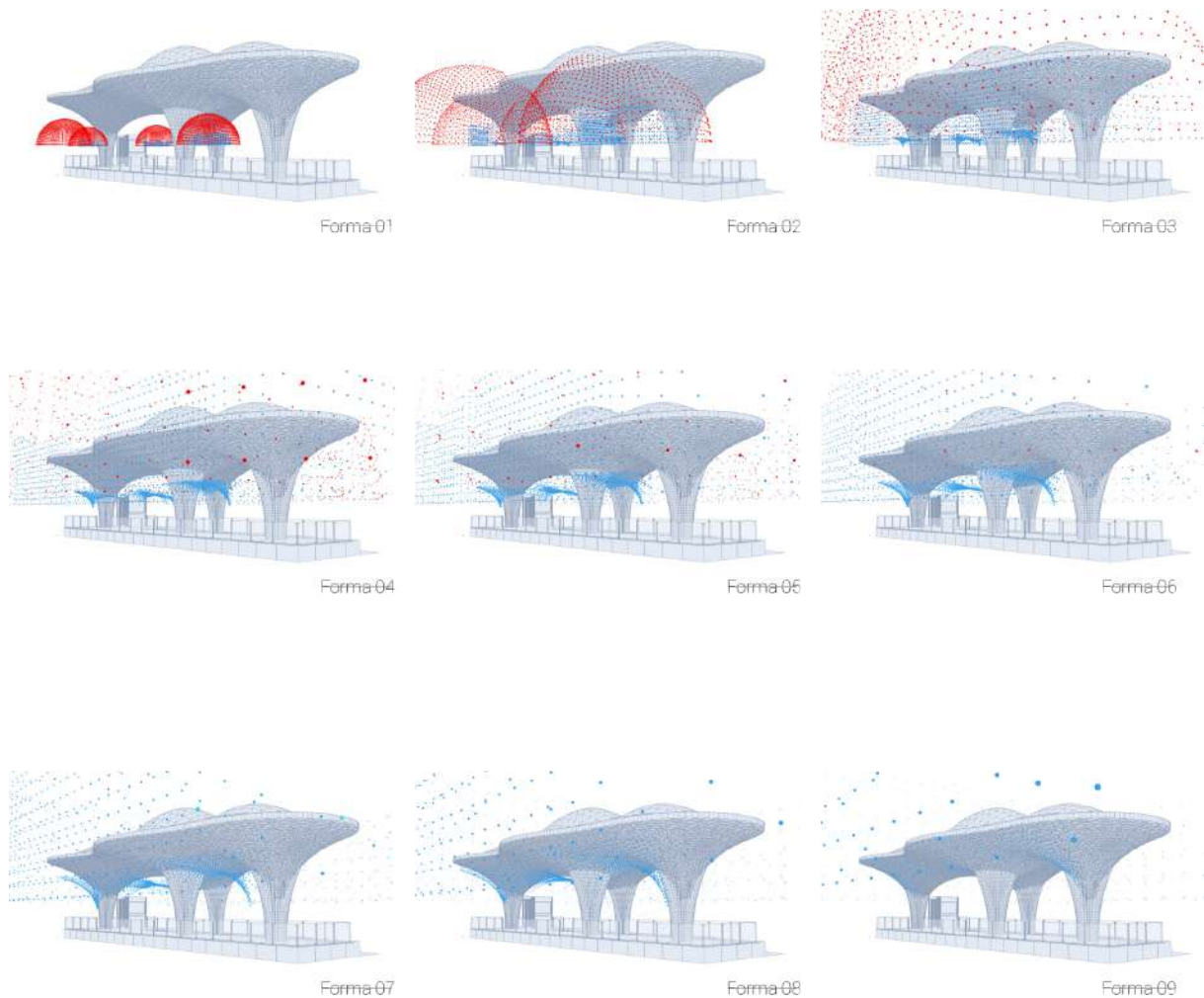


Figura 111. Imagen, autoría propia.

Imagen de absorción del eco y sonido en la nueva Estación del Trole con la utilización de los paneles acústicos.

Los altos niveles acústicos actualmente en la Plaza Chica hacen del micelio un material totalmente loable para su utilización dentro de este contexto. Gracias a las pruebas acústicas realizadas por el programa Grasshopper y el diseño de la nueva estación del Trole Bus de La Plaza Chica se puede concluir que si se puede bajar en gran medida los altos niveles acústicos que existen actualmente en el lugar. Como se lo demuestra en el siguiente gráfico, en el cual se puede observar cómo los paneles acústicos de micelio absorben el eco y disipan el sonido generado por carros, vendedores ambulantes, música, entre otros.

Por medio del recorrido del sol en la estación del Trole Bus en la Plaza Chica se puede concluir que es totalmente factible la utilización del micelio al estar protegido no solo de los rayos solares directos del sol sino también de la lluvia. La cubierta verde en la parte superior de la estación actúa como un colchón y recogedor de agua lluvia. Así mismo la forma de su cubierta al tener un voladizo de 2 a 3 metros sobre la estación genera un espacio de sombra y protección de la lluvia a los usuarios.

### RECORRIDO SOLAR

Estacion la Plaza Chica

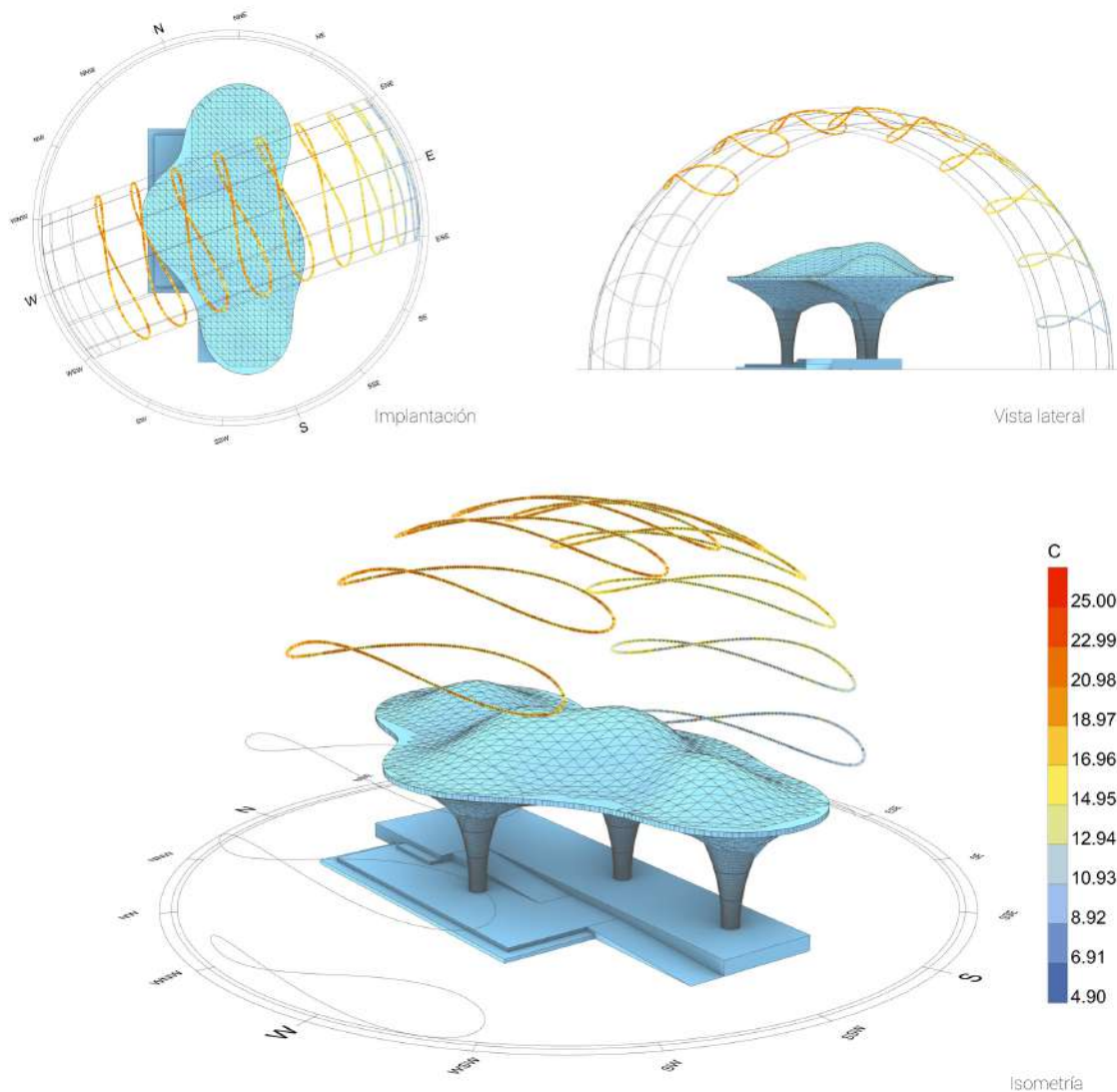


Figura 112. Imagen, autoría propia.  
Imagen del recorrido del sol en la estación del Trole Bus de la Plaza Chica.



## ÍNDICE DE RADIACIÓN SOLAR

Estacion la Plaza Chica

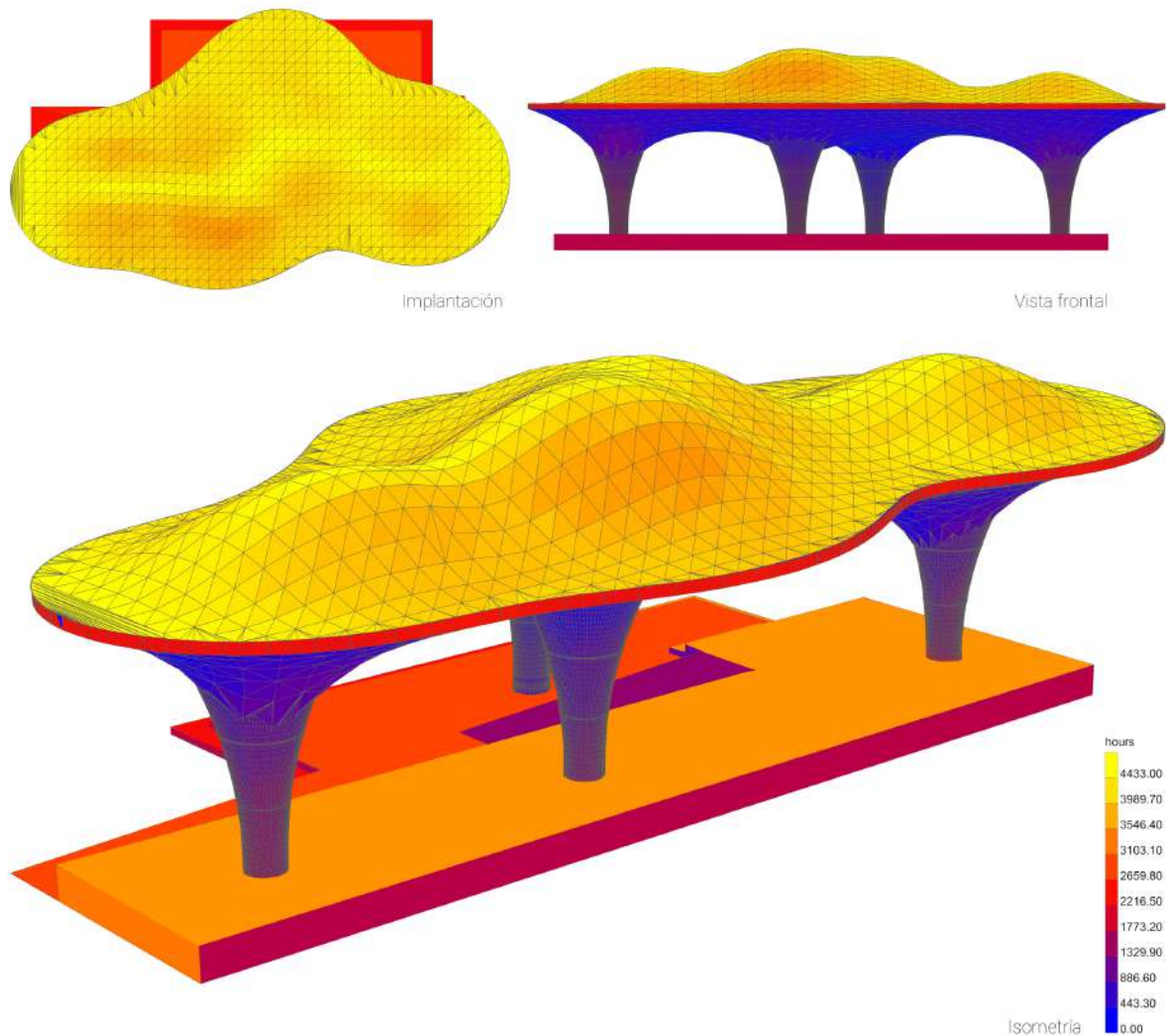


Figura 113. Imagen, autoría propia.

Imagen del índice de radiación solar en la estación del Trole Bus de la Plaza Chica.

El diseño funcional y arquitectónico de la nueva estación del Trole Bus permite al usuario tener una relación directa con su entorno inmediato, sin limitantes visuales ni obstáculos lo cual permite una permeabilidad y relación directa donde esta se encuentra emplazada.

Si bien la investigación del micelio en este caso se centró directamente en combatir un problema acústico en específico, es preciso recalcar como se lo ha visto a lo largo de toda la investigación que puede tener varias aplicaciones que pueden ser estudiadas como es el control térmico, diseño de mobiliario, diseño estructural, entre otros.

El uso del micelio como un material vivo nos puede brindar una investigación nueva y complementaria a la que actualmente se la está realizando, abriendo un sinfín de posibilidades nuevas para su utilización.

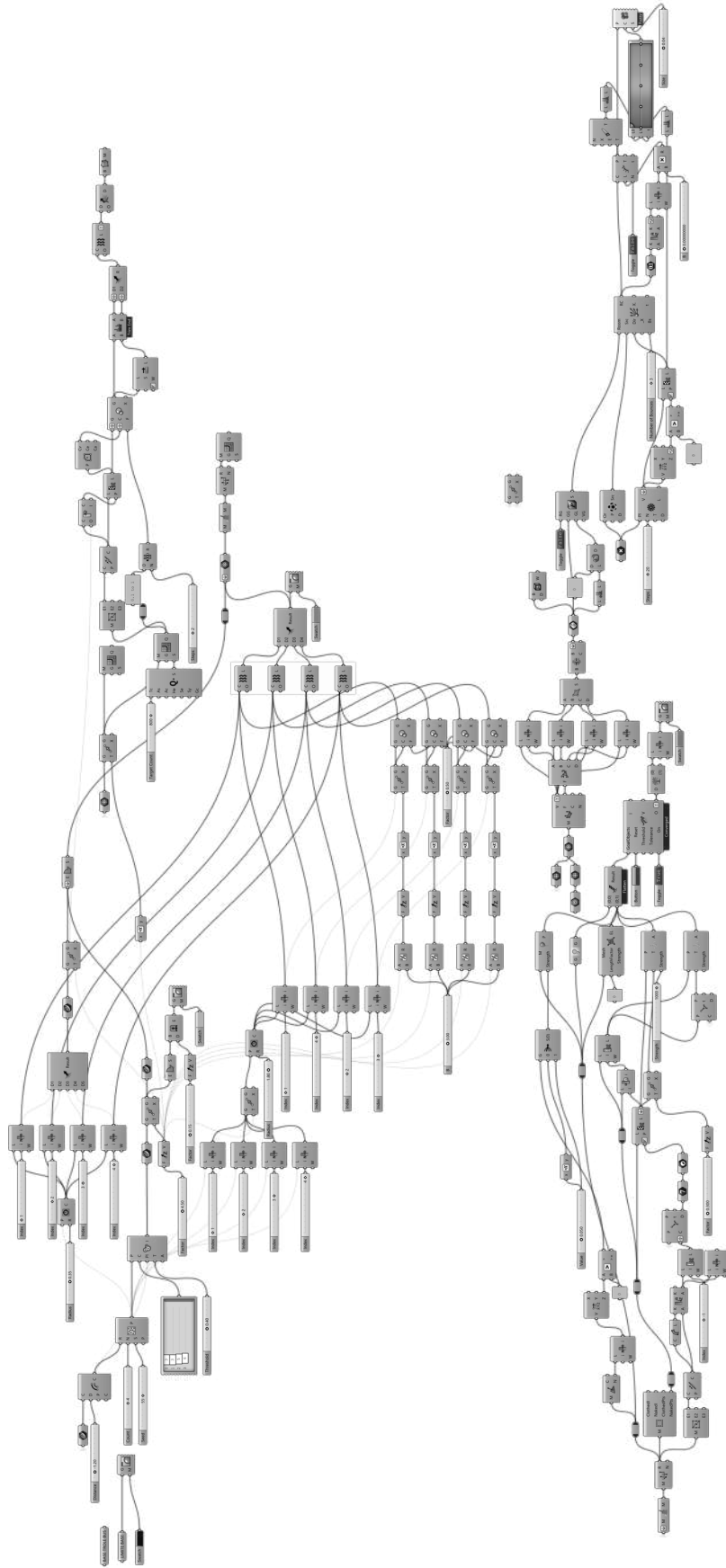


Figura 114. Imagen, autoría propia.

Algoritmo final utilizado para el diseño de la nueva estación del Trole Bus.

## BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, M. B. (20 de Enero de 2021). Ecología Verde. Obtenido de Que son las esporas: <https://www.ecologiaverde.com/que-son-las-esporas-2261.html>
- Acosta, M. B. (febrero de 2021). Micorrizas. Obtenido de <https://www.ecologiaverde.com/micorrizas-que-son-y-tipos-2498.html>
- Adesper. (2007). Saprofitas. Obtenido de <http://www.adesper.com/projects/biodiversidadfungica/06.1.saprofitos.php>
- AISTEC. (abril de 2023). Acondicionamiento acústico . Obtenido de <https://aistec.com/diferencias-aislamiento-acondicionamiento-acustico/>
- Alonso, J. R. (mayo de 2000). Obtenido de <https://www.med-informatica.com/TERAPEUTICA-STAR/FibrasVegetales1.htm#:~:text=Hemicelulosa%3A%20Es%20un%20pol%C3%ADmero%20ramificado,%2C%20repollo%20de%20Bruselas%2C%20remolacha.>
- Alvarado, D. A. (Diciembre de 2013). Diseño paramétrico en Arquitectura; método, técnicas y aplicaciones. Obtenido de Diseño paramétrico en Arquitectura; método, técnicas y aplicaciones.: [https://www.researchgate.net/publication/270520542\\_Diseño\\_paramétrico\\_en\\_Arquitectura\\_método\\_técnicas\\_y\\_aplicaciones](https://www.researchgate.net/publication/270520542_Diseño_paramétrico_en_Arquitectura_método_técnicas_y_aplicaciones)
- American., S. (2019).
- archdaily. (8 de Agosto de 2022). Materiales de micelio. Obtenido de <https://www.archdaily.cl/cl/986651/materiales-de-micelio-el-futuro-de-cultivar-nuestros-hogares>
- Archdaily. (s.f.). Arquitectura biomimética. Obtenido de <https://www.archdaily.cl/cl/02-312614/arquitectura-biomimética-que-podemos-aprender-de-la-naturaleza>
- ARCHDESK, K. (4 de Marzo de 2021). Archdesk. Obtenido de Contaminación atmosférica: <https://archdesk.com/es/blog/como-afecta-la-construccion-al-medio-ambiente/#:~:text=El%20sector%20de%20la%20construcci%C3%B3n%20es%20responsable%20de%2039%25%20de,-fabricaci%C3%B3n%20de%20materiales%20de%20construcci%C3%B3n.>
- Aritmetrics. (19 de Febrero de 2022). Software. Obtenido de <https://www.aritmetrics.com/glosario-digital/software>
- Arq, F. (29 de Agosto de 2020). Fen Arq. Obtenido de Arquitectura Paramétrica: <https://www.fenarq.com/2020/08/arquitectura-parametrica.html>
- Arturo Avila Lopez, P. Y. (26 de Julio de 2020). Ciencia digital. Obtenido de Crecimiento del micelio Ganoderma Lucidum: [https://cienciadigital.org/revistacienciadigital2/index.php/CienciaDigital/article/view/1324/3665#content/figure\\_reference\\_1](https://cienciadigital.org/revistacienciadigital2/index.php/CienciaDigital/article/view/1324/3665#content/figure_reference_1)
- Atanasov, A. (mayo de 2023). Pexels. Obtenido de Fotografía: <https://www.pexels.com/es-es/foto/hongos-browm-210808/>
- Biolaboro. (Abril de 2023 ). Biofilia. Obtenido de <https://biolaboro.com/que-es-la-biofilia/>
- Biomimicryberia. (20188). Biomimesis. Obtenido de <https://biomimicryberia.com/biomimesis/>



- Biopolymers, P. (30 de junio de 2022). PLA. Obtenido de [https://primebiopol.com/plastico-plaque-es-y-para-que-se-utiliza/#:~:text=El%20PLA%20\(%C3%A1cido%20polil%C3%A1ctico\)%20es,una%20gran%20cantidad%20de%20industria.](https://primebiopol.com/plastico-plaque-es-y-para-que-se-utiliza/#:~:text=El%20PLA%20(%C3%A1cido%20polil%C3%A1ctico)%20es,una%20gran%20cantidad%20de%20industria.)
- BioWeb. (07 de Junio de 2019). FungiWEB. Obtenido de <https://bioweb.bio/fungiweb/Introduccion>
- BOBADILLA, A. M. (13 de Diciembre de 2018). IMPACTO AMBIENTAL DURANTE EL PROCESO DE CONSTRUCCIÓN. Obtenido de <https://cmicac.com/2018/12/13/impacto-ambiental-durante-el-proceso-de-construccion/>
- Brutal.org. (19 de Octubre de 2018). Bioindicadores. Obtenido de <https://www.brutal.org.es/que-son-los-bioindicadores/>
- Bus, T. (15 de marzo de 2023). Trole Bus. Obtenido de <https://www.trolebus.gob.ec>
- Capon, L. (abril de 2023). Obtenido de <http://www.digiart21.org/art/fungus-furniture>
- Casey, C. (abril de 2023). Pexels. Obtenido de Fotografía: <https://www.pexels.com/es-es/foto/puentes-y-edificios-de-la-ciudad-1152849/>
- Ceballos, I. (Junio de 2022). LA ANASTOMOSIS EN LOS HONGOS. ANASTOMOSIS. Bogota, Colombia.
- Centre, K. K.-E. (Septiembre de 2017). MycoTree. Obtenido de <https://www.world-architects.com/en/architecture-news/works/mycotree>
- Cervera, A. (Febrero de 2020). SIMBIOTA. Obtenido de <https://www.simbiotia.com/biomimesis/>
- chapingo, R. (agosto de 2017). scielo. Obtenido de [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1027-152X2017000200103&script=sci\\_arttext&lng=es#:~:text=El%20quitosano%2C%20forma%20desacetilada%20de,sin%20toxicidad%20o%20efectos%20secundarios.](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1027-152X2017000200103&script=sci_arttext&lng=es#:~:text=El%20quitosano%2C%20forma%20desacetilada%20de,sin%20toxicidad%20o%20efectos%20secundarios.)
- Coelho, F. (27 de mayo de 2019). Sustentabilidad. Obtenido de significado: <https://www.significados.com/sustentabilidad/>
- Coelho, F. (abril de 2023). Morfología. Obtenido de Significados: <https://www.significados.com/morfologia/>
- Coelho, F. (19 de enero de 2023). Significados. Obtenido de Morfología: <https://www.significados.com/morfologia/>
- collective, C. (Junio de 2017). Obtenido de <https://www.caracaracollective.com/grownstructures>
- Concepto, E. (2022). Reino Fungi. Obtenido de <https://concepto.de/reino-fungi/>
- concrete, C. (23 de abril de 2018). Mushrooms. Obtenido de Mycelium: <https://criticalconcrete.com/building-with-mushrooms/>
- conocer, J. L.-P. (25 de Marzo de 2016). Plaza Chica. Obtenido de <https://www.porconocer.com/ecuador/plaza-chica-de-quito.html>
- Construmatica. (24 de febrero de 2009). Resistencia. Obtenido de <https://www.construmatica.com/construpedia/Resistencia>
- coworks, M. (Noviembre de 2022). Mycoworks. Obtenido de <https://www.mycoworks.com/>

- Dahmen, J. (12 de 12 de 2022). The University of British Columbia. Obtenido de <https://sala.ubc.ca/work/mycelium-mockup>
- Dahmen, J. (abril de 2023). Mycelium MockUP. Obtenido de <https://sala.ubc.ca/work/mycelium-mockup>
- Demográfico, M. p. (febrero de 2022). Contaminacion acústica . Obtenido de <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/contaminacion-acustica/>
- Dicciomed. (Abril de 2023). Protista. Obtenido de Dicciomed: <https://dicciomed.usal.es/palabra/protista>
- Bus, T. (15 de marzo de 2023). Trole Bus. Obtenido de <https://www.trolebus.gob.ec>
- Capon, L. (abril de 2023). Obtenido de <http://www.digiart21.org/art/fungus-furniture>
- Casey, C. (abril de 2023). Pexels. Obtenido de Fotografía: <https://www.pexels.com/es-es/foto/puentes-y-edificios-de-la-ciudad-1152849/>
- Ceballos, I. (Junio de 2022). LAANASTOMOSIS EN LOS HONGOS. ANASTOMOSIS. Bogota, Colombia.
- Centre, K. K.-E. (Septiembre de 2017). MycoTree. Obtenido de <https://www.world-architects.com/en/architecture-news/works/mycotree>
- Cervera, A. (Febrero de 2020). SIMBIOTA. Obtenido de <https://www.simbiotia.com/biomimesis/>
- chapingo, R. (agosto de 2017). scielo. Obtenido de [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1027-152X2017000200103&script=sci\\_arttext&lng=es#:~:text=El%20qitosano%2C%20forma%20desacetilada%20de,sin%20toxicidad%20o%20efectos%20secundarios.](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1027-152X2017000200103&script=sci_arttext&lng=es#:~:text=El%20qitosano%2C%20forma%20desacetilada%20de,sin%20toxicidad%20o%20efectos%20secundarios.)
- Coelho, F. (27 de mayo de 2019). Sustentabilidad. Obtenido de significado: <https://www.significados.com/sustentabilidad/>
- Coelho, F. (abril de 2023). Morfología. Obtenido de Significados: <https://www.significados.com/morfologia/>
- Coelho, F. (19 de enero de 2023). Significados. Obtenido de Morfología: <https://www.significados.com/morfologia/>
- collective, C. (Junio de 2017). Obtenido de <https://www.caracaracollective.com/grownstructures>
- Concepto, E. (2022). Reino Fungí. Obtenido de <https://concepto.de/reino-fungi/>
- concrete, C. (23 de abril de 2018). Mushrooms. Obtenido de Mycelium: <https://criticalconcrete.com/building-with-mushrooms/>
- conocer, J. L.-P. (25 de Marzo de 2016). Plaza Chica. Obtenido de <https://www.porconocer.com/ecuador/plaza-chica-de-quito.html>
- Construmatica. (24 de febrero de 2009). Resistencia. Obtenido de <https://www.construmatica.com/construpedia/Resistencia>
- coworks, M. (Noviembre de 2022). Mycoworks. Obtenido de <https://www.mycoworks.com/>





- Genome, N. H. (25 de Abril de 2023). Haploide. Obtenido de <https://www.genome.gov/es/genetics-glossary/Haploide#:~:text=Haploide%20se%20refiere%20a%20una,de%20las%20plantas%20son%20diploides>.
- GIBBENS, S. (24 de enero de 2023). National Geographic. Obtenido de 2023: <https://www.nationalgeographic.com/ciencia/2023/01/hongo-parasito-podria-evolucionar-hasta-converter-a-los-humanos-en-zombis>
- Hernández, R. G. (2021). Inecol Instituto de Ecología A.C. Obtenido de <https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/ct-menu-item-25/ct-menu-item-27/17-ciencia-hoy/758-los-hongos-comestibles-fuente-de-antioxidantes-de-beneficio-a-la-salud#:~:text=%C3%89stos%20tienen%20la%20capacidad%20de,y%20el%20Zinc%2C%20entre%20otros>.
- Ignacio Fuentes, C. M. (Junio de 2020). Bio Fabricación. Micelio como material de construcción. Madrid, España.
- Imaginario, A. (s.f.). La Sagrada Familia. Obtenido de Arquitectura: <https://www.culturagenial.com/es/basilica-la-sagrada-familia/>
- Inarquia. (abril de 2023). Inarquia. Obtenido de Micotectura: <https://inarquia.es/micotectura-uso-posibilidades-micelio-hongos-arquitectura/>
- Ingrassia, V. (29 de enero de 2020). Infobae. Obtenido de Hongos venenosos: <https://www.infobae.com/salud/2020/01/29/hongos-venenosos-cuales-son-y-como-reconocer-las-9-especies-toxicas-que-no-se-deben-consumir/>
- Jung. (12 de 12 de 2022). World Architects. Obtenido de <https://www.world-architects.com/en/architecture-news/works/mycotree>
- Kumar, N. (Mayo de 2023). Pexels. Obtenido de Fotografía: <https://www.pexels.com/es-es/foto/fotografia-de-enfoque-selectivo-de-hongos-566880/>
- Larousse Editorial, S. (2009). hidrófugo. Obtenido de <https://es.thefreedictionary.com/hidr%C3%B3fugo>
- LibreTexts. (30 de Octubre de 2022). LibreTexts. Obtenido de Protistas y Hongos: [https://espanol.libretexts.org/Educaci%C3%B3n\\_B%C3%A1sica/Biolog%C3%ADa/08%3A\\_Protistas\\_y\\_Hongos](https://espanol.libretexts.org/Educaci%C3%B3n_B%C3%A1sica/Biolog%C3%ADa/08%3A_Protistas_y_Hongos)
- Mandin. (12 de 12 de 2022). Grown Structures. Obtenido de [www.mandin.earth/grown-structures-2](http://www.mandin.earth/grown-structures-2)
- MAPFRE. (01 de marzo de 2021). Sostenibilidad. Obtenido de <https://www.mapfre.com/actualidad/innovacion/biomimesis/#:~:text=La%20biom%C3%ADmesis%2C%20que%20tambi%C3%A9n%20se,de%20biomateriales%20de%20toda%20%C3%ADndole>.
- MedlinePlus. (abril de 2023). Anastomosis. Obtenido de <https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/002231.htm>
- Metaculos. (Julio de 2014). Hi Fi Tower. Obtenido de <https://www.metalocus.es/en/news/opened-hy-fi-living-momaps1-2014>

- Micropia. (abril de 2023). Micropia. Obtenido de <https://www.micropia.nl/en/discover/microbiology/mycelium/>
- Mogu. (abril de 2023). Mogu. Obtenido de paneles de micelio: <https://mogu.bio/>
- Mogu. (Junio de 2023). Paneles aacusticos. Obtenido de <https://mogu.bio/>
- Moma. (febrero de 2014). Obtenido de <https://www.moma.org/interactives/exhibitions/2013/designandviolence/mycotecture-phil-ross/>
- Motorgiga. (Abril de 2023). Decibel. Obtenido de <https://diccionario.motorgiga.com/decibel>
- Navarra, U. d. (Abril de 2023). Hongo Dimorfico. Obtenido de <https://www.cun.es/diccionario-medico/terminos/hongo-dimorfico>
- NL, K. (febrero de 2015). Chchrane. Obtenido de [https://www.cochrane.org/es/CD007259/VASC\\_hongo-ganoderma-lucidum-lingzhireishi-para-el-tratamiento-de-los-factores-de-riesgo-cardiovasculares](https://www.cochrane.org/es/CD007259/VASC_hongo-ganoderma-lucidum-lingzhireishi-para-el-tratamiento-de-los-factores-de-riesgo-cardiovasculares)
- oficial, E. (28 de febrero de 2019). Materiales petreos. Obtenido de <https://www.eloficial.ec/materiales-petreos-que-se-usan-en-la-construccion/>
- Osorio, U. R. (30 de Noviembre de 2021). Ecología verde - Estructura de los Hongos. Obtenido de Ecología Verde: <https://www.ecologiaverde.com/estructura-de-los-hongos-3676.html>
- Osorio, U. R. (30 de noviembre de 2021). Estructura de los hongos. Obtenido de Ecologia verde: <https://www.ecologiaverde.com/estructura-de-los-hongos-3676.html>
- OZDEMIR, B. (mayo de 2023). Pexels. Obtenido de Arquitectura: <https://www.pexels.com/es-es/foto/edificio-de-hormigon-blanco-3779820/>
- Pacheco, A. L. (23 de Abril de 2012). Arquitectura paramétrica aplicada en envolventes complejas con base en modelos de experimentación en el diseño arquitectónico. Obtenido de Arquitectura paramétrica aplicada en envolventes complejas con base en modelos de experimentación en el diseño arquitectónico: <file:///C:/Users/jarri/Downloads/14045-193-54573-1-10-20200224.pdf>
- PACKAGING, R. (abril de 2023). Sostenibilidad. Obtenido de Biodegradable: <https://www.rovipackaging.com/blog/2020/02/04/que-significa-biodegradable/>
- Plaza, D. (abril de 2023). Motor.es. Obtenido de Coeficiente aerodinamico: <https://www.motor.es/que-es/coeficiente-aerodinamico-cx>
- Portillo, A. L. (12 de Diciembre de 2012). BBC Mundo. Obtenido de Biomimesis: una nueva vieja ciencia: [https://www.bbc.com/mundo/noticias/2010/12/101209\\_biomimesis](https://www.bbc.com/mundo/noticias/2010/12/101209_biomimesis)
- Quimica.es. (20 de Abril de 2023). Quimica.es. Obtenido de Quitina: <https://www.quimica.es/enciclopedia/Quitina.html>
- Quimica.es. (abril de 2023). Zygosporas. Obtenido de <https://www.quimica.es/enciclopedia/Zygosporas.html>
- Ramadhan, R. (Mayo de 2023). Pexel. Obtenido de Naturaleza: <https://www.pexels.com/es-es/foto/planta-de-helecho-verde-884547/>

- Raymi, G. (Abril de 2023). Go Raymi. Obtenido de <https://www.goraymi.com/es-ec/pichincha/quito/calles-barrrios/centro-historico-quito-a14iwygak>
- Reding, M. (mayo de 2023). Pexels. Obtenido de Fotografía: <https://www.pexels.com/es-es/foto/ciudad-cielo-nublado-edificio-7108779/>
- [responsabilidadsocial.net](https://responsabilidadsocial.net). (2023). Sustentabilidad concepto y principios. Obtenido de <https://responsabilidadsocial.net/sustentabilidad-que-es-definicion-concepto-principios-y-tipos/>
- Reyes, R. (12 de Diciembre de 2017). Como construir Arquitectura paramétrica con BIM. Obtenido de Como construir Arquitectura paramétrica con BIM: <https://www.teamnet.com.mx/blog/como-construir-arquitectura-parametrica-con-bim#:~:text=El%20dise%C3%B1o%20param%C3%A9trico%20es%20una,m%C3%A1s%20complejos%2C%20vers%C3%A1tiles%20y%20originales.>
- Roldán, L. F. (28 de junio de 2021). Ecología verde. Obtenido de <https://www.ecologiaverde.com/saprofitos-que-son-y-ejemplos-3461.html>
- Roldan, L. F. (07 de Abril de 2022). Reino Fungi. Obtenido de <https://www.ecologiaverde.com/reino-fungi-que-es-caracteristicas-clasificacion-y-ejemplos-2307.html>
- Ross, P. (12 de 12 de 2022). Fathomers. Obtenido de [fathomers.org/philross](https://fathomers.org/philross)
- Roth-Johnson, L. (26 de agosto de 2014). KQED. Obtenido de <https://www.kqed.org/quest/71171/a-house-made-from-mushrooms-an-artist-dreams-of-a-fungal-future>
- Santiago, I. C. (2020). Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Biocompuestos de Micelio y sus posibles aplicaciones en la Arquitectura. Valladolid, Valladolid, España.
- sentipensante, L. (24 de Junio de 2016). Biomímesis – Ejemplos inspirados en la naturaleza. Obtenido de <https://www.lasentipensante.com/biomimesis-ejemplos-inspirados-en-la-naturaleza-que-nos-recuerdan-lo-sabia-que-es/>
- Sharp, S. R. (28 de marzo de 2021). Hyperallergic. Obtenido de <https://hyperallergic.com/631416/mylo-mushroom-leather-fashion-design/>
- Significados. (8 de noviembre de 2022). Reino Fungi. Obtenido de <https://www.significados.com/reino-fungi/>
- Significados. (abril de 2023). Algoritmos. Obtenido de <https://www.significados.com/algoritmo/>
- Significados. (27 de Abril de 2023). Simbiosis. Obtenido de <https://www.significados.com/simbiosis/>
- Smith, H. K. (2006). Innovation inspired by nature. Ecos.
- Tecnología, H. (15 de agosto de 2019). Que es el bim. Obtenido de <https://www.hiberus.com/crecemos-contigo/que-es-bim-construccion/#:~:text=BIM%20es%20una%20metodolog%C3%A1da%20de,y%20eficacia%20en%20los%20procesos.>
- Universo, E. (s.f.). Micelio, el nuevo material de construcción sostenible. Obtenido de <https://www.eluniverso.com/larevista/disenomielio-el-nuevo-material-de-construccion-sostenible-nota/>



- Viva, A. (s.f.). Estadio nacional de Pekin. Obtenido de <https://arquitecturaviva.com/obras/estadio-nacional-en-pekín>
- Wilkins, A. (11 de noviembre de 2022). Ganoderma lucidum. Obtenido de New scientist: <https://www.newscientist.com/article/2346702-computer-chip-made-using-mushroom-skin-could-be-easily-recycled/>
- Wurm, J. (Julio). Paneles de micelio. Obtenido de 2021: <https://www.arup.com/es-es/news-and-events/new-fungi-acoustic-panel-system-offers-sustainable-design-solution-for-work-spaces>

## **ANEXOS**

Anexo 01:

Encuesta Plaza Chica – Estación de Trole bus

1.- Se encuentra usted satisfecho con el servicio que brinda el Trole Bus.

SI \_\_\_\_ NO \_\_\_\_

2.- Cree que existe contaminación auditiva en la parada de la estación del trole bus y su contexto inmediato que sería La Plaza.

SI \_\_\_\_ NO \_\_\_\_

3.- Siente usted inseguridad vial por falta de señalización, así como un mal planteamiento vial al cruzar el pasaje de la calle Espejo que cruza a la calle Guayaquil.

SI \_\_\_\_ NO \_\_\_\_

4.- Siente usted que la parada de estación del Trole Bus se encuentra totalmente desvinculada arquitectónica, así como funcionalmente de la Plaza Chica.

SI \_\_\_\_ NO \_\_\_\_

5.- Cree usted que el diseño arquitectónico de las actuales estaciones del Trole Bus responde a la dinámica y estética colonial del Centro Histórico de Quito.

SI \_\_\_\_ NO \_\_\_\_

6.- Al ser un usuario frecuente del servicio de Trole Bus, usted cree que las estaciones se encuentran en mal estado, sea por materiales de construcción o vandalización de las mismas.

SI \_\_\_\_ NO \_\_\_\_

7.- Cree usted que existe falta de señalética y un mobiliario inclusivo para las personas con capacidades especiales dentro y fuera del espacio de la Plaza Chica.

SI \_\_\_\_ NO \_\_\_\_

8.- A sufrido usted discriminación o violencia sexual al momento en el que usted se traslada por el servicio de Trole Bus. Sea en la estación o en los buses.

SI \_\_\_\_ NO \_\_\_\_

9.- Considera seguro el sistema de Trole Bus tanto en sus estaciones como vehículos mientras se desplaza de una estación a otra.

SI \_\_\_\_ NO \_\_\_\_

10.- Considera seguro el espacio público entorno a La Plaza Chica y la estación del Trole Bus.

SI \_\_\_\_ NO \_\_\_\_

11.- Considera que existe el suficiente distanciamiento y ventilación tanto en las estaciones del Trole Bus como en los buses articulados a raíz de la COVID 19.

SI \_\_\_\_ NO \_\_\_\_

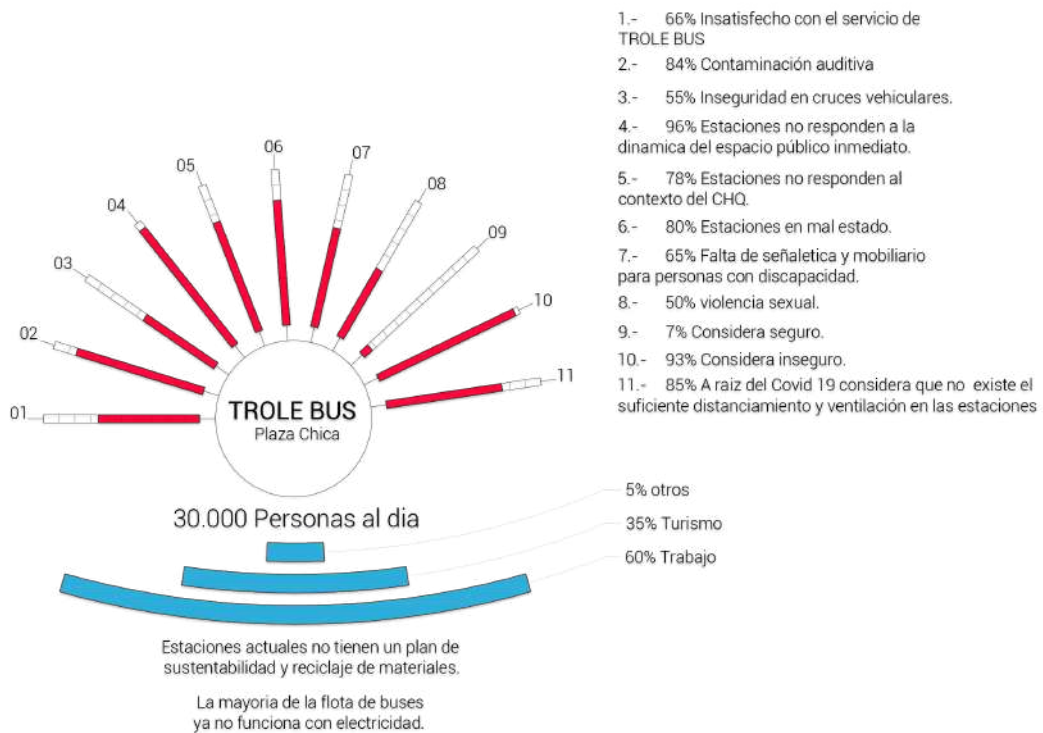


Figura 115. Imagen, autoría propia.

Porcentaje de respuesta de satisfacción en la encuesta realizada en la Plaza Chica a sus usuarios.



Anexo 02:

Registro fotográfico de la Plaza Chica en el Centro Historico de Quito





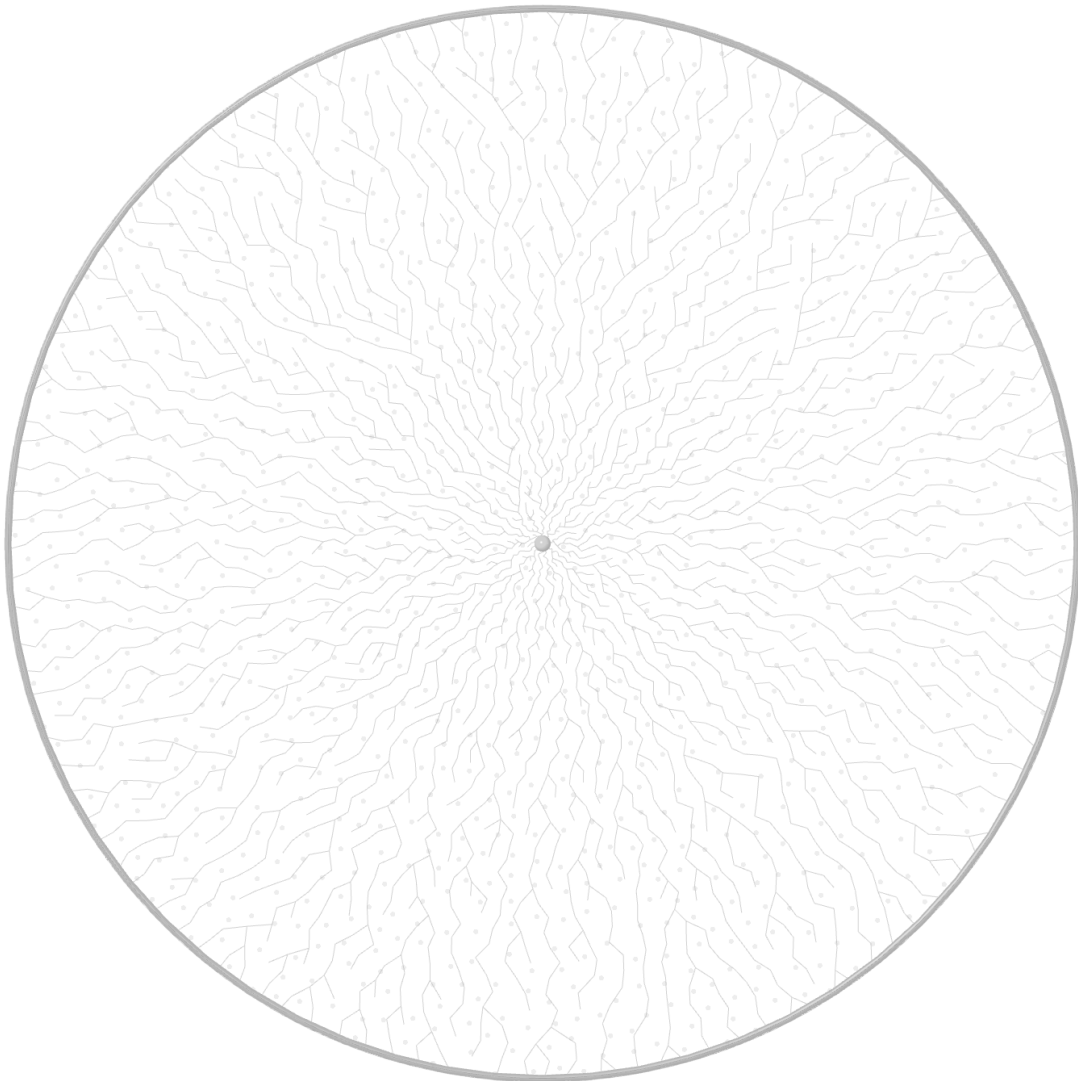








**UNIVERSIDAD DE LAS AMERICAS**  
**MADAA 2021-2023**  
MASTER EN DISEÑO ARQUITECTÓNICO AVANZADO



**MICELIO, MATERIAL BIODEGRADABLE Y DE  
DISEÑO ARQUITECTÓNICO.**

Nueva parada del trolebús en la Plaza Chica del Centro Histórico de Quito.

**Crysthian Alexander Puebla Alvarez**