

## **MADAA 2021-2023**

MÁSTER EN DISEÑO ARQUITECTÓNICO AVANZADO

---

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

Arquitectura de la movilidad en espacios públicos a través de la creación de mobiliario con Micelio.

**Jaime Oswaldo Jarrín Heredia**

*Línea de investigación:  
Operaciones*

*Nombre de los directores:*

*Arq. Ana Medina*

*Arq. Sergio del Castillo*

*Email:*

*jarrinjaime93@gmail.com*

# MADAA 2021-2023

MÁSTER EN DISEÑO ARQUITECTÓNICO AVANZADO

---

## MICELIO, MATERIAL BIODEGRADABLE Y DE DISEÑO ARQUITECTÓNICO.

Arquitectura de la movilidad en espacios públicos a través de la creación de mobiliario con Micelio.

**Jaime Oswaldo Jarrín Heredia**

**ES**

---

RESUMEN.

*Esta investigación se centra en el estudio del Micelio como material de diseño arquitectónico, mobiliario y construcción en la Plaza Chica del Centro Histórico de Quito, con la finalidad de desarrollar los biomateriales como nuevos materiales sustentables para la construcción.*

*El Micelio es un biomaterial innovador de alta resistencia acústica y térmica, totalmente biodegradable y que al momento de su fabricación no genera residuos tóxicos con el medio ambiente, y sobre todo de bajo costo energético y de producción desarrollando de esta forma una optimización en el uso de materiales contaminantes y mejorando la calidad y la movilidad de los espacios públicos.*

**PALABRAS CLAVE:** MICELIO, CONSTRUCCIÓN, BIODEGRADABLE, MOBILIARIO, DISEÑO PARAMETRICO, PLAZAS.

---

**EN**

---

ABSTRACT.

*This research focuses on the study of mycelium as a material for architectural design, furniture, and construction in the Plaza Chica in the Historic Center of Quito, to develop biomaterials as new sustainable materials for construction.*

*The Mycelium is an innovative biomaterial with high acoustic and thermal resistance, fully biodegradable and that at the time of its manufacture does not generate toxic waste with the environment, and above all, low energy, and production cost, thus developing optimization in use. of polluting materials and improving the quality and mobility of public spaces.*

**KEYWORDS:** MYCELIUM, CONSTRUCTION, BIODEGRADABLE, FURNITURE, PARAMETRIC DESIGN, PLACES.

---

# MADAA 2021-2023

MÁSTER EN DISEÑO ARQUITECTÓNICO AVANZADO

---

## MICELIO, MATERIAL BIODEGRADABLE Y DE DISEÑO ARQUITECTÓNICO.

Arquitectura de la movilidad en espacios públicos a través de la creación de mobiliario con Micelio.

**Jaime Oswaldo Jarrín Heredia**

*DIRECTORES DEL TRABAJO DE FIN DE MÁSTER*



*Arq. Ana Medina*



*Arq. Sergio del Castillo*

*FIRMA DE LOS DIRECTORES DEL TRABAJO DE FIN DE MÁSTER*

**FECHA:** Quito 31 de mayo de 2023

---

---

**Agradecimientos:**

---

*Agradezco a mis profesores y compañeros que me han impartido el conocimiento y las herramientas necesarias para poder cumplir con este máster, en especial a mis padres que a pesar de no estar presentes en el país han sido los impulsores principales cada día para seguir creciendo, a mi enamorada Andrea, Bob, Olivia y mi compañero de maestría Crysthian Puebla quienes han sido las personas que han estado más presentes con su aporte y tiempo logrando que este sueño se haga realidad y se logre culminar una meta más en mi vida profesional. También agradezco a la Universidad de las Américas por seguir gestionando estudios de cuarto nivel con una excelente calidad de profesores que permiten a todos quienes formamos parte de esta institución seguir creciendo profesionalmente día tras día.*

**Dedicatoria:**

---

*Este trabajo de fin de máster es dedicado para mi familia y especial agradecimiento a mis padres quien son los motivadores día tras día para que siga cumpliendo metas y sueños, a mis amigos y colegas arquitectos que han visto este crecimiento profesional y han dedicado una parte de su tiempo para analizar y dar ideas para la elaboración de este trabajo de fin de máster y a todos quienes en este proceso de estudio estuvieron acompañando en cada momento y dando soporte y apoyo.*

*Muchas gracias.*

# ÍNDICE

## **CAP I. APROXIMACIÓN DEL MICELIO AL MOBILIARIO PÚBLICO.**

|                         |       |
|-------------------------|-------|
| 1.1. Antecedentes.....  | 6-7   |
| 1.2. Justificación..... | 7-9   |
| 1.3. Hipótesis.....     | 9     |
| 1.4. Objetivos.....     | 9-10  |
| 1.5. Metodología.....   | 10-11 |

## **CAP II. LA CONTAMINACIÓN EN EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN.**

|   |       |
|---|-------|
| 2.1. Impactos de la construcción al medio ambiente.....                                   | 13    |
| 2.2. El sector de la construcción y sus principales materiales contaminantes.             | 13    |
| 2.3. Impactos medioambientales por la construcción.....                                   | 13-15 |
| 2.4. Soluciones alternativas para una construcción con menor impacto<br>contaminante..... | 16-17 |

## **CAP III. LOS BIOMATERIALES Y SUS CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS Y DE DISEÑO ARQUITECTÓNICO.**

|  |       |
|--|-------|
| 3.1. Desarrollo de nuevos materiales amigables con el medio ambiente....                                 | 19-20 |
| 3.2. Características principales de los biomateriales.....   | 21    |
| 3.3. Técnicas de construcción con biomateriales.....   | 21    |
| 3.4. Soluciones generadas por medio del desarrollo y creación de nuevos materiales<br>constructivos..... | 22    |
| 3.5. El Micelio como Biomaterial y alternativa eficiente para reducir el impacto<br>ambiental.....       | 22-25 |
| 3.5.1 Características principales del micelio para un desarrollo favorable en la<br>naturaleza.....      | 23-24 |
| 3.5.2 Técnicas aplicadas a la construcción para utilizar al micelio como<br>biomaterial.....             | 24-25 |
| 3.6. Soluciones existentes, proyectadas a la construcción para utilizar Micelio como<br>Biomaterial..... | 25    |

## **CAP IV. LA BIOMÍMESIS COMO HERRAMIENTA DE INVESTIGACIÓN**

### **ARQUITECTÓNICA.**

- 4.1. Definición y características principales de la biomímesis.....27-29
- 4.2. Diseños innovadores inspirados en la naturaleza como solución de la biomímesis.....30-35
- 4.3. Estudio de la biomímesis aplicada a la arquitectura.....35-39

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

### **CONSTRUCTIVO.**

- 5.1. Reino Fungí y sus características.....41-42
  - 5.1.1. Definición y características generales de los hongos.....42-44
  - 5.1.2. Estructura de los hongos.....44-47
  - 5.1.3. Reproducción de los hongos.....47-48
  - 5.1.4. Beneficio de los hongos.....49
  - 5.1.5. Biología.....49-51
  - 5.1.6. Clasificación.....51-53
- 5.2. Micelio material para la construcción.....53-56
  - 5.2.1. Propiedades biológicas.....56-57
  - 5.2.2. Estudio de crecimiento del micelio.....57-64
  - 5.2.3. Fabricación de estructuras del micelio a partir de un molde.....65
  - 5.2.4. El micelio y su comparación con otros sistemas constructivos...66
- 5.3. Características del micelio como un nuevo material para el diseño arquitectónico.....67-68
  - 5.3.1. Micelio como material termo acústico.....68-70
  - 5.3.2. Micelio como material de fácil amoldamiento.....71
  - 5.3.3. Micelio y sus distintos modelos de diseño arquitectónico.....72-73
- 5.4. Aplicaciones con micelio y estudio de referentes.....73-74
  - 5.4.1. Técnicas de arte aplicadas con micelio como materia prima.....74
  - 5.4.2. Fabricación de mobiliario con Micelio.....74-75
  - 5.4.3. Referentes de proyectos arquitectónicos construidos con Micelio.....75-79

## **CAP VI. UTILIZACIÓN DE ARQUITECTURA PARAMÉTRICA COMO HERRAMIENTA**

### **PARA EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO Y CONSTRUCCIÓN.**

- 6.1. Concepto y características principales de la arquitectura paramétrica.....81-82

|   |       |
|---|-------|
| 6.2. Técnicas del diseño arquitectónico paramétrico y aplicaciones.....     | 83    |
| 6.3. Proceso del diseño paramétrico.....                                    | 84    |
| 6.4. Desarrollo de nuevas tecnologías para el diseño arquitectónico.....    | 84    |
| 6.5. Ejemplos de arquitectura paramétrica aplicados en el mundo actual..... | 85-88 |

## **CAP VII. CENTRO DE MOVILIDAD PLAZA CHICA, DESARROLLO DEL MICELIO**

### **COMO MOBILIARIO.**

|   |         |
|---|---------|
| 7.1. Centro Histórico de Quito, contexto e historia.....  | 90-91   |
| 7.2. La Plaza Chica contexto y movilidad.....   | 91-95   |
| 7.3. Sistema integrado de Trole Bus Quito.....  | 96-99   |
| 7.4. Rediseño del espacio público de la Plaza Chica y nueva estación del Trole Bus<br>como eje de movilidad. .... | 100-103 |
| 7.4.1. Estudio Solar y climático en el centro histórico de Quito..  | 104-108 |
| 7.4.2. Estudio de absorción de paneles acústicos.....   | 108-111 |
| 7.4.3. Contexto, funcionamiento y movilidad.....  | 112-117 |
| 7.4.4. Exploración de formas.....   | 118-120 |
| 7.4.5. Diseño de panelería con micelio.....   | 121-122 |
| 7.4.6. Proyecto de intervención para mejoramiento de la Plaza<br>Chica.....                                       | 123-129 |

## **CAP VIII. RECOMENDACIONES DE USO O DE FABRICACIÓN.....130-132**

|                          |                |
|--------------------------|----------------|
| <b>BIBLIOGRAFÍA.....</b> | <b>133-137</b> |
|--------------------------|----------------|

|                    |                |
|--------------------|----------------|
| <b>ANEXOS.....</b> | <b>137-142</b> |
|--------------------|----------------|



## ÍNDICE DE FIGURAS

|                |    |
|----------------|----|
| FIGURA 01..... | 1  |
| FIGURA 02..... | 2  |
| FIGURA 03..... | 4  |
| FIGURA 04..... | 5  |
| FIGURA 05..... | 6  |
| FIGURA 06..... | 12 |
| FIGURA 07..... | 13 |
| FIGURA 08..... | 15 |
| FIGURA 09..... | 17 |
| FIGURA 10..... | 18 |
| FIGURA 11..... | 20 |
| FIGURA 12..... | 20 |
| FIGURA 13..... | 21 |
| FIGURA 14..... | 22 |
| FIGURA 15..... | 23 |
| FIGURA 16..... | 24 |
| FIGURA 17..... | 26 |
| FIGURA 18..... | 28 |
| FIGURA 19..... | 29 |
| FIGURA 20..... | 30 |
| FIGURA 21..... | 31 |
| FIGURA 22..... | 32 |
| FIGURA 23..... | 33 |
| FIGURA 24..... | 34 |
| FIGURA 25..... | 35 |
| FIGURA 26..... | 36 |
| FIGURA 27..... | 37 |

|                |    |
|----------------|----|
| FIGURA 28..... | 38 |
| FIGURA 29..... | 39 |
| FIGURA 30..... | 40 |
| FIGURA 31..... | 41 |
| FIGURA 32..... | 43 |
| FIGURA 33..... | 45 |
| FIGURA 34..... | 45 |
| FIGURA 35..... | 47 |
| FIGURA 36..... | 48 |
| FIGURA 37..... | 49 |
| FIGURA 38..... | 50 |
| FIGURA 39..... | 51 |
| FIGURA 40..... | 52 |
| FIGURA 41..... | 52 |
| FIGURA 42..... | 53 |
| FIGURA 43..... | 53 |
| FIGURA 44..... | 55 |
| FIGURA 45..... | 56 |
| FIGURA 46..... | 57 |
| FIGURA 47..... | 58 |
| FIGURA 48..... | 59 |
| FIGURA 49..... | 69 |
| FIGURA 50..... | 60 |
| FIGURA 51..... | 60 |
| FIGURA 52..... | 61 |
| FIGURA 53..... | 61 |
| FIGURA 54..... | 62 |

|                |    |
|----------------|----|
| FIGURA 55..... | 63 |
| FIGURA 56..... | 64 |
| FIGURA 57..... | 64 |
| FIGURA 58..... | 65 |
| FIGURA 59..... | 66 |
| FIGURA 60..... | 66 |
| FIGURA 61..... | 68 |
| FIGURA 62..... | 70 |
| FIGURA 63..... | 70 |
| FIGURA 64..... | 71 |
| FIGURA 65..... | 72 |
| FIGURA 66..... | 73 |
| FIGURA 67..... | 74 |
| FIGURA 68..... | 75 |
| FIGURA 69..... | 75 |
| FIGURA 70..... | 76 |
| FIGURA 71..... | 76 |
| FIGURA 72..... | 77 |
| FIGURA 73..... | 77 |
| FIGURA 74..... | 78 |
| FIGURA 75..... | 78 |
| FIGURA 76..... | 79 |
| FIGURA 77..... | 79 |
| FIGURA 78..... | 80 |
| FIGURA 79..... | 82 |
| FIGURA 80..... | 85 |
| FIGURA 81..... | 86 |

|                 |     |
|-----------------|-----|
| FIGURA 82.....  | 87  |
| FIGURA 83.....  | 87  |
| FIGURA 84.....  | 88  |
| FIGURA 85.....  | 88  |
| FIGURA 86.....  | 89  |
| FIGURA 87.....  | 90  |
| FIGURA 88.....  | 92  |
| FIGURA 89.....  | 93  |
| FIGURA 90.....  | 94  |
| FIGURA 91.....  | 95  |
| FIGURA 92.....  | 95  |
| FIGURA 93.....  | 96  |
| FIGURA 94.....  | 97  |
| FIGURA 95.....  | 98  |
| FIGURA 96.....  | 99  |
| FIGURA 97.....  | 100 |
| FIGURA 98.....  | 101 |
| FIGURA 99.....  | 101 |
| FIGURA 100..... | 102 |
| FIGURA 101..... | 103 |
| FIGURA 102..... | 103 |
| FIGURA 103..... | 104 |
| FIGURA 104..... | 105 |
| FIGURA 105..... | 105 |
| FIGURA 106..... | 106 |
| FIGURA 107..... | 107 |
| FIGURA 108..... | 107 |

|                 |     |
|-----------------|-----|
| FIGURA 109..... | 108 |
| FIGURA 110..... | 109 |
| FIGURA 111..... | 110 |
| FIGURA 112..... | 111 |
| FIGURA 113..... | 112 |
| FIGURA 114..... | 113 |
| FIGURA 115..... | 113 |
| FIGURA 116..... | 114 |
| FIGURA 117..... | 114 |
| FIGURA 118..... | 115 |
| FIGURA 119..... | 115 |
| FIGURA 120..... | 116 |
| FIGURA 121..... | 116 |
| FIGURA 122..... | 117 |
| FIGURA 123..... | 117 |
| FIGURA 124..... | 118 |
| FIGURA 125..... | 119 |
| FIGURA 126..... | 119 |
| FIGURA 127..... | 120 |
| FIGURA 128..... | 120 |
| FIGURA 129..... | 121 |
| FIGURA 130..... | 122 |
| FIGURA 131..... | 124 |
| FIGURA 132..... | 125 |
| FIGURA 133..... | 125 |
| FIGURA 134..... | 126 |
| FIGURA 135..... | 126 |

|                 |     |
|-----------------|-----|
| FIGURA 136..... | 127 |
| FIGURA 137..... | 127 |
| FIGURA 138..... | 128 |
| FIGURA 139..... | 128 |
| FIGURA 140..... | 129 |



FIGURA 01. Impresión 3D de capas de Micelio para crear Arquitectura. Fuente: (Studio, 2022)



# CAPÍTULO I

---

## APROXIMACIÓN DEL MICELIO AL MOBILIARIO PÚBLICO

FIGURA 02. Construyendo con hongos. Fuente: (Dejtiar, 2021)



# 1. APROXIMACIÓN DEL MICELIO AL MOBILIARIO PÚBLICO.

En la actualidad el mundo entero actúa como si nada fuera a cambiar, pero en realidad el mundo se encuentra en constante cambio y es por esta razón que debemos cambiar de mentalidad y abrir espacio hacia el desarrollo de nuevos materiales. El diseño arquitectónico con micelio mejorará el impacto en las ciudades y permitirá que se sigan investigando materiales nuevos e innovadores que no afecten más a los recursos del planeta en el que vivimos.

*“El sector de la construcción actualmente es considerado como una de las principales fuentes de contaminación ambiental. El impacto ambiental<sup>1</sup> 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 ¿Cómo 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, por lo cual se debe buscar nuevas formas en que el impacto de la construcción se disminuya y ralentice.

El impacto de la construcción puede ser tanto interno como externo, y hay que tomar en cuenta el proceso antes, durante y después de la construcción de cómo esta puede llegar a repercutir al 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.

Para todo esto se debe tomar en cuenta el ciclo de vida de un edificio en el cual se comienza por la extracción de recursos, manufacturación de materiales, construcción de este, uso de la edificación para luego pasar a su demolición y es aquí donde existe un gran vacío en el cual una gran cantidad de los materiales se vuelven desechos que son muy difíciles de degradar. Y es aquí donde entran aún más problemas de contaminación y de impacto ambiental. Los cuales pueden ser locales (canteras, basureros, explotación de recursos), regionales (contaminación de ríos y deforestación) y globales (gases contaminantes, pérdida de la biodiversidad, calentamiento global).

*“Los materiales utilizados en la construcción muchas veces son elaborados con agentes tóxicos que contaminan la capa de ozono, el aire y la atmosfera<sup>2</sup>. Además, la fabricación de éstos implica que se incremente el agotamiento de recursos renovables y no renovables a causa de la extracción ilimitada de materias primas y del consumo de recursos fósiles” (BOBADILLA, 2018).* Sin lugar a duda es un tema que se debe combatir, pero sobre todo generar respuestas rápidas y efectivas ante esto. Y para esto se pueden plantear varios puntos como el control de recursos para disminuir el

---

<sup>1</sup> “El impacto ambiental es la alteración del medio ambiente, provocada directa o indirectamente por un proyecto o actividad en un área determinada, en términos simples el impacto ambiental es la modificación del ambiente ocasionada por la acción del hombre o de la naturaleza” (naturales, 2018).

<sup>2</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).

impacto directo que se da al medio ambiente; materiales alternativos que puedan sustituir a los materiales actuales, principalmente a aquellos que son nocivos tanto para las personas como para el medio ambiente; reducción de emisión de gases y materiales contaminantes, esto principalmente teniendo en cuenta en que el mayor vertedero de desechos de las empresas son los ríos; reutilización y reciclaje de los materiales .

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).

La producción industrializada de materiales pétreos<sup>3</sup> y los distintos avances tecnológicos debido a la globalización<sup>4</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. Y es aquí donde desde hace algún tiempo se está implementando nuevas formas de hacer arquitectura, buscando una arquitectura más amigable con el medio ambiente y no tan invasiva, en la cual se busquen medidas que mitiguen el impacto que la construcción puede generar mediante una arquitectura sostenible, autorrenovable, pero sobre todo consciente de su impacto y repercusión.

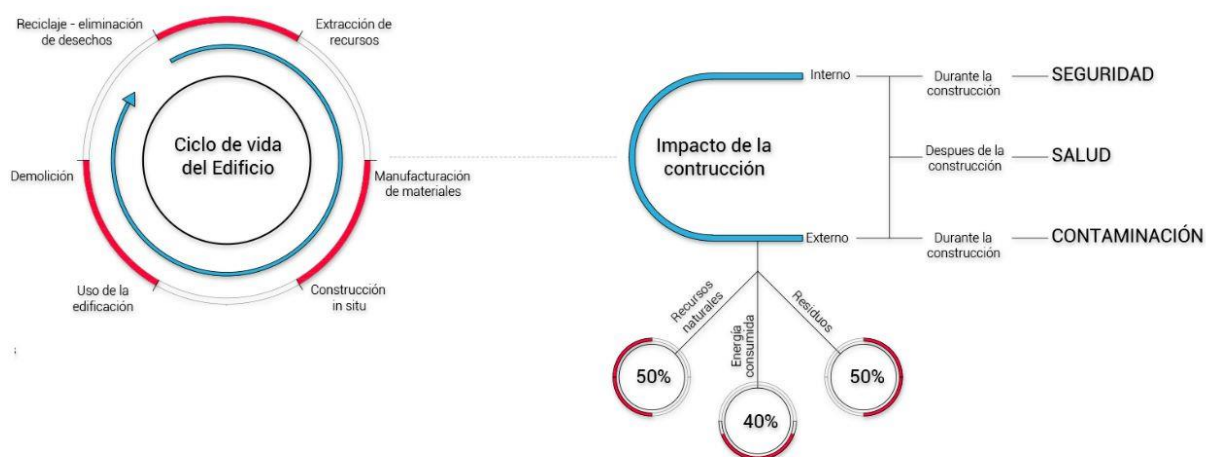


FIGURA 03. Diagrama del ciclo de vida del edificio. Fuente: Autoría propia.

<sup>3</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>4</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).

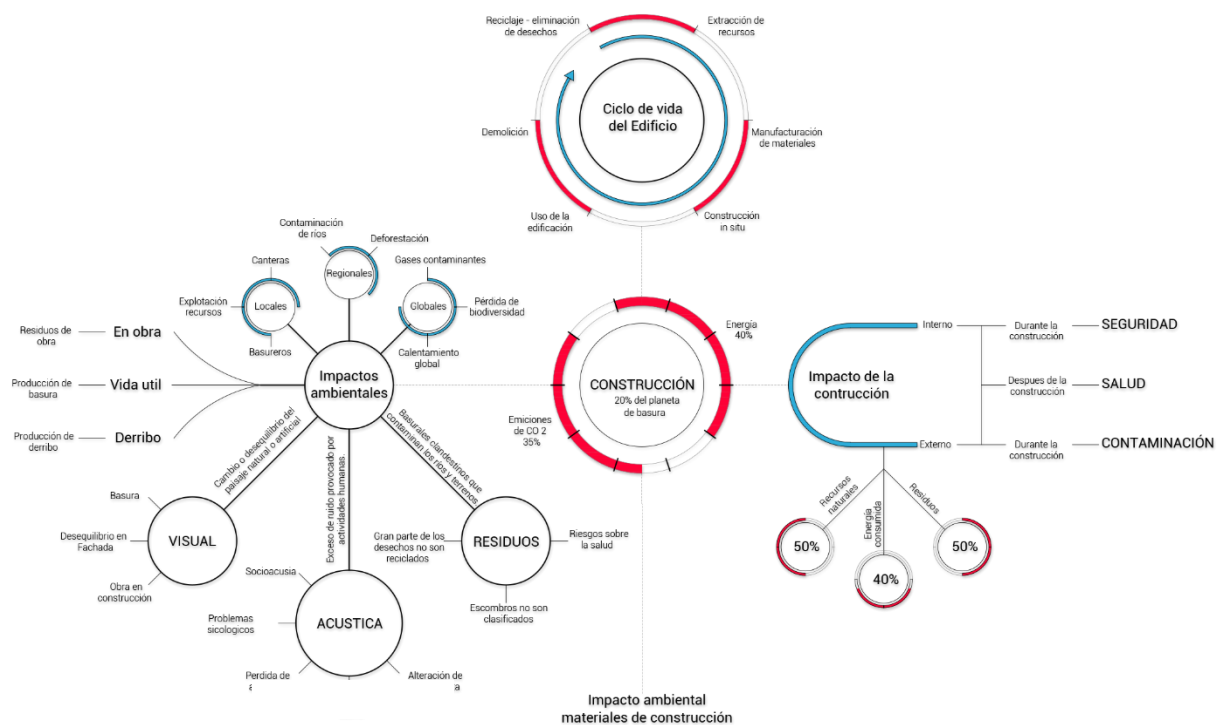


FIGURA 04. Diagrama de repercusión de la construcción en el medio ambiente. Fuente: Autoría propia.

Encontrar la definición exacta de sustentabilidad<sup>5</sup> parece un reto, sin embargo, entre todas las opciones la que mejor se acerca a lo que se quiere exponer es, 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. Pero ¿qué papel cumple el micelio dentro de 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”* (RSyS, 2022).

*“El micelio como material de construcción es una opción sustentable sino también biodegradable, ya que al sustituir materiales actuales que no son sustentables y que más que beneficiar, estos contaminan, conseguiríamos un futuro donde, como se indicó anteriormente, el ser humano satisfaga sus necesidades, sin comprometer el desarrollo de futuras generaciones.*

<sup>5</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).

Optimizando así recursos<sup>6</sup>, gastando menos energía y con un material completamente amigable” (archdaily, 2022).

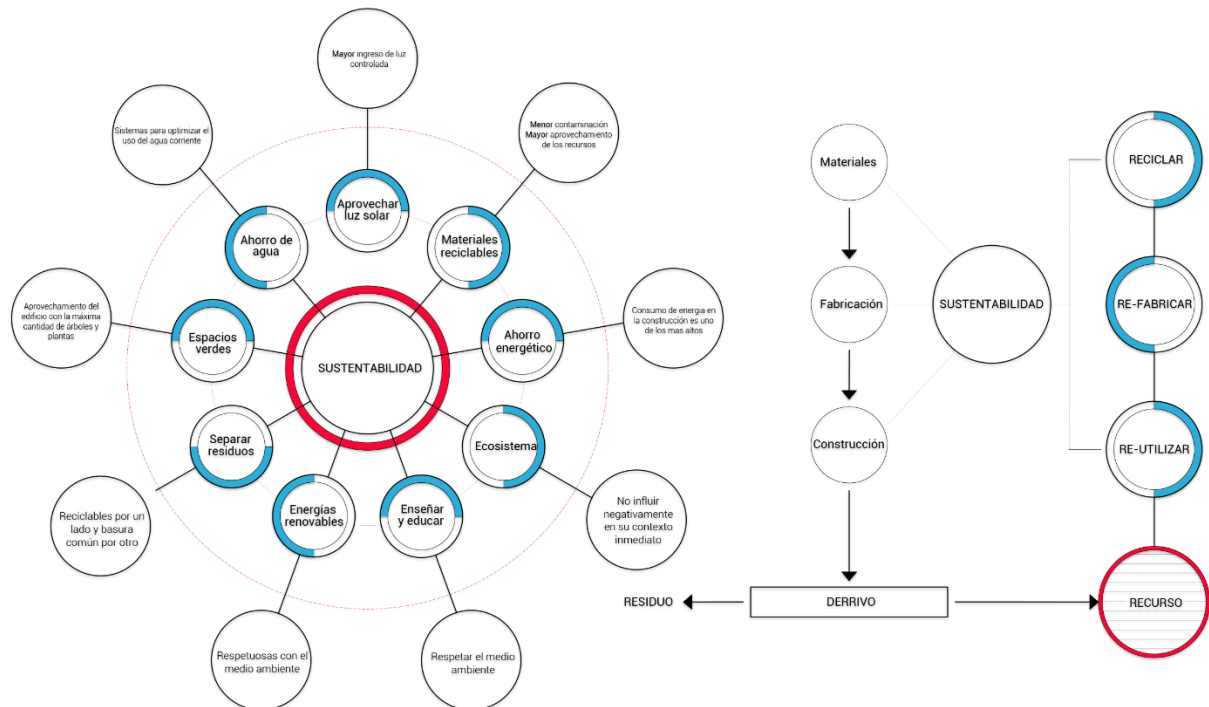


FIGURA 05. Diagrama de representación de las fases y procesos de sustentabilidad. Fuente: Autoría propia.

## 1.1. Antecedentes

Este trabajo de investigación se lo realizó en conjunto con mi compañero maestría Crysthian Puebla, tomando estudios actualmente realizados sobre la contaminación por el sector de la construcción, así como la utilización del micelio.

*“Actualmente la gran cantidad de residuos orgánicos e inorgánicos que se generan en el mundo por la construcción se están convirtiendo en un problema ambiental. Aunque existen diversas investigaciones para su confinamiento, tratamiento o aprovechamiento, queda mucho por investigar. El sector de la construcción es el responsable directo del 39% de las emisiones del dióxido de carbono que se generan al ambiente relacionado con la energía y los respectivos procesos. En general la contaminación que produce el sector de la construcción actualmente es del 23% contaminación atmosférica, 40% contaminación de agua potable, y 50% de residuos en vertederos” (ARCHDESK, 2021).*

<sup>6</sup> “Recursos son los distintos medios o ayuda que se utiliza para conseguir un fin o satisfacer una necesidad. También, se puede entender como un conjunto de elementos disponibles para resolver una necesidad o llevar a cabo una empresa como: naturales, humanos, forestales, entre otros. El término recurso es de origen latín “*recursus*.” (Significados, Significados, 2023).

Cada acción de la 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. Por supuesto, no podemos detener a las empresas dedicadas a este sector económico, pero podemos equilibrar nuestro impacto medioambiental con acciones reflexivas, buscando alternativas de materiales biodegradables, eficientes y amigables con el medio ambiente. es por esta razón que el mundo merece un cambio en el sector de la construcción y en la fabricación de los materiales que se utilizan.

Desde hace aproximadamente una década, se han desarrollado biomateriales, los cuales son obtenidos a partir de biopolímeros de fuentes vegetales, residuos agroindustriales, así como de bacterias y hongos. El Micelio es un biomaterial innovador de alta resistencia acústica y térmica, totalmente biodegradable y que al momento de su fabricación no genera residuos tóxicos con el medio ambiente, y sobre todo de bajo costo energético y de producción.

Entre las características importante del Micelio se encuentra su fácil amoldamiento y su adaptación al contexto, su bajo costo de fabricación como material de construcción y su crecimiento como material innovador del diseño, es por esta razón que el objetivo de la presente investigación es el diseño arquitectónico y de mobiliario en los espacios públicos por medio de un biomaterial a través de la propagación micelial del hongo *Ganoderma lucidum* es decir fabricación de materiales de construcción a partir del Micelio, desarrollando de esta forma una optimización en el uso de materiales contaminantes y mejorando la calidad y la movilidad de los espacios públicos, tomando como caso de estudio inicial la Plaza Chica del Centro Histórico de Quito.

El diseño arquitectónico con micelio mejorará el impacto en las ciudades y permitirá que se sigan investigando materiales nuevos e innovadores que no afecten más a los recursos del planeta en el que vivimos.

## **1.2. Justificación**

La construcción es un sector productivo de gran importancia enorme dentro de nuestra sociedad. Consume una gran cantidad de recursos materiales y humanos, generando una repercusión económica de altísimo valor. Pero es también el causante de un gran impacto medioambiental, que modela el paisaje terrestre a gran escala, contribuyendo a su deterioro, 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 y su fácil ponen al micelio en la palestra para competir y reemplazar algunos materiales de construcción que hoy en día se 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 hidrófugo<sup>7</sup> 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 única.

Es así como 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 natural y renovable, resistente y duradero.

Es necesario un cambio de planteamiento dentro del sector de la construcción, no solo a nivel de eficiencia de nuestras edificaciones, como ya se está apostando fuerte dentro del sector. Es también necesario ser conscientes de todo el ciclo de vida que tienen las construcciones actuales, en este caso el desarrollo de plazas o espacios públicos es de gran importancia para la movilidad y aprovechamiento de los habitantes y es pertinente tomar en cuenta el impacto ambiental de los materiales que utilizamos en la construcción de estos espacios, desde su extracción y fabricación hasta su posible reutilización, reciclaje o compostaje, es por esta razón que el lugar donde este será planteado como respuesta a los diferentes problemas de contaminación acústica, smog, y mobiliario en mal estado será la Plaza Chica del Centro Histórico de Quito.

La Plaza Chica dentro del casco colonial del Centro Histórico de Quito es una de las plazas 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>8</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.

---

<sup>7</sup> “*adj./s. m.* Se aplica a la sustancia que impide la humedad o las filtraciones *masilla hidrófuga*” (Larousse Editorial, 2009).

“*CONSTRUCCIÓN* Se refiere al producto que obtura los poros de los hormigones y morteros mejorando su impermeabilidad.” (Larousse Editorial, 2009).

<sup>8</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” (Demográfico, 2022).

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

### **1.3. Hipótesis**

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 y fácilmente moldeable. El cual dará solución a la problemática de diseño arquitectónico y acústico del Plaza Chica en el Centro Histórico de Quito interviniendo específicamente en de la estación del Trole Bus, 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.

La utilización de Micelio para la creación de mobiliario en las plazas ofrece una alternativa al diseño consciente a través del desarrollo de estructuras temporales, de bajo costo y sustentables, agregando ventajas al diseño arquitectónico avanzado y proporcionando un paradigma alternativo a las necesidades constructivas actuales.

Gran parte de la tecnología actual busca formas de resolver los problemas de contaminación, y la micofabricación<sup>9</sup> es una de las opciones de mayor potencial como biomaterial resistente y bio contribuyente con el planeta.

### **1.4. Objetivos**

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 sino también los residuos que esta deja antes, durante y después de la construcción de un edificio. Por esta razón se plantea un material alternativo, biodegradable<sup>10</sup> y con varias funciones arquitectónicas como

---

<sup>9</sup> "La micofabricación es la creación de materiales hechos con hongos y son una alternativa al problema de la contaminación causada por materiales sintéticos. Se fabrican utilizando restos vegetales de las actividades agrícolas o forestales. Los sustratos que propician el desarrollo de los hongos son sembrados con esporas que desarrollan los filamentos (hifas) a manera de red y unifican todas las partículas en un elemento compacto. Pueden tomar cualquier forma dependiendo el molde en donde se incuben y tienen la gran ventaja de ser totalmente biodegradables, incluso sirviendo como fertilizante para las plantas al ser desechados. Actualmente se están realizando investigaciones para mejorar sus características y que puedan ser utilizados y comercializados de forma segura y económica" (Enrique Cesar, 2021).

<sup>10</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" (Motorgiga, 2023).

lo es el Micelio, tomando en cuenta que a pesar de tener tantas bondades como material de construcción y para otras industrias aún no se llega a sacarle el mayor provecho.

Recientes estudios sobre el micelio prueban que es un material que trabaja muy bien a la compresión dándonos más posibilidades estructurales y sobre todo naturales para nuevos proyectos 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.

Otro objetivo importante de esta tesis es demostrar la mimesis que existe entre la naturaleza y el ser humano. Mediante la investigación se busca demostrar que la forma de “construir” de la naturaleza sirve perfectamente como ejemplo y referencia para la forma de construir del ser humano.

Finalmente, el objetivo principal de esta investigación es utilizar las herramientas y programas aprendidos en la Maestría en Diseño Arquitectónico Avanzado, como lo es Grasshopper, para representar el crecimiento del micelio a través de algoritmos programados. Esto será representado mediante gráficos en el contenido general de la investigación.

## **1.5. Metodología**

Como metodología de la investigación se plantea primeramente reconocer los principales impactos 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.

Estudio y puesta en conocimiento del micelio como material en la construcción, como un material en desarrollo con amplias posibilidades, del que aún se conocen pocas aplicaciones en arquitectura, pero del que los estudios realizados muestran unas características muy interesantes en este campo.

Realizar un estudio del impacto de la arquitectura actual, de los materiales más utilizados centrándose en el ciclo de vida de estos, y en especial en los materiales aislantes plásticos, cuya fabricación es alta en emisiones y con la dificultad que los materiales convencionales presentan al final de su vida útil, hacen que sea necesaria la búsqueda a alternativas sostenibles a estos materiales.

---

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” (Motorgiga, 2023).



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 ayudaran a tener distintas variables de diseño arquitectónica sino también formara 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 juntamente con el micelio para dar una solución a la problemática actual de contaminación acústica<sup>11</sup>, smog y funcionamiento.

---

<sup>11</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” (Fernández H. A., 2022).



# CAPÍTULO II

---

## LA CONTAMINACIÓN EN EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN.

FIGURA 06. Contaminación del medio ambiente. Fuente: (Dejtjar, 2021)

## 2.

## LA CONTAMINACIÓN EN EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN.

### 2.1. Impactos de la construcción al medio ambiente.

El sector de la construcción contribuye al 23% de la contaminación atmosférica, 40% de la contaminación del agua potable, y 50% de residuos en los vertederos<sup>12</sup>, estas cifras son alarmantes para nuestro planeta y esto nos afecta a todos.



FIGURA 07. Imagen de demolición de edificio de hormigón. Fuente: (UMACON, s.f.)

### 2.2. El sector de la construcción y sus principales materiales contaminantes.

El sector de la construcción es uno de los mayores explotadores de recursos, y la mitad de ellos son no renovables. Según el World Watch Institute, el sector consume 40% del uso mundial en piedras brutas, grava y arena y 25% de su madera virgen por año. Podemos fingir que el problema no existe, pero tarde o temprano puede resultar que nos quedemos sin muchos recursos naturales cruciales.

### 2.3. Impactos medioambientales por la construcción.

*“Cualquier proyecto de desarrollo para mejorar la calidad de vida conlleva impactos positivos y negativos. Los proyectos de desarrollo deberían planificarse de manera que produzcan la mayor*

---

<sup>12</sup> “Se denomina vertedero al espacio en el cual se pueden verter cosas. Este verbo (verter), por su parte, alude a derramar un líquido o a arrojar algún tipo de elemento.” (Significados, Significados, 2023)

*cantidad de impactos positivos y un mínimo de impactos negativos sobre el medioambiente” (Kaur y Arora, 2012). “La predicción de los impactos medioambientales causados por la construcción en las primeras etapas del proyecto puede conducir al mejoramiento del comportamiento medioambiental de los proyectos y obras de construcción” (Gangoells et al., 2011). “Se espera que la construcción produzca daños en el frágil medioambiente debido a los impactos adversos de la construcción, entre los que se encuentran el agotamiento de los recursos, pérdida de la diversidad biológica debido a la extracción de materias primas, vertido de residuos, menor productividad laboral, efectos adversos para la salud humana debido a la mala calidad del aire interior, calentamiento global, lluvia ácida y esmog causado por las emisiones generadas por la fabricación de productos para la construcción y el transporte que consume energía” (Lippiatt, 1999). “Los impactos medioambientales están clasificados en tres categorías: impactos sobre los ecosistemas<sup>13</sup>, sobre los recursos naturales y sobre la comunidad” (Li et al., 2010; Chang et al., 2011; y Zolfagharian et al., 2012).*

Los materiales utilizados en la construcción muchas veces son elaborados con agentes tóxicos que contaminan la capa de ozono<sup>14</sup> y dañan el aire. Además, la fabricación de éstos implica que se incremente el agotamiento de recursos renovables y no renovables a causa de la extracción ilimitada de materias primas y del consumo de recursos fósiles.

La industria de la construcción y demolición es el sector que más volumen de residuos genera, siendo responsable de la producción de más de 1 tonelada de residuos por habitante cada año.

Los residuos de las obras de construcción pueden tener diferentes orígenes: la propia puesta en obra, el transporte interno desde la zona de acopio hasta el lugar específico para su aplicación, unas condiciones de almacenaje inadecuadas, embalajes que se convierten automáticamente en residuos, la manipulación, los recortes para ajustarse a la geometría, etc.

---

<sup>13</sup> “El ecosistema es el conjunto de especies de un área determinada que interactúan entre ellas y con su ambiente abiótico; mediante procesos como la depredación, el parasitismo, la competencia y la simbiosis, y con su ambiente al desintegrarse y volver a ser parte del ciclo de energía y de nutrientes. Las especies del ecosistema, incluyendo bacterias, hongos, plantas y animales dependen unas de otras. Las relaciones entre las especies y su medio resultan en el flujo de materia y energía del ecosistema.” (CONABIO, 2020)

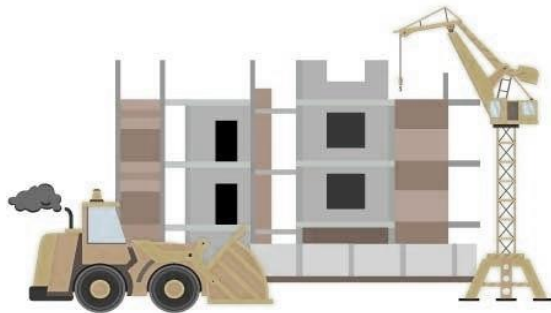
<sup>14</sup> “La capa de ozono es una capa protectora dentro de la atmósfera terrestre que tiene la función de preservar la vida del planeta Tierra haciendo las veces de escudo contra la radiación ultravioleta (rayos UV).” (Etecé, 2023)

# CO<sub>2</sub>: EDIFICIOS Y CONSTRUCCIÓN SUMAN CASI EL 40 % DE LAS EMISIONES

Las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) fruto de mantener operativos edificios aumentaron en 9,95 gigatoneladas en 2019, lo que junto a la contaminación generada por la industria de la construcción aglutina el 38 % de las emisiones globales de CO<sub>2</sub> relacionadas con la energía.

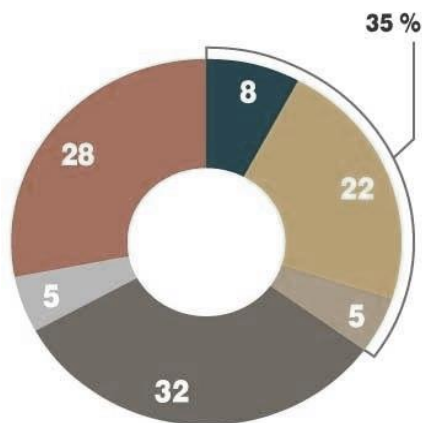
Fuente: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA)

Gt: gigatoneladas

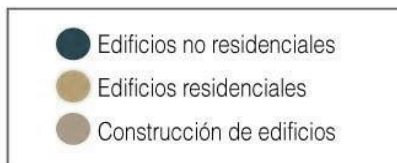
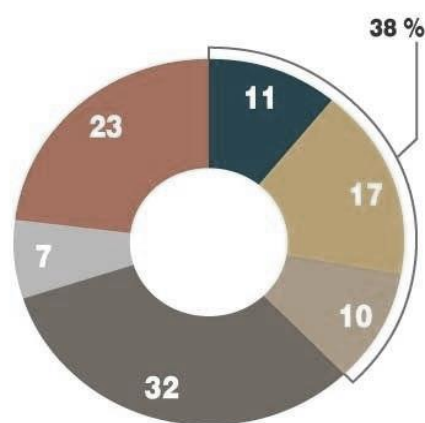


**9,95 GtCO<sub>2</sub>** produjo la industria de los edificios y la construcción en 2019

## ENERGÍA



## EMISIONES DE CO<sub>2</sub>



### Menos consumo pero más CO<sub>2</sub>

El consumo global de energía de los edificios no ha aumentado con los años, pero sus emisiones de CO<sub>2</sub> sí lo han hecho debido a una mayor dependencia eléctrica



FIGURA 08. Industria de la construcción y su contaminación al medio ambiente. Fuente: (Ambiental, 2021)

## 2.4. Soluciones alternativas para una construcción con menor impacto contaminante.

Los sistemas de producción industrializada y los avances en tecnologías y en los sistemas de transporte han conseguido:

- Abaratar los materiales de construcción hasta tal punto, que en muchas ocasiones los excedentes de las obras no se aprovechan, sino que se convierten directamente en residuos destinados a vertedero.
- Fomentar la producción de materiales de nueva generación, con mayores prestaciones, pero que necesitan un elevado consumo de recursos y de energía, y tienen el inconveniente de emitir una mayor cantidad de contaminantes a la atmósfera, al agua y al suelo.

*“Si tenemos en cuenta que la capacidad del planeta para asimilar los contaminantes que genera nuestra sociedad es limitada, y que los recursos de que disponemos también lo son, es imprescindible detenernos a reflexionar sobre la necesidad de hacer una buena elección y un correcto uso de los materiales, para evitar, en la medida de lo posible, que se transformen en residuo por falta de planificación o simplemente, porque cada vez es más común practicar el insostenible hábito de “usar y tirar” (Civiles, 2018).*

Uno de los principales problemas durante cualquier proceso constructivo u obra, por más pequeña o por más grande que sea, es que siempre existirán sobrantes de material. También llamadas “mermas”, las cuales generan desperdicios, basura y residuos tóxicos de todo tipo, que a su vez se traduce en algo muy simple. Contaminación<sup>15</sup>. Para combatir y prevenir la reducción del impacto ambiental dentro de este ámbito, es necesario contemplar tres aspectos fundamentales:

- el control del consumo de recursos.
- la reducción de las emisiones contaminantes.
- la minimización y la correcta gestión de los residuos que se generan a lo largo del proceso constructivo.

La solución es sencilla: primero, consumir lo que realmente necesitamos, sopesando las prestaciones y el impacto ambiental a la hora de decantarnos por uno u otro material; después, fomentar la reutilización<sup>16</sup>, el reciclaje y la utilización de bio materiales.

---

<sup>15</sup> “La contaminación es una alteración o degradación del ambiente y sus componentes. Tiene un efecto negativo sobre la salud y la biodiversidad. Puede causar graves enfermedades a los humanos, extinción de especies y un desequilibrio general en el planeta” (Roldán, 2020).

<sup>16</sup> “Reutilización es cualquier operación mediante la cual productos o componentes de productos que no sean residuos se utilizan de nuevo con la misma finalidad para la que fueron concebidos” (Erakunde, s.f.).

Como sociedad, a lo que realmente deberíamos dirigir nuestra atención y gastar nuestros recursos es buscar formas de implementar un plan de construcción sostenible que sea monitoreado constantemente.

En lo que se refiere a Ecuador, hay un escaso control ambiental en la construcción; si bien, existe la Ley de Gestión Ambiental y a pesar de las sanciones económicas para los contratistas, se pueden evidenciar escombros, restos de materiales y basura mal manejada en distintos sectores de la ciudad y del país.

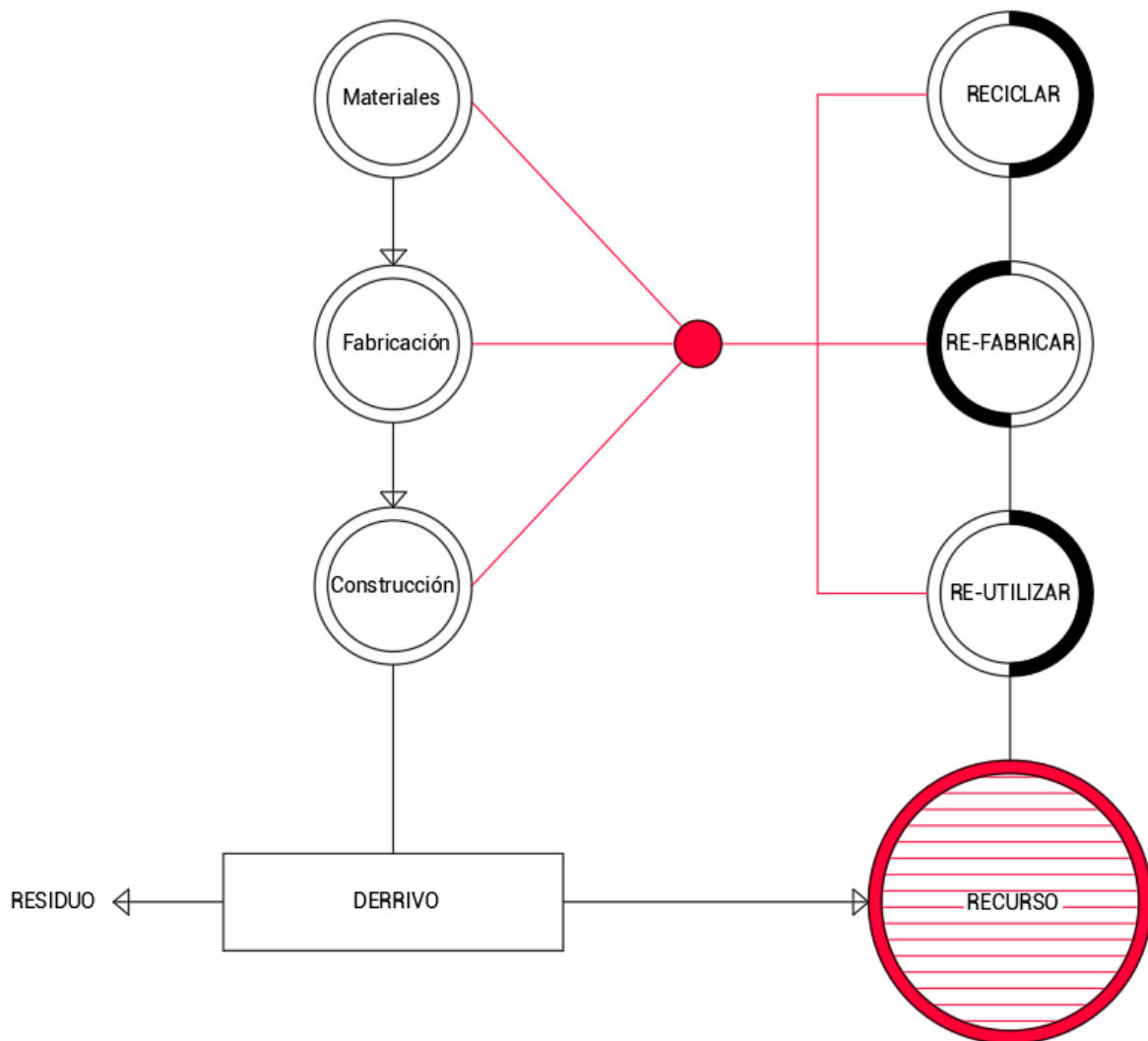


FIGURA 09. Ciclo de vida de los materiales de construcción. Fuente: Autoría Propia

# CAPÍTULO III

---

## LOS BIOMATERIALES Y SUS CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS Y DE DISEÑO ARQUITECTÓNICO

IGURA 10. Planchas fabricadas con Biomateriales. Fuente: (BBVA, 2021)



## 3. LOS BIOMATERIALES Y SUS CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS Y DE DISEÑO ARQUITECTÓNICO.

Un biomaterial es aquel material que tiene un origen y constitución natural. Se fabrica con ingredientes presentes en la naturaleza y deja una huella ecológica mínima durante su tratamiento y también después, como residuo.

Los científicos investigan la creación de nuevos materiales a partir de los residuos agrícolas o los hongos. Está claro que se impone buscar una alternativa a los materiales tradicionales usados en la construcción. Solo ese sector utiliza cerca de 3 billones de toneladas al año en todo el planeta. Si analizamos la cantidad de roca, agua y energía que son necesarias para fabricar cemento, veremos que supone un gasto muy elevado. Además, el impacto sobre la vida humana y animal es claramente negativo. Por todo ello, se hace imperativo el uso de materiales sostenibles.

### 3.1 Desarrollo de nuevos materiales amigables con el medio ambiente.

Como parte del esfuerzo por hacer más sostenible el sector de la construcción ante la crisis climática, se ha destacado la bioeconomía. Si bien el camino hacia la arquitectura neta cero sigue siendo muy complejo, el cambio emergente en la cultura y el pensamiento general es evidente, y la innovación parece estar impulsando esta transformación.

Es en este contexto que surgen los biomateriales, es decir, materiales de construcción derivados de organismos vivos, incluyendo plantas, animales y hongos.

Bioplásticos, hormigón biológico, hidrogeles, elementos desarrollados a partir de Micelio, materiales (aliados con otros tradicionales como la madera) podrían contribuir a la reducción drástica del impacto ambiental en la construcción o las infraestructuras. Que la arquitectura sostenible sea la norma y no la excepción depende en parte de ellos.

Actualmente varios investigadores y empresas dedicadas a la construcción de arquitecturas sostenibles han desarrollado biomateriales que podrían sustituir a los recursos que más contaminan en el proceso de construcción.

Entre los principales biomateriales desarrollados en la actualidad tenemos los siguientes:

- Paneles y Bloques con Micelio
- Elementos a base de madera

- Porofelt<sup>17</sup>
- Fieltro
- Corcho
- Cartón reciclado
- Hidrogeles



FIGURA 11. Biomateriales de construcción. Fuente: (Estació, s.f.).



FIGURA 12. Biomateriales de construcción. Fuente: (Estació, s.f.).

<sup>17</sup> “El Porofelt es un biomaterial que se forma con fieltro de fibras de algodón de 20 mm y por una lámina de caucho sintético EPD. Puede tener distintos acabados en fliselina y puede contar con adhesivo en una de las caras. Su eficacia como aislamiento acústico ha propiciado que se use en la construcción y la industria de la automoción. Además, también atenúa el ruido aéreo y por ello se instala en construcciones próximas a aeropuertos o estaciones” (Estació, s.f.).

### 3.2 Características principales de los biomateriales.

En el campo de la construcción, algunos biomateriales como la madera y el cáñamo se pueden utilizar en su estado bruto, mientras que otros, como el micelio y los restos de comida, se mezclan con otros materiales para luego transformarlos en útiles compuestos. Como reflejo de la innovación de la industria, particularmente en la investigación en bioquímica y bioingeniería, los biomateriales ofrecen oportunidades para impulsar la capacidad de crear una forma verdaderamente circular y sostenible de construir para el futuro. Esto se debe a que son biodegradables y almacenan CO<sub>2</sub> durante su vida útil, lo que reduce la huella de carbono de los edificios y productos. Además, varios estudios sugieren los considerables beneficios del uso de biomateriales en la construcción civil, no solo relacionados con la agenda de sustentabilidad, sino también para el bienestar de los usuarios.

### 3.3 Técnicas de construcción con biomateriales.

En la práctica, existen numerosos ejemplos de edificios que utilizan biomateriales, tanto de forma tradicional como con usos innovadores, ya sea en detalles arquitectónicos o métodos constructivos. En este sentido, los materiales derivados de plantas han sido los que más han destacado. Hemp House, por ejemplo, utiliza hormigón de cannabis para construir sus recintos. También conocido como hempcrete, este biomaterial se puede moldear en paneles fibrosos, revestimientos, láminas e incluso ladrillos. Además, la Casa Regional, un centro de educación ambiental en Bélgica, también es un ejemplo de esta aplicación. Al igual que el cáñamo, cabe mencionar que el lino también se ha utilizado en diferentes etapas de la construcción, como es el caso de Brass House Amsterdam, en Holanda, que utiliza este biomaterial en la estructura de sellado para garantizar el aislamiento térmico.



FIGURA 13. Proceso de fabricación de biomateriales con Micelio. Fuente: (ArchDaily, s.f.).



FIGURA 14. Brass House Amsterdam – Biomaterial en la estructura. Fuente: (ArchDaily, s.f.).

### **3.4 Soluciones generadas por medio del desarrollo y creación de nuevos materiales constructivos.**

En este enfoque de los biomateriales, independientemente del material y el proceso, una cuestión es clara: el entorno construido actual requiere más que materiales sólidos y estáticos. Requiere materiales que puedan remodelarse, regenerarse, crecer y adaptarse de forma autónoma en respuesta a su entorno. Eso parece un futuro posible.

### **3.5 El micelio como biomaterial y alternativa eficiente para reducir el impacto ambiental.**

*“Micelio - biomaterial, es un material biofabricado a partir de residuos vegetales (rastrajo de cereales, aserrín, papel, cartón, etc.) y solidificado con la estructura vegetativa de los hongos conocida como micelio. El material cuenta con excelentes propiedades térmicas, acústicas, de termo estabilidad entre otras que hacen del material un excelente sustituto de materiales como unicel, aglomerados de madera (MDF, OSB, corcho, etc.), espumas de poliuretano y otros derivados del petróleo. Además, cuenta con la capacidad de adaptarse a cualquier forma a partir de un proceso de moldeo. El proceso de producción de este material es de un impacto mínimo en cuanto a la huella de carbono ya que solo es necesario el uso de fibras vegetales, agua, energía calorífica del sol y el microorganismo indicado para solidificar el material; es por estas propiedades de composición que hacen del Micelio un biomaterial 100% biodegradable” (Socialab, s.f.).*

### 3.5.1 Características principales del micelio para un desarrollo favorable en la naturaleza.

*“Los hongos son los recicladores primarios de la naturaleza. Producen enzimas que ayudan en la degradación de la materia orgánica, transformándola en minerales. Los ambientes más favorables para la aparición de estas formas de vida son los espacios sombreados y húmedos. Como un iceberg, la porción visible de un hongo, o Seta, representa una pequeña fracción. Debajo de la superficie, los hongos desarrollan raíces filiformes llamadas micelio. Son filamentos blancos extremadamente delgados, que se desarrollan en todas direcciones, formando una red compleja que crece muy rápidamente. Cuando el hongo se implanta en un lugar adecuado, el micelio se comporta como un pegamento, cementando el sustrato y transformándolo en un bloque sólido. Este sustrato puede estar compuesto por aserrín, madera molida, paja, diversos residuos agrícolas, entre otros.*

*Dependiendo de la cepa del micelio y del sustrato utilizado, el producto final puede moldearse para producir paneles aislantes, muebles, accesorios, tejidos, materiales de embalaje e incluso ladrillos, con buenas características térmicas, acústicas e incluso buen comportamiento al fuego. Investigaciones científicas han demostrado que, en términos de características físicas y mecánicas, los materiales a base de micelio se parecen al poliestireno expandido (a menudo llamado espuma de poliestireno), pero con un nivel mejorado de biodegradabilidad. Además del sustrato lignocelulósico, las características de un bio compuesto a base de micelio se ven fuertemente afectadas por las especies de hongos seleccionados y su crecimiento continuo. Por lo tanto, la consistencia del micelio en sí se ve afectada, a su vez, por la composición y la estructura del sustrato”. Esta información fue obtenida del artículo “¿Edificios de hongos? Las posibilidades del micelio en la arquitectura.” de ArchDaily (ArchDaily en Español, 2013).*



FIGURA 15. Proceso de germinación y crecimiento del Micelio en un molde. Fuente: (ArchDaily, s.f.).



FIGURA 16. Bloques elaborados a base de Micelio. Fuente: (ArchDaily, s.f.).

### 3.5.2 Técnicas aplicadas a la construcción para utilizar al micelio como biomaterial.

Al ser un material de fácil adaptación a cualquier molde y al ser un material principalmente de alta resistencia térmica y acústica, El Micelio se ha convertido en un biomaterial sumamente importante y eficiente para el sector de la construcción. Actualmente se han desarrollado varios proyectos en donde se aplica el crecimiento del Micelio en forma de paneles termo acústicos y también en forma de bloques, los cuales al estar en contacto directo con el medio ambiente han aportado de manera significativa al entorno, sus características de ser un elemento biodegradable han puesto en estudio nuevas propiedades para desarrollar no solo proyectos efímeros sino también proyectos que perduren durante los años.

Aunque podemos recopilar algunos ejemplos de iniciativas, el uso del micelio todavía está tanteando la superficie. Los artículos científicos sobre el tema casi siempre concluyen con una afirmación: aún es necesario investigar y realizar experimentos con el material para que tenga eficiencia, competitividad y un control de calidad industrial para su uso masivo. Pero todos también están de acuerdo en que tiene un enorme potencial en las áreas más diversa, representando un cambio de paradigma en la forma en que abordamos la obtención, el uso y la eliminación de materiales de construcción. Al ser 100% biodegradables, abundantes en el planeta y "cultivados" a partir de desechos, logrando excelentes características funcionales, los materiales a base de micelio tienen un enorme potencial, aún sin explotar. Pero, sobre todo, también sirven para demostrar que las grandes innovaciones no requieren necesariamente de nuevos materiales tecnológicos o complejos. Pueden estar más cerca de lo que pensamos.

Pero los investigadores europeos en los campos de la informática, la biología y la arquitectura van un paso más allá. Proponen desarrollar un sustrato estructural utilizando micelio fúngico vivo, junto con nanopartículas<sup>18</sup> y polímeros para fabricar componentes electrónicos basados en micelio, implementando la fusión sensorial y la toma de decisiones fúngicas. "Las redes de micelio serán computacionalmente activas, dando lugar a características biológicamente nuevas para los artefactos y materiales arquitectónicos, como la autorregulación, la adaptación, la toma de decisiones, el crecimiento y la reparación autónoma, agregando nuevas ventajas y valor a los artefactos arquitectónicos y al medio ambiente, y proporcionando un paradigma radicalmente alternativo al estado del arte en los 'edificios inteligentes', que dependen en gran medida de infraestructuras técnicas"

### **3.6 Soluciones existentes, proyectadas a la construcción para utilizar micelio como biomaterial.**

Actualmente el campo de la construcción se ha visto en la obligación de cambiar su perspectiva de materiales constructivos para mejorar su relación con el impacto ambiental, eso nos proyecta a que los hongos podrían ser un gran aliado para la construcción sostenible,

Desde hace algunos años el micelio, que es la estructura principal que forma al hongo se ha utilizado como material para fabricar mobiliario, materiales de embalaje, materiales aislantes, entre otras cosas, con este material la arquitectura y la ingeniería se ha proyectado a la utilización de bio materiales con una visión a futuro para crear ladrillos. Este conjunto de Hifas permite la formación de estructuras resistentes a la compresión, creación de biopolímeros capaces de sustituir a los materiales plásticos entre otras alternativas que se están investigando.

*"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."* (Reports, 2021)

*"Una vez que el micelio ha construido completamente su red, pasa a su siguiente etapa: la construcción de un hongo. Aquí es donde se realiza una intervención y en lugar de dejar que un hongo salga del sustrato, se puede tratar al micelio para que construya estructuras predecibles controlando la temperatura, el CO2, la humedad y el flujo de aire para influir en el crecimiento del tejido"* (Reports, 2021).

---

<sup>18</sup> "Partícula que es más pequeña que 100 nanómetros (milmillonésima parte de un metro). En el campo de la medicina, se pueden usar nanopartículas para transportar anticuerpos, medicamentos, elementos para las pruebas con imágenes y otras sustancias hasta ciertas partes del cuerpo. Las nanopartículas están en estudio para la detección, el diagnóstico y el tratamiento de cáncer" (NIH, s.f.).



# CAPÍTULO IV

---

## LA BIOMÍMESIS COMO HERRAMIENTA DE INVESTIGACIÓN ARQUITECTÓNICA

FIGURA 17. Diseño arquitectónico y construcción con Micelio. Fuente: (MIT, 2019).



## 4. LA BIOMÍMESIS COMO HERRAMIENTA DE INVESTIGACIÓN ARQUITECTÓNICA.

### 4.1. Definición y características principales de la biomímesis.

*“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<sup>19</sup> etimológicamente hablando es “imitar la vida”. Viene de la conjunción de “Bio” (vida) y “Mímesis” (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).

*“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).*

---

<sup>19</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. La **biomimética** supone un marco de colaboración en el que catalizamos la información que obtenemos de más de 3,8 mil millones de años de evolución con la inspiración que sentimos cuando descubrimos historias de la naturaleza; es un trampolín para la creatividad que sólo está limitado por nuestra imaginación” (Biomimicryberia, 20188).

*“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 llevara 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 anemonas 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 aplicaciones 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.



FIGURA 18. Biomímesis o la naturaleza del diseño. Fuente: (Sollano, s.f.).

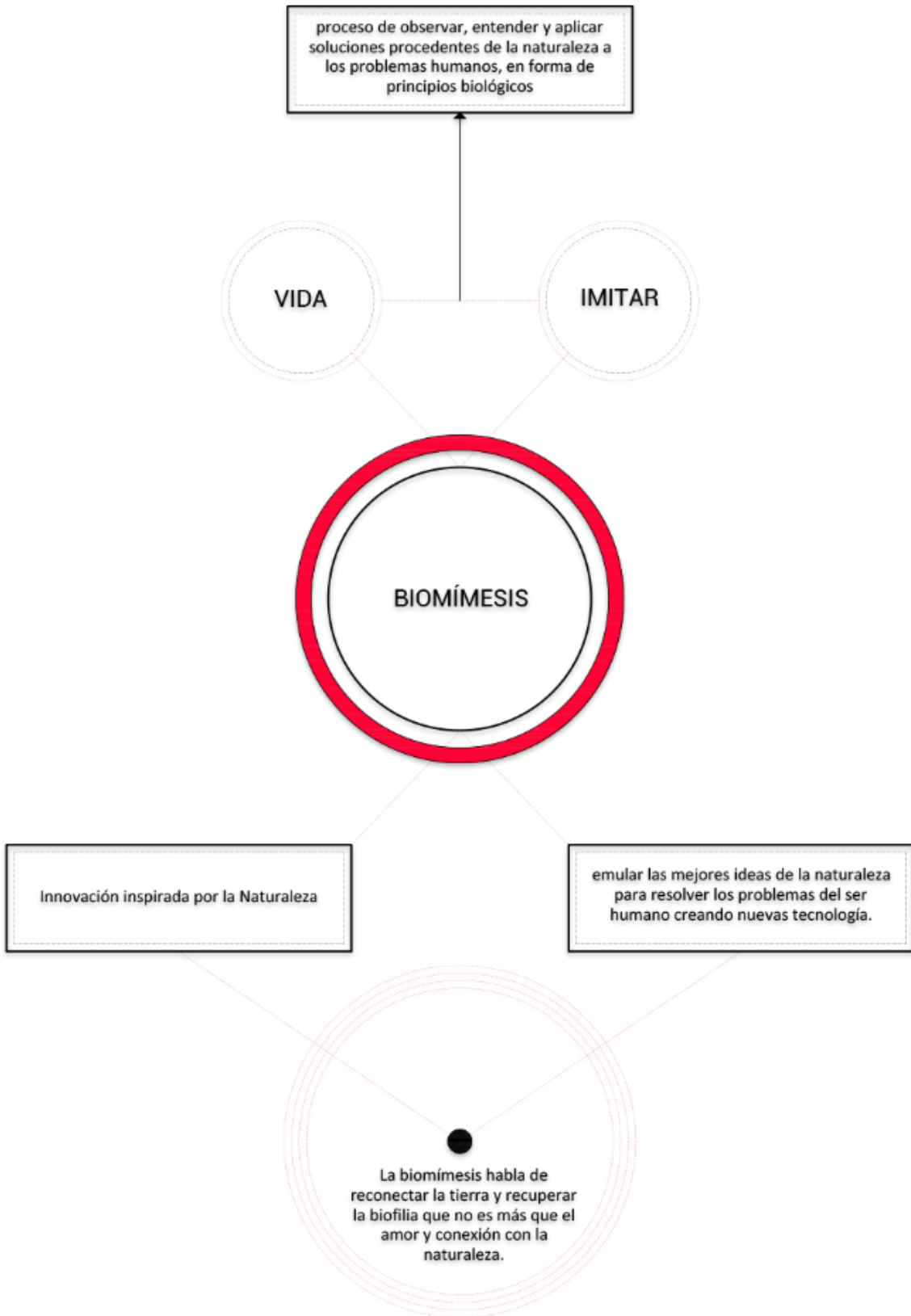


FIGURA 19. Diagrama de representación del significado de biomímesis. Fuente: Autoría propia.

#### 4.2. Diseños innovadores inspirados en la naturaleza como solución de la biomímesis.

Como se vio 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, quien a través de la observación de la anatomía<sup>20</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. 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 tomara 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<sup>21</sup> que no es más que el amor y conexión con la naturaleza” (sentipensante, 2016). El buscar ser uno entre la naturaleza y el ser humano.*

A continuación, algunos ejemplos de diseños innovadores inspirados en la naturaleza:

- Estadios inspirados en nidos de aves.



FIGURA 20. Relación entre los nidos de aves y el diseño de estadios por medio del estudio de la biomímesis. Fuente: (Ean, 2020).

<sup>20</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>21</sup> “La biofilia supone la necesaria unión con la naturaleza, es el amor o afición por el medio ambiente” (Biolaboro, 2023 ).

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>22</sup> le permite tener un diseño aerodinámico<sup>23</sup> 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.

- 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 vestimentas, estas pequeñas púas se unen como ganchos. Creando así el popular sistema de adhesión de telas.



FIGURA 21. Relación entre las plantas y el diseño del velcro por medio del estudio de la biomimesis.

Fuente: (sentipensante, 2016).

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

---

<sup>22</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).

<sup>23</sup> “adj. Que tiene la forma adecuada para reducir la resistencia del aire” (Española, 2022).

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.



FIGURA 22. Relación entre las plantas y el diseño de textiles que repelen el agua por medio del estudio de la biomímesis.

Fuente: (sentipensante, 2016).

En el año 2000 Speedo, una de las más reconocidas marcas de ropa acuática, lanzó el primer traje llamado “Fastskin”. El cual se consiguió mediante un estudio realizado sobre la piel del tiburón. Este traje poco convencional permite una gran resistencia al 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.

- Animales

El estudio de los animales y de su comportamiento, está dado desde hace muchos años, ya que al ser humano le ha parecido fascinante ciertas características de los mismo como su adaptabilidad, sus técnicas de supervivencia, su camuflaje, entre otras. Uno de los animales más estudiados por la robótica<sup>24</sup> y la ingeniería han sido los gekos<sup>25</sup> debido a su característica de adhesión a techos y paredes

---

<sup>24</sup> “La robótica es la ciencia y la técnica que está involucrada en el diseño, la fabricación y la utilización de robots. Un robot es, por otra parte, una máquina que puede programarse para que interactúe con objetos y lograr que imite, en cierta forma, el comportamiento humano o animal” (Pérez Porto, 2010).

<sup>25</sup> “Los gekos son unos tipos de lagartos de tamaños bastante pequeños que cuentan alrededor de unas 1500 superficies perteneciendo a la gran categoría de los reptiles del mundo” (PANGEA, 2017).

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 el pulpo y el camaleón, debido a su gran capacidad para camuflarse dentro de su entorno inmediato. Gracias a esta inspiración se han creado ciertos materiales que pueden cambiar su composición física de acuerdo con el medio donde están expuestos, un gran ejemplo de esto es el caso de algunas pinturas, que cuando alcanzan cierta temperatura pueden tener variación en su color.

Existe un animal que ha sido muy estudiado por el sector automotriz, concretamente por la Mercedes Benz (para la elaboración de su nuevo SUV), y se trata del pez Cofre. Este tipo de pez, a pesar de tener una forma inusual, es un pez sumamente acu adinámico lo que permite que se mueva, utilizando una cantidad mínima de energía. Otra de las características principales de este pez es su piel, pues al estar formada de láminas hexagonales tiene mayor resistencia a colisiones y altas presiones. Si bien es un auto casi cuadrado, mediante placas hexagonales y las molduras de la carrocería han logrado un espectacular coeficiente aerodinámico<sup>26</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%.

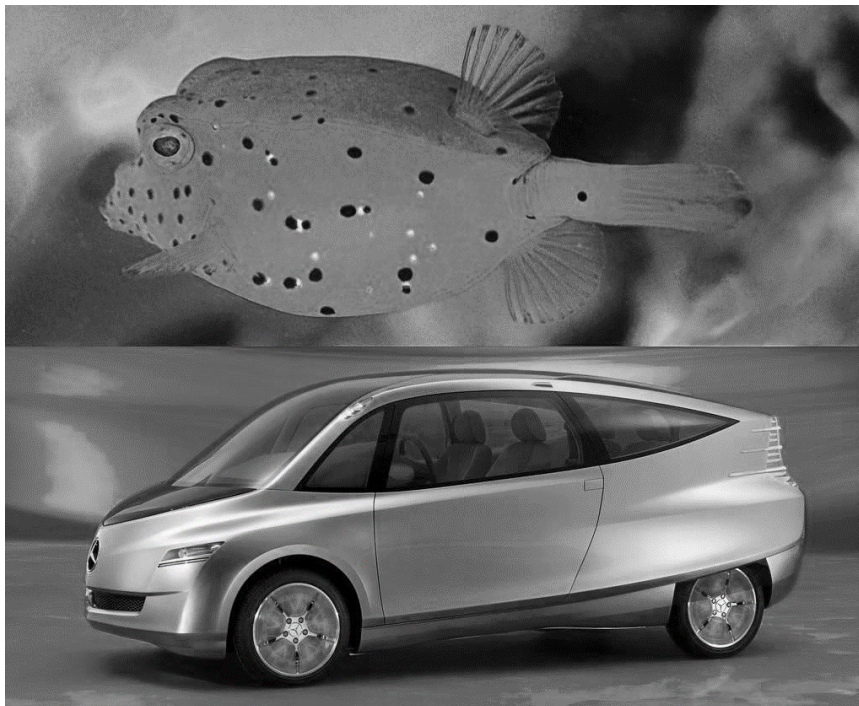


FIGURA 23. Relación entre el pez cofre y el auto de la marca Mercedes Benz. Fuente: (DIA, 2022)

---

<sup>26</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).

La gran adaptabilidad de los animales a circunstancias cotidianas y extremas ha hecho que se estudien sus mecanismos de adaptación. Un ejemplo de esto es un estudio realizado sobre las termitas<sup>27</sup>. Las termitas necesitan una temperatura de alrededor de 30°C para poder sobrevivir, pero curiosamente uno de los sitios donde más termitas se encuentran en el mundo es en África, donde la variación térmica oscila entre los 2 °C en la noche hasta los 42 °C en la mañana. Esto quiere decir que las termitas han encontrado la manera y los materiales necesarios para mantener la temperatura constante en los termiteros y sobrevivir a cambios de temperatura extremos.

El proyecto Termes, surge a través de la iniciativa de la Universidad de Loughborough. La cual con el objetivo de entender cómo estas complejas estructuras de los 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. Otra de las razones por las termitas se ha tomado como ejemplo para este proyecto, es por su manera de construir tan precisa, trabajando autónomamente sin necesidad de un líder o supervisión central.



FIGURA 24. Relación entre los animales y el diseño térmico de un edificio por medio del estudio de la biomímesis.

Fuente: (sentipensante, 2016)

Como los expuestos anteriormente, se pueden nombrar un sinnúmero de estudios entorno a la biomímesis y cómo esta nos ha ayudado a solventar distintos problemas que tenemos los seres

---

<sup>27</sup> “Las termitas, o como se la conoce popularmente hormigas blancas, son insectos sociales que viven en colonias subterráneas y se alimentan principalmente de la celulosa de la madera” (Anticimex, 2023).



humanos, sin embargo y tomando en cuenta lo magnífica que es la naturaleza, aún queda mucho por investigar.

#### **4.3. Estudio de la biomímesis aplicada a la arquitectura.**

Como se expuso en párrafos anteriores, la biomímesis ha servido como inspiración en varias ramas y una de esas sin duda es la arquitectura. Hoy en día existen muchos proyectos arquitectónicos los cuales se han realizado entorno a la inspiración de la naturaleza y al estudio de la biomímesis. En forma, estructura, decoración, materialidad, eficacia energética, entre otras.

Uno ejemplo arquitectónico muy importante, que se basó en la naturaleza, y que además es considerada como 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.

Antoni Gaudí, nacido en 1852 fue un arquitecto catalán, reconocido como uno de los máximos exponentes del modernismo y con un lenguaje arquitectónico difícil de etiquetar. Su obra emblemática fue la Sagrada Familia, y aunque nunca la pudo ver terminada (murió antes de que esto sucediera) su diseño y técnica siempre estarán plasmados en este monumento catalán.



FIGURA 25. Iglesia de la Sagrada Familia en Barcelona, España. Diseñada por Antoni Gaudí

Fuente: (Imaginario, n.d.).

*“Este proyecto está pensado a partir de dos ejes fundamentales que conmovían a Gaudí: el discurso cristiano y la observación de la naturaleza. Este último fue clave en la construcción de la iglesia, ya que tanto estructural como arquitectónicamente, el diseño de la Sagrada Familia está*

*inspirado en la naturaleza y sus formas. 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 se asemejan a troncos de árboles, ramas, caracoles entre otros elementos encontrados en la naturaleza” (Imaginario, n.d.).*

La Sagrada Familia de Gaudí fue proyectada a finales del siglo XIX, y aunque 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.

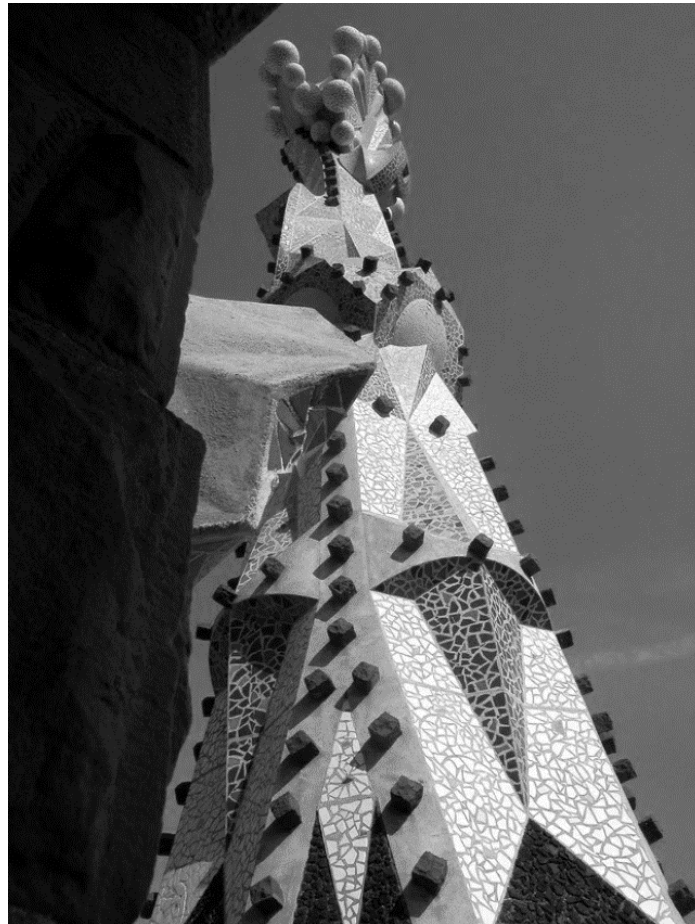


FIGURA 26. Diseño de la cúpula de la Iglesia de la Sagrada Familia en Barcelona, España. Diseñada por Antoni Gaudí

Fuente: (Imaginario, n.d.).

Otro gran ejemplo de la biomímesis aplicada en la arquitectura es el Estadio Nacional de Pekín, China diseñado por Herzog y de Meuron. Para el cual se tomó como inspiración la morfología y la composición del nido de un pájaro.

*“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 sea llamado “El nido” por sus propios habitantes” (Viva, 2005).

“Desde lejos, se puede observar una estructura autoportante<sup>28</sup> 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 grandes luces entre sus pilares” (Viva, 2005).



FIGURA 27. Estadio Nacional conocido como nido de pájaro de Herzog y de Meuron en Pekín, China

Fuente: (Viva, 2005).

“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.).

---

<sup>28</sup> “Se califica de autoportante todo elemento que en caso de ser apilado no sufre deterioro alguno por el peso que soporta. En arquitectura el muro cortina es un claro ejemplo de unidad autoportante. Las naves modernas destinadas a almacenaje y clasificación de objetos cuentan entre sus instalaciones de grandes estanterías autoportantes” (Arquitectónico, 2023).

Hoy en día se pueden encontrar varios proyectos basados en el estudio de la biomímesis, apoyados del diseño paramétrico<sup>29</sup> para llevarlos a cabo. Para esto se debe estudiar su morfología, ensamblaje, estructura, etc. previo a su construcción. Dentro de la naturaleza, los sectores que más se toman como inspiración son los caparazones 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.).



FIGURA 28. ICD/ITKE Research Pavilion. Fuente: (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 están enfocados principalmente en elementos formales para generar la estructura o conceptos de diseño e ingeniería.

---

<sup>29</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).

Otro de los factores que también ha cobrado mucha importancia dentro del nuevo diseño de la arquitectura es el acondicionamiento térmico. Esto no solo ha sido aplicado en edificios sino también en pabellones por medio de estructuras plegables, basadas en mecanismos de apertura automática como la de la flor de *Convolvulus*<sup>30</sup>.

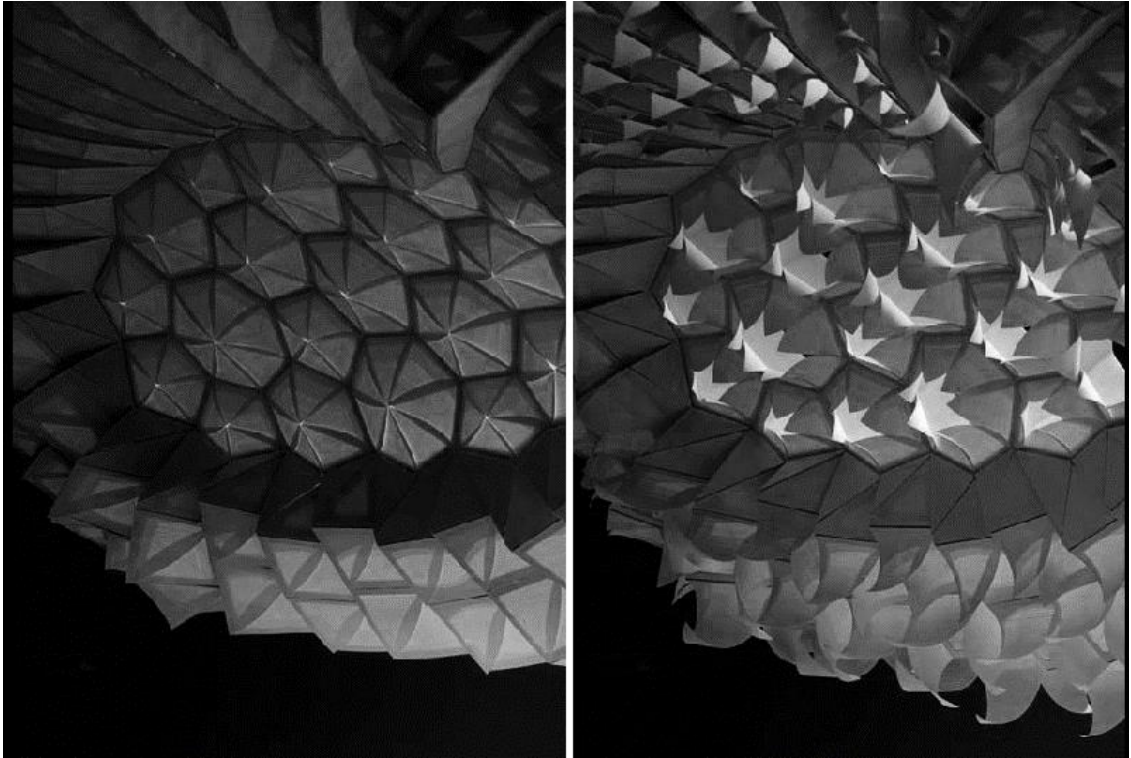


FIGURA 29. Hygroscope / Centro Pompidou. Fuente: (Archdaily, n.d.).

---

<sup>30</sup> “*Convolvulus sabatius* es una herbácea perenne que alcanza de 15 a 25 centímetros de altura, y desarrolla tallos postrados y largos (hasta un metro) que tienden a transformarse en leñosos con la edad. Esta especie no es invasiva, por lo que es muy adecuada para jardinería mediterránea sin especies invasoras” (Tabla, 2023).



# CAPÍTULO V

---

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

FIGURA 30. Paneles Termoacústicos desarrollados a base de Micelio. Fuente: (ArchDaily, s.f.).

## 5. MICELIO, MATERIAL BIODEGRADABLE, DE DISEÑO ARQUITECTÓNICO Y CONSTRUCTIVO.

### 5.1. Reino Fungi y sus características.

“El reino Mycota o comúnmente conocido como Fungí, se refiere al reino de los hongos que constituye, junto con el reino Animalia, el reino Plantae, el reino Protista y el reino Monera, los 5 reinos taxonómicos<sup>31</sup> 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).

“El Reino Fungí incluye una gran variedad de especies de seres vivos, son organismos eucariontes, esto significa que no se mueven, no realizan fotosíntesis y se alimentan por medio de absorción” (Significados, Reino Fungí, 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.



FIGURA 31. Distintas especies de hongos formas, tamaños y colores. (Cepero, 2012).

<sup>31</sup> “La taxonomía es la ciencia que estudia los principios, métodos y fines de la clasificación. Este término se utiliza especialmente en biología para referirse a una clasificación ordenada y jerarquizada de los seres vivos y en educación para ordenar y diseñar los objetivos del aprendizaje. Esta palabra se forma con los términos griegos τάξις (taxis, 'ordenamiento') and νόμος (nomos, 'norma', 'regla').” (Significados, Significados, 2023).

*“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).

El Reino de los Hongos cuenta con una gran diversidad 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 de la mano con otras especies a manera de simbiosis<sup>32</sup> para sacar provecho los unos de los otros. Dentro del reino fungí podemos encontrar el moho, levaduras, algas y setas (hongo).

Ecuador al ser considerado un país megadiverso, alberga una gran cantidad de especies de hongos, en la cual la mayoría de ellas aún no han sido estudiadas. 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.

#### 5.1.1 Definición y características generales de los hongos.

*“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; no pueden hacer fotosíntesis, ni comer. Los hongos son solamente hongos. Juegan papeles preponderantes no solo en la naturaleza sino también en nuestra vida cotidiana.

---

<sup>32</sup> “En biología, la simbiosis es la forma en la que individuos de diferentes especies se relacionan entre sí, obteniendo el beneficio de al menos uno de los dos. La simbiosis se puede establecer entre animales, vegetales, microorganismos y hongos. El concepto *simbiosis* proviene del griego y significa “medios de subsistencia”. Esta palabra fue acuñada por Anton de Bary y hace alusión a las asociaciones que se establecen entre los individuos de un ecosistema para competir o compartir recursos de la naturaleza” (Etecé, 2021).





FIGURA 32. Hongo *Ganoderma lucidum*. (Dr. Sanchari Sinha Dutta, 2022).

#### Características:

- Los hongos crecen en el suelo, superficies, materia orgánica, troncos, piedras, dependiendo el 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, 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 mucho 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 simbiotes (trabajan en conjunto con el organismo al que están sujetos, generando nutrientes y protección el uno con el otro).

- Crecen de forma distinta, en algunos casos lo hacen sobre troncos a manera de estante, en otros crecen 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.

### 5.1.2 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. Cada hifa consiste en una o más celdas 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).

Los micelios generalmente varían en tamaño, estos pueden llegar a ser microscópicos o extremadamente grandes. Cuando el micelio es muy grande, generalmente se lo conoce como micelio madura y puede llegar a coexistir en simbiosis con los árboles, esto se da principalmente en los bosques, en los cuales los hongos y arboles trabajan mutuamente para aprovechar al máximo los nutrientes el uno con el otro. “Los micelios por si 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 fructíferos 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, también conocidos como “dos formas”, esto se da principalmente a causa de las temperaturas y contextos donde estos crecen”* (LibreTexts, 2022).

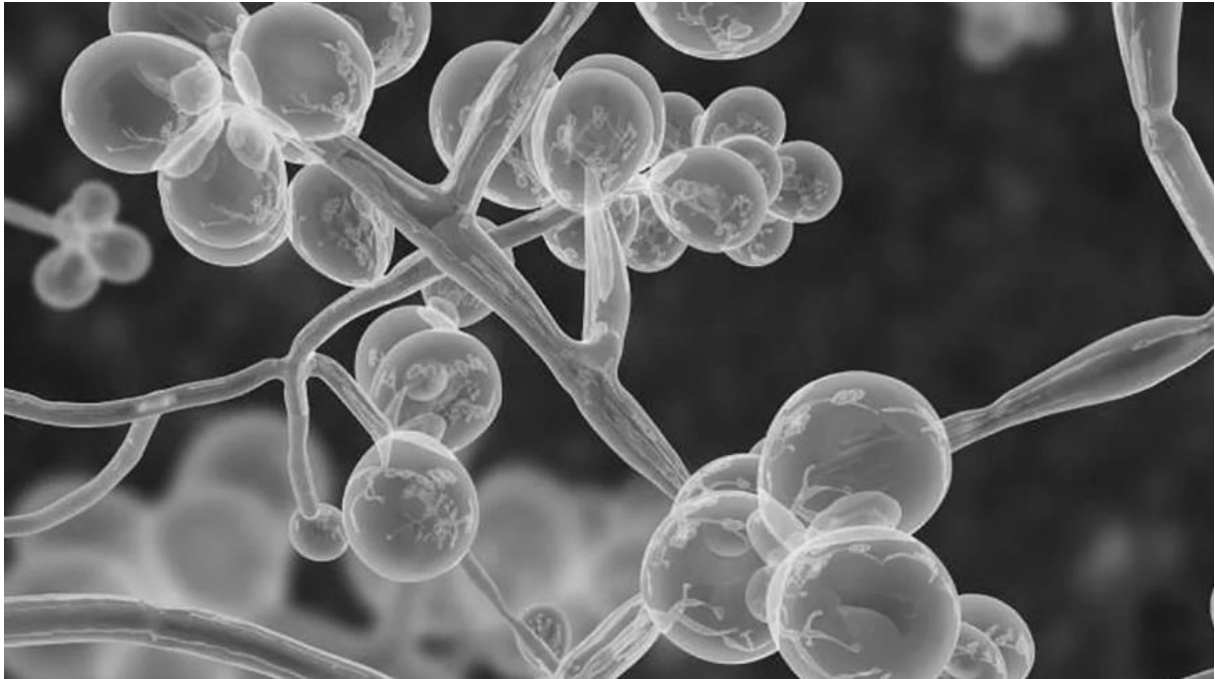


FIGURA.33. Morfología y crecimiento de los Hongos. Fuente: (Plus, 2020)

Anatomía de los Hongos.

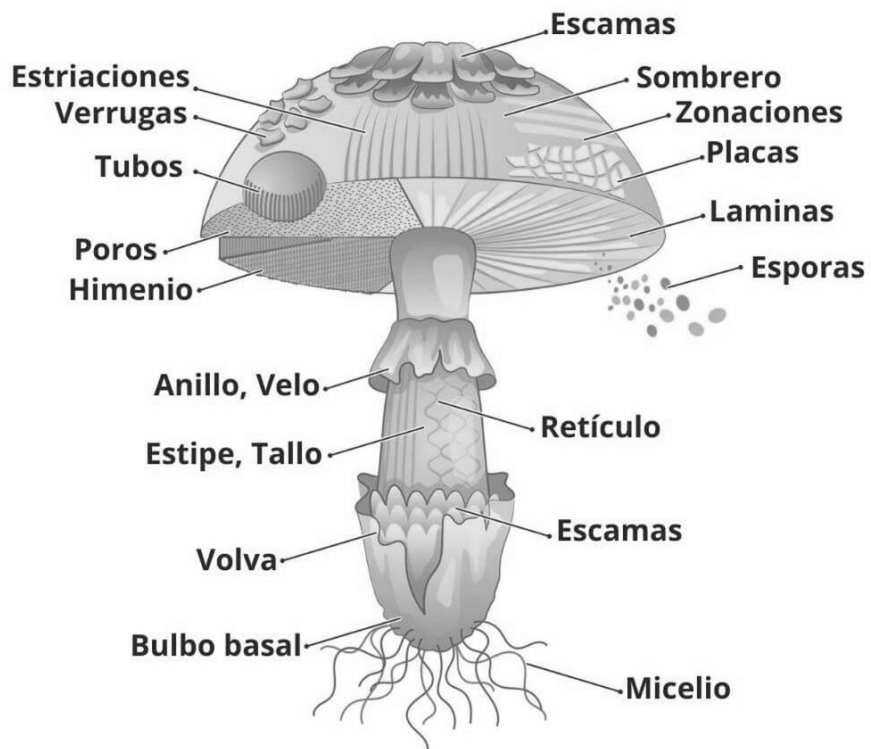


FIGURA.34. Anatomía de los Hongos. Fuente: (aprendizaje, 2023)

#### Velo universal

*“Cuando el hongo filamentosos empieza a crecer lo hace primero en un botón, que está encerrado dentro de un velo universal. Conforme el hongo va aumentando de tamaño, este velo se desgarrar para liberar el contenido desarrollado, dejando visible al píleo. Llega el punto en el que el hongo crece por completo, dejando al velo completamente liberado del hongo. 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 que cae sobre el hongo. Es llamada también sombrero. Suele tener una coloración y textura diferente a las demás partes del hongo. Esta variedad se presenta también en diferentes especies de hongo, haciendo a cada uno característico. Está cubierto por una delgada cutícula y en ocasiones pueden presentar escamas” (Osorio, 2021).*

#### Himenio

*“Bajo el píleo se alojan láminas, pliegues, esponjas, geles o tubos, con función productora y almacenadora de esporas. Al crear compartimentos se pueden alojar mayores cantidades de esporas. Es la zona fértil del hongo. 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, además de unirlo con las otras partes del hongo. Lo ayuda a elevarse del suelo para que sus esporas puedan dispersarse mejor. Puede tener varias formas, como claviforme, filiforme, cilíndrico, cónico, o hasta esponjosos y huecos” (Osorio, 2021).*

#### Anillo

*“Se forma a la mitad del estipe, como un signo de crecimiento del hongo. Se revela cuando se pierde el velo parcial, que es la capa que cubre al himenio” (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” (Osorio, 2021).*

#### Base del estipe

“Es la zona que sujeta al estipe al suelo y que lo conecta con el cuerpo vegetativo, que veremos en el próximo apartado. Está formado por hifas desordenadas que pueden unirse a la madera, conos de pinos, raíces, o a otros medios a los que se asocien” (Osorio, 2021).

### 5.1.3 Reproducción de los hongos.

Como se mencionó 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<sup>33</sup>, así como haploides<sup>34</sup>, esto les permiten reproducirse en condiciones totalmente desfavorables” (LibreTexts, 2022).

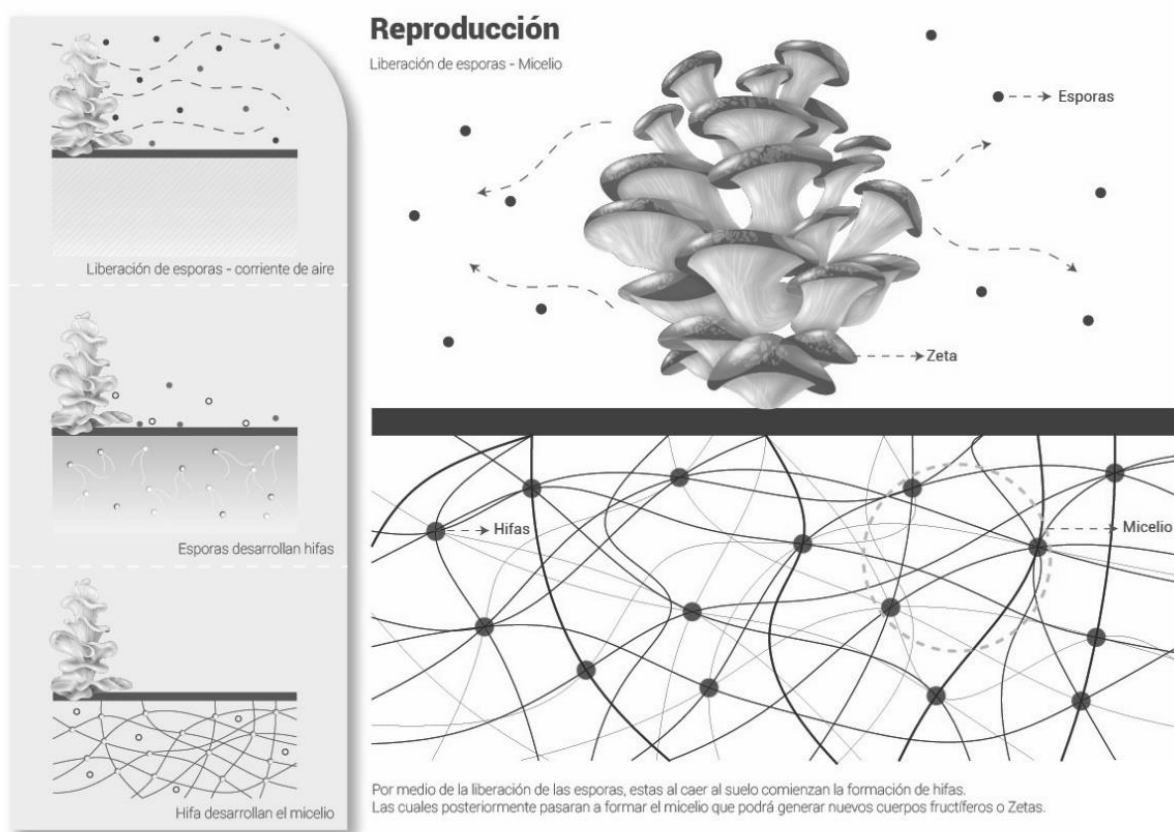


FIGURA 35. Proceso de reproducción de los Hongos. Fuente: Autoría Propia.

<sup>33</sup> “Se refiere a la presencia de dos conjuntos completos de cromosomas en las células de un organismo, donde cada progenitor aporta un cromosoma a cada par” (INSTITUTE, 2023).

<sup>34</sup> “Se refiere a una célula u organismo con un único conjunto de cromosomas. Los organismos que se reproducen asexualmente son haploides” (INSTITUTE, 2023).

## REPRODUCCIÓN ASEJUAL

La gran mayoría de los hongos se reproducen asexualmente, es decir produciendo esporas. “Una espora es una célula haploide producida por mitosis<sup>35</sup> a partir de una célula progenitora haploide. Siendo esta idéntica a la célula parental. Las esporas de los hongos pueden convertirse en nuevos individuos haploides sin la necesidad de ser fertilizados” (LibreTexts, 2022).

Las esporas suelen ser esparcidas por el agua, insectos, 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. Esta zigospora 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.

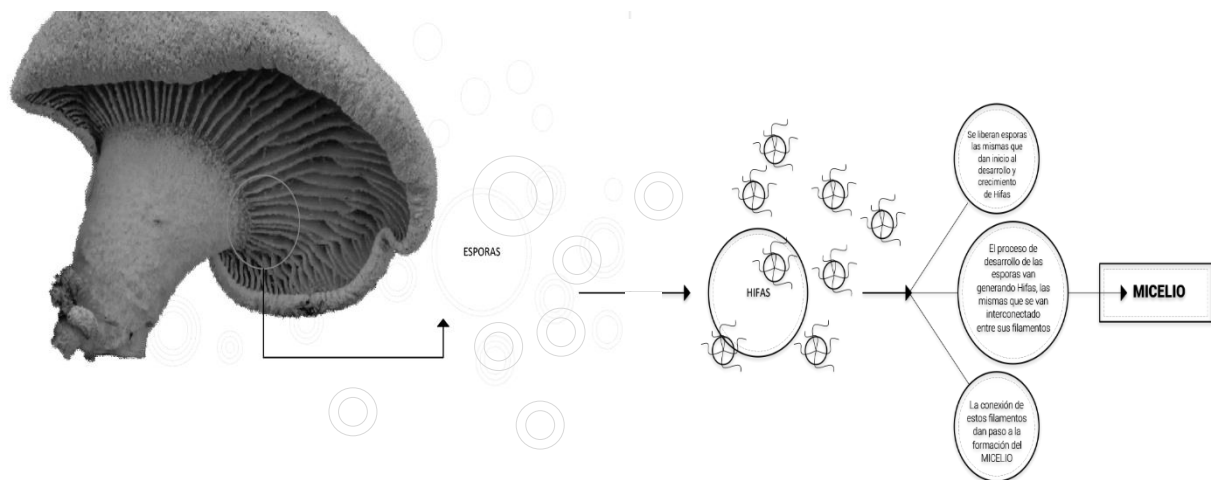


FIGURA 36. Proceso de reproducción de los Hongos. Fuente: Autoría Propia.

<sup>35</sup> “Es el proceso celular por el cual se producen dos núcleos idénticos en preparación para la división celular. En general, la mitosis va seguida inmediatamente del reparto equitativo del núcleo celular, así como del resto del contenido celular en dos células hijas” (INSTITUTE, 2023).

#### 5.1.4 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).



FIGURA 37. Especies de hongos en el mundo. Fuente: (Debayle, 2022).

#### 5.1.5 Biología.

A lo largo del tiempo, se pensó que el Reino Fungí o Reino de los Hongos era parte del reino de las plantas, sin embargo, desde el siglo XIX se los catalogó como un nuevo reino. Los hongos son el organismo más grande y antiguo del planeta, tal es el caso de los hongos de miel que se encuentran dentro del bosque de Oregon. Según estudios realizados tienen una edad de aproximada de dos mil cuatrocientos 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. Se los puede considerar como bioindicadores, 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 nos permite tener claro la salud del bosque o medio ambiente donde se encuentran.

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 hongo *Ganoderma Lucidum*, el cual se encuentra a lo largo de todo el territorio ecuatoriano, y está distribuido principalmente en zonas templadas. Este tipo de hongo no solo ha sido consumido como comestible a lo largo de los años sino también como elemento medicinal principalmente en las culturas asiáticas comúnmente llamado Reishi.



FIGURA 38. Especie de Hongo *Ganoderma lucidum*. Fuente: (Hoy, 2021)

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.

*“Dentro de este grupo de saprofitas 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 tipos 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.

#### 5.1.6 Clasificación.

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 Níscalo y las trufas.



FIGURA 39. El níscalo es una de los hongos más abundantes y buscados. Fuente: (Minutos, 2006)

##### Descomponedores o Saprofitas

Los saprofitos o descomponedores habitan principalmente 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 Fiminícolas, Humícolas, Lignícolas, Terrícolas, Practícolas, Foliculas, 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.



FIGURA 40. Hongos descomponedores. Fuente: (Arguedas, 2022)



FIGURA 41. Hongos descomponedores. Fuente: (Popular, 2016)

## 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.



FIGURA 42. Hongo parasitario cordyceps. Fuente: (Images, 2023).

### 5.2 Micelio material para la construcción.



FIGURA 43. El Micelio es la parte vegetativa del hongo. Fuente: (Shutterstock, 2022).

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<sup>36</sup> el cual está compuesto por un conjunto de hifas<sup>37</sup> 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 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, quiso nato. La quitina es una macromolécula compuesta de N-acetil glucosamina y es el componente principal de los esqueletos de los artrópodos<sup>38</sup>, 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).*

El 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 se mejora en condiciones de oscuridad y con un ambiente de 20 a 25 grados centígrados.

En la última década, el micelio y su potencialidad ha suscitado el interés de investigadores y empresas que ven este material, como 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.

---

<sup>36</sup>“Talo de los hongos, formado comúnmente de filamentos muy ramificados y que constituye el aparato de nutrición de estos seres vivos.” (ESPAÑOLA, 2022)

<sup>37</sup> “Son las unidades estructurales de la mayoría de los hongos, sobre todo en los filamentos. Presentan tabiques transversales en forma de número regular, con un poro de comunicación en el centro, son hifas septadas. El conjunto de hifas recibe el nombre de micelio, a veces forman cordones duros y resistentes subterráneos que reciben el nombre de rizomorfos. Cuando las hifas carecen de tabique se denominan aseptadas.” (FUNGICA, 2007)

<sup>38</sup> “Los animales artrópodos son animales invertebrados que constituyen el filo más numeroso y diverso dentro de los 29 filos que conforman el Reino Animalia o Animal” (Roldán, 2022).

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



FIGURA 44. Bloques elaborados con Micelio. Fuente: (Reports, Hongos, ¿el material de construcción sostenible del futuro?, 2021)

*“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>39</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).*

---

<sup>39</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 coste” (Inarquia, 2023).



FIGURA 45. Diagrama de características del Micelio como material de construcción. Fuente: Autoría Propia.

### 5.2.1 Propiedades biológicas.

Una de las propiedades que posee el micelio es la de la “anastomosis<sup>40</sup>”, el cual es el proceso de fusión entre las hifas de los hongos. *“Este proceso tiene una gran importancia biológica ya que por medio de este pueden formar simbiosis con las plantas y árboles. Teniendo un papel fundamental en la distribución de nutrientes en los ecosistemas, así como con el proceso de degradación de material en descomposición”* (Ceballos, 2022).

<sup>40</sup> “La anastomosis es un proceso de fusión entre las ramas de hifas de los hongos, muy común en hongos basidiomicetos y ascomicetos” (Ceballos, ResearchGate, 2022).

La anastomosis es un término comúnmente utilizado en la biología, micología, medicina y geología. Se refiere a la unión de unos elementos con otros (simbiosis). “En el reino Fungí 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).

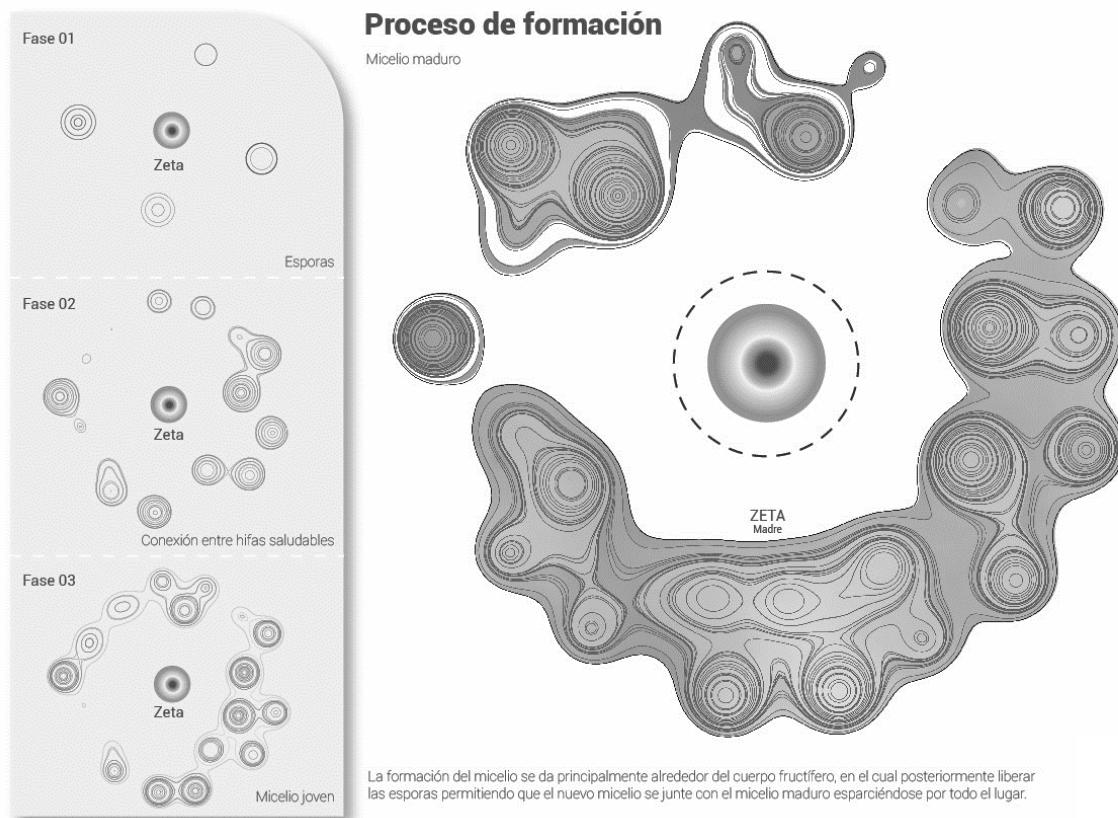


FIGURA 46. Diagrama de proceso de formación del Micelio y Zetas. Fuente: Autoría Propia.

### 5.2.2 Estudio de crecimiento del micelio.

La tasa de crecimiento de los hongos es muy alta, siendo los seres vivos que crecen con mayor velocidad en el planeta. Pueden llegar a crecer un 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 co2. Siendo muy importante este último ya que el cuerpo fructífero del mismo hongo puede cambiar su morfología de acuerdo en donde estos se encuentren.

“Se necesita sustratos compuestos de lignina, celulosa y hemicelulosa 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 recrea las primeras fases de crecimiento del hongo antes de crear el micelio. El algoritmo de crecimiento de las hifas se basó principalmente en el 1mm de crecimiento por hora en 24 horas.

## CRECIMIENTO DE LA HIFA

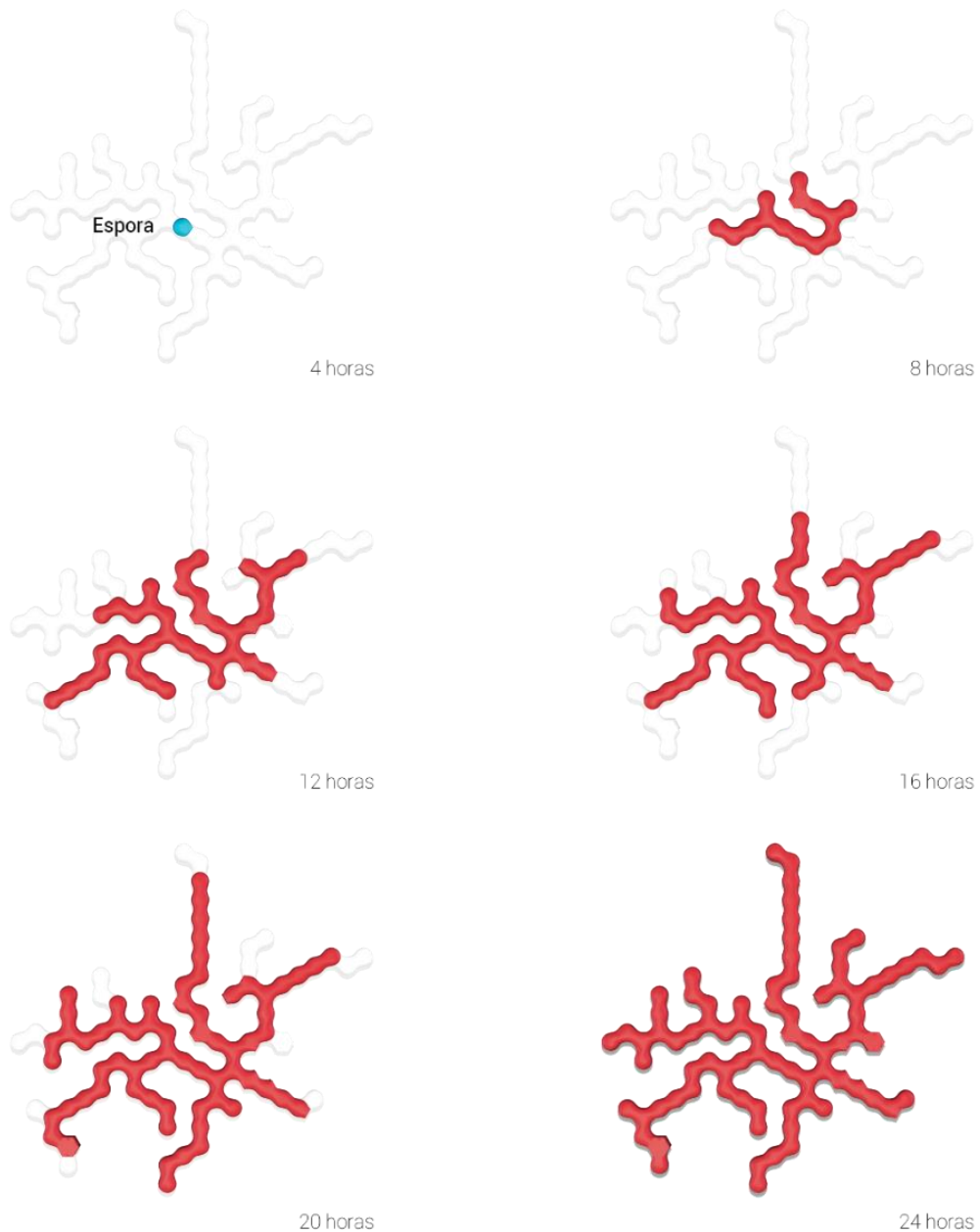


FIGURA 47. Diagrama de crecimiento de la Hifa. Fuente: Autoría Propia.



Algoritmo:

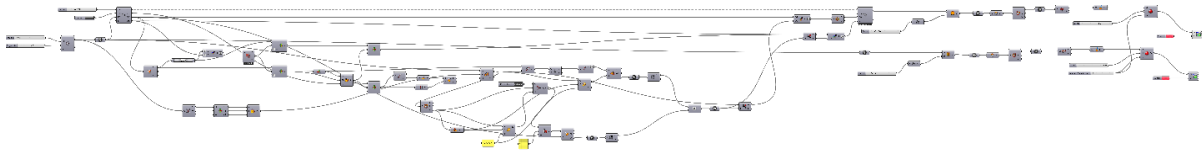


FIGURA 48. Algoritmo de creación de la Figura 47. Fuente: Autoría Propia.

Para poder visualizar el crecimiento del micelio se elaboró un algoritmo de crecimiento dos 2d y 3d, el cual permite observar su tasa de crecimiento en el lapso de 18 días. Esto se logró mediante los componentes de población aleatoria en un plano y el componente de camino más corto desde un punto inicial hacia todos los posibles puntos de crecimiento aleatorio. Esta Algoritmo se encuentra diseñada para que el crecimiento del micelio se recree a 1mm por hora, mientras el área de crecimiento aumenta en un lapso de 18 días.

### CRECIMIENTO DEL MICELIO

1mm por hora

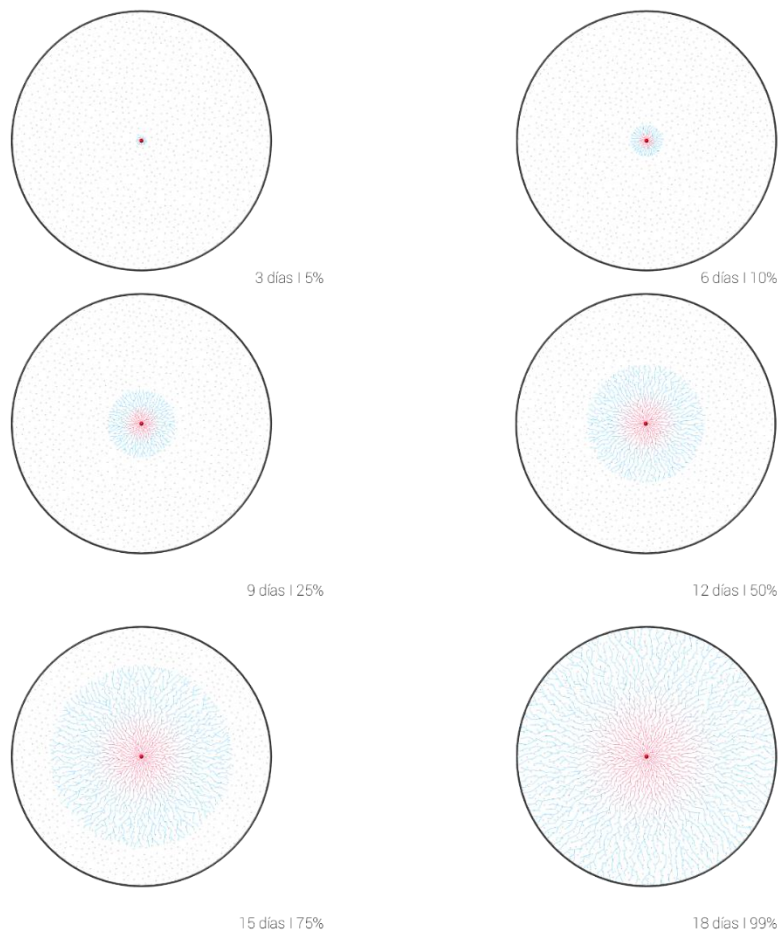


FIGURA 49. Diagrama de crecimiento del Micelio. Fuente: Autoría Propia.

Algoritmo:

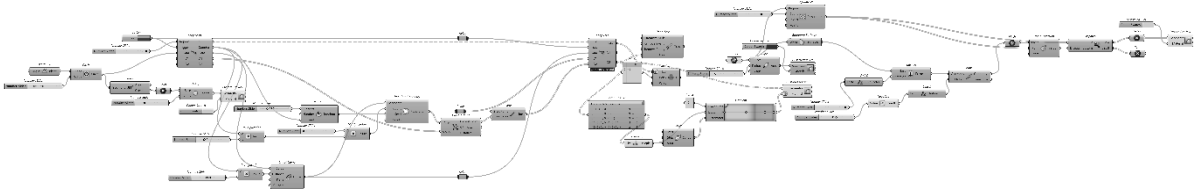


FIGURA 50. Algoritmo de creación de la Figura 49. Fuente: Autoría Propia.

Para generar el algoritmo de crecimiento 3D del micelio se configuró al algoritmo para que genere 300 puntos aleatorios de crecimiento para la primera imagen, así como 1000 puntos de crecimiento aleatorio a través del camino más corto.

### CRECIMIENTO DEL MICELIO 3D

300 puntos aleatorios

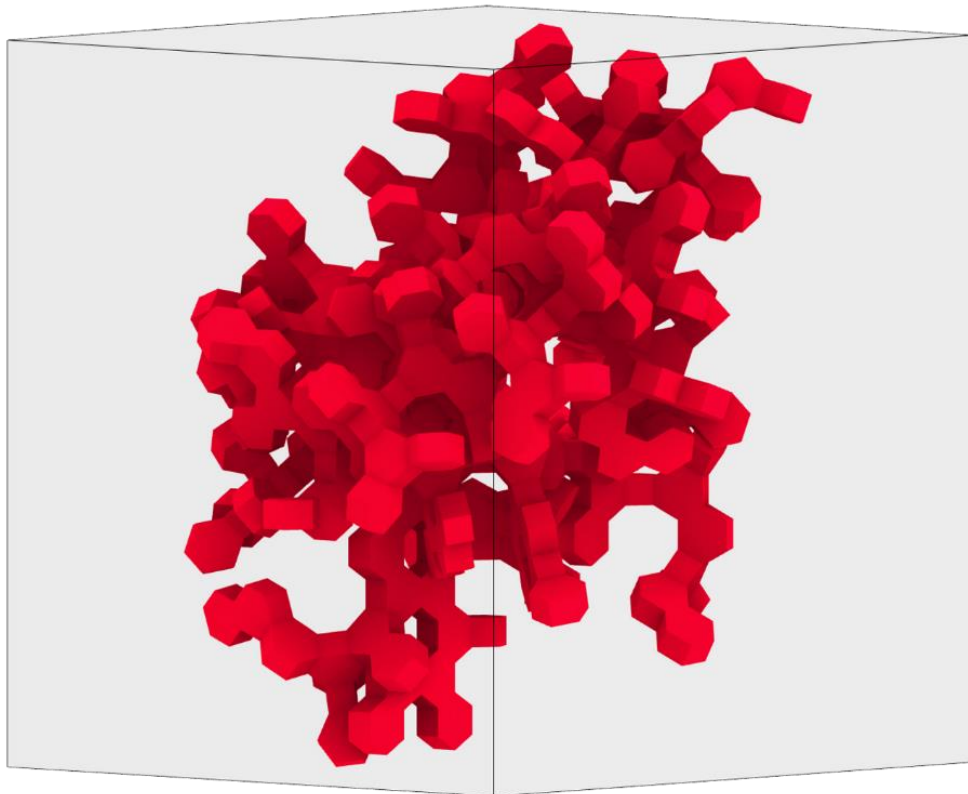


FIGURA 51. Imagen del crecimiento del Micelio 300 puntos. Fuente: Autoría Propia.

## CRECIMIENTO DEL MICELIO 3D

1000 puntos aleatorios

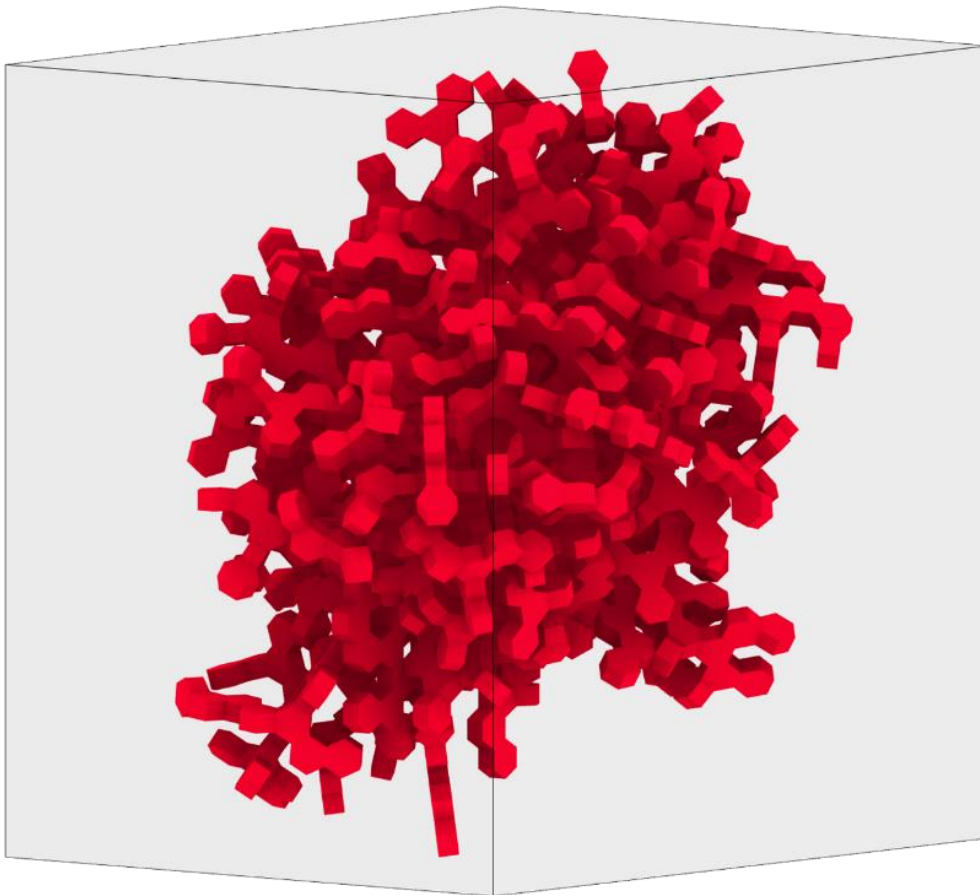


FIGURA 52. Imagen del crecimiento del Micelio 1000 puntos. Fuente: Autoría Propia.

Algoritmo:

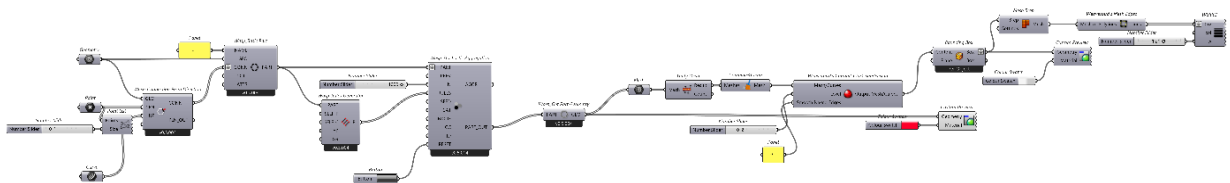


FIGURA 53. Algoritmo de creación de la Figura 51 y 52. Fuente: Autoría Propia.

## CRECIMIENTO DEL MICELIO

Bloque de 25 cm x 15cm

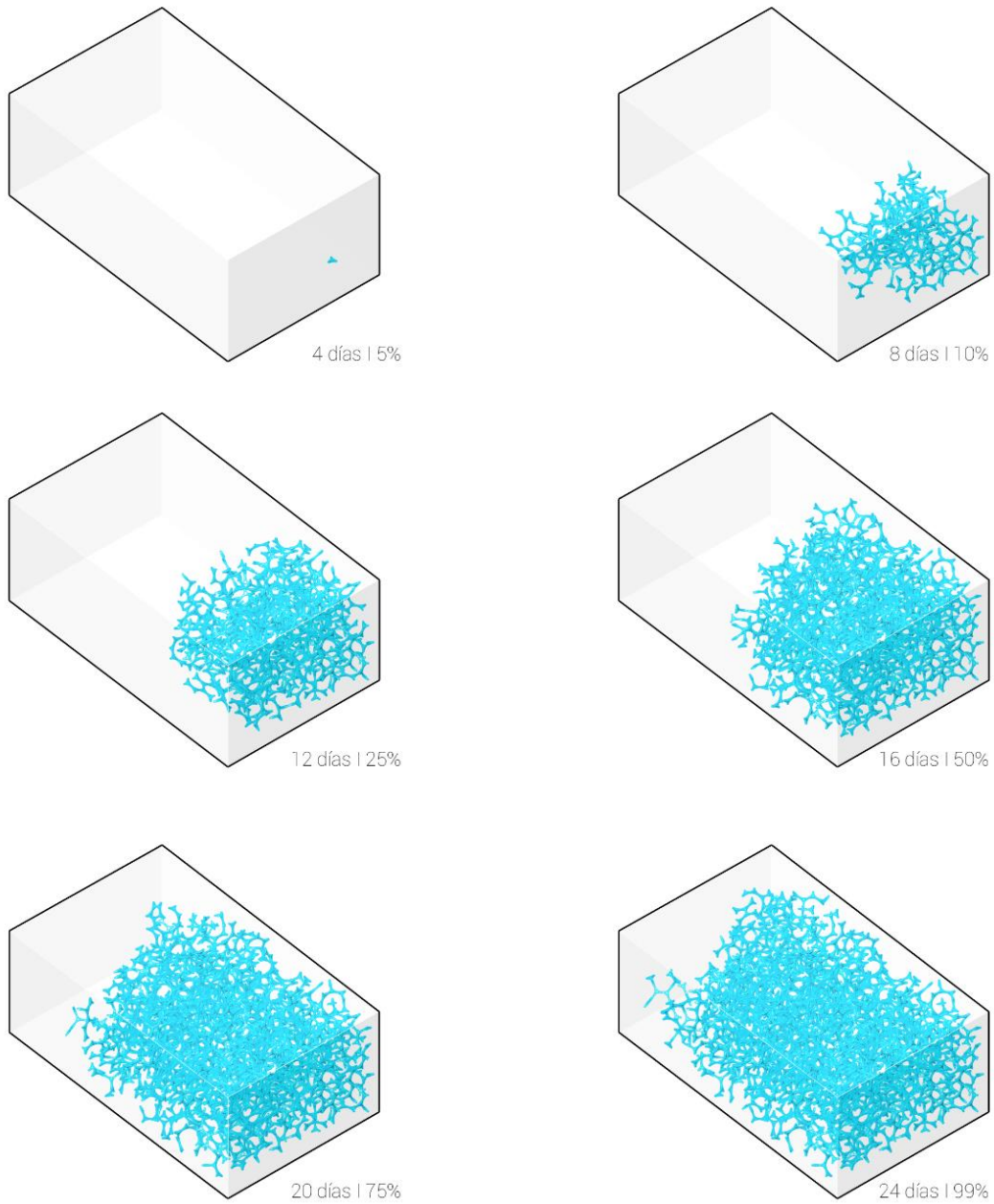


FIGURA 54. Imagen del crecimiento del Micelio en bloque contenido. Fuente: Autoría Propia.

## CRECIMIENTO DEL MICELIO

Esfera

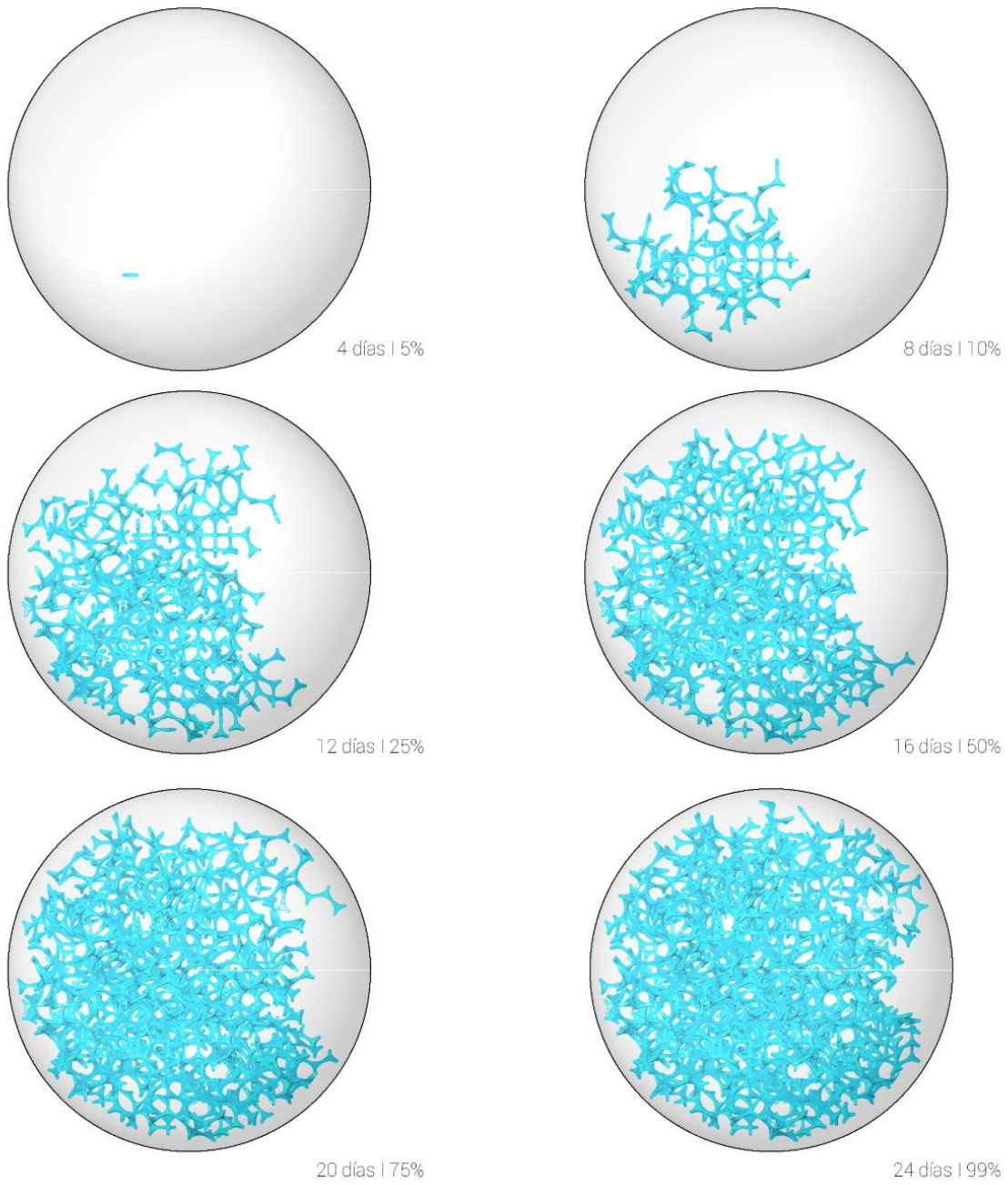


FIGURA 55. Imagen del crecimiento del Micelio contenida en esfera. Fuente: Autoría Propia.

## CRECIMIENTO DEL MICELIO

Con un objeto delimitante de crecimiento\

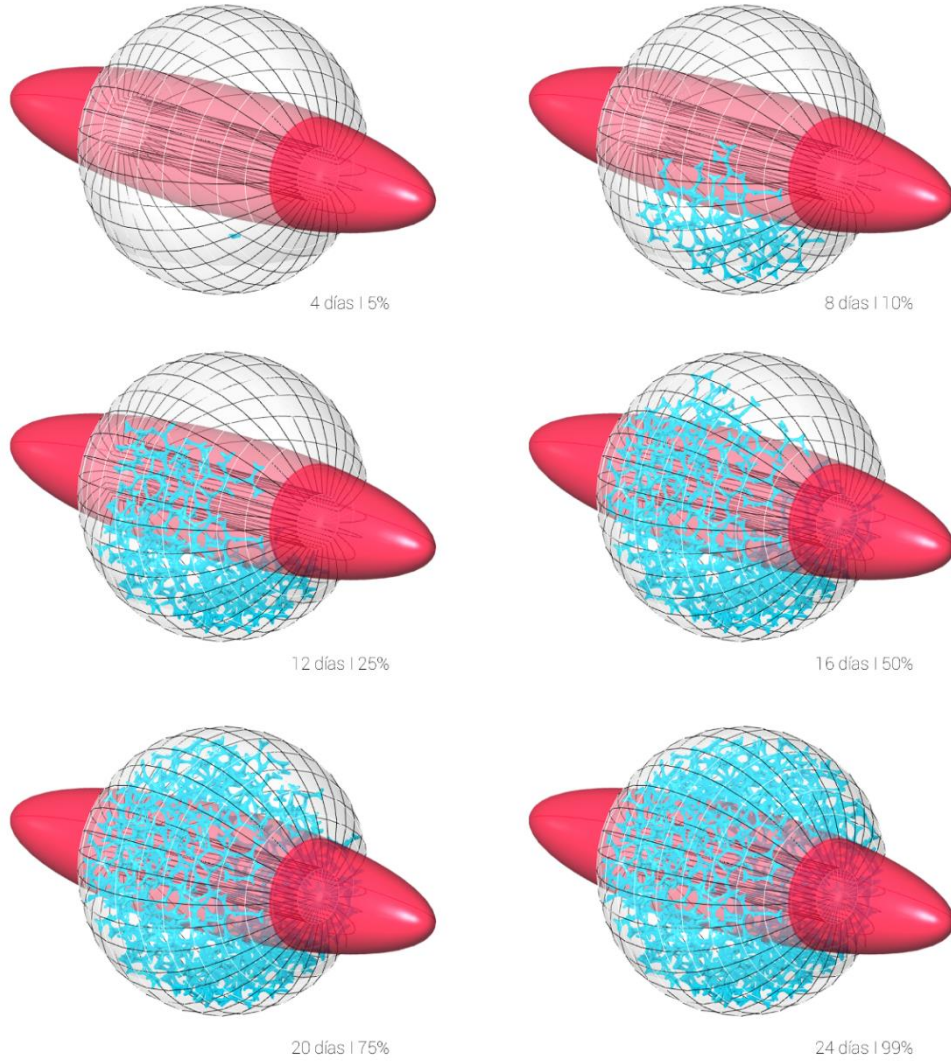


FIGURA 56. Imagen del crecimiento del Micelio con delimitante. Fuente: Autoría Propia.

Algoritmo:

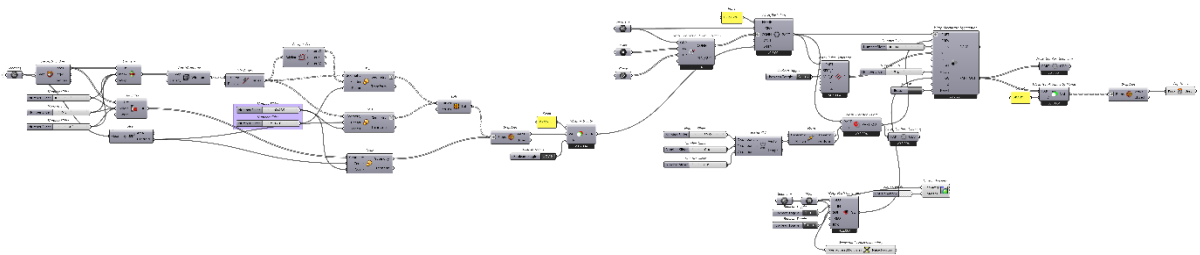


FIGURA 57. Algoritmo de creación de la Figura 55, 55 y 56. Fuente: Autoría Propia.

### 5.2.3 Fabricación de estructuras de 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 irá descomponiendo, para ello 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 comenzará 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 frío 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.

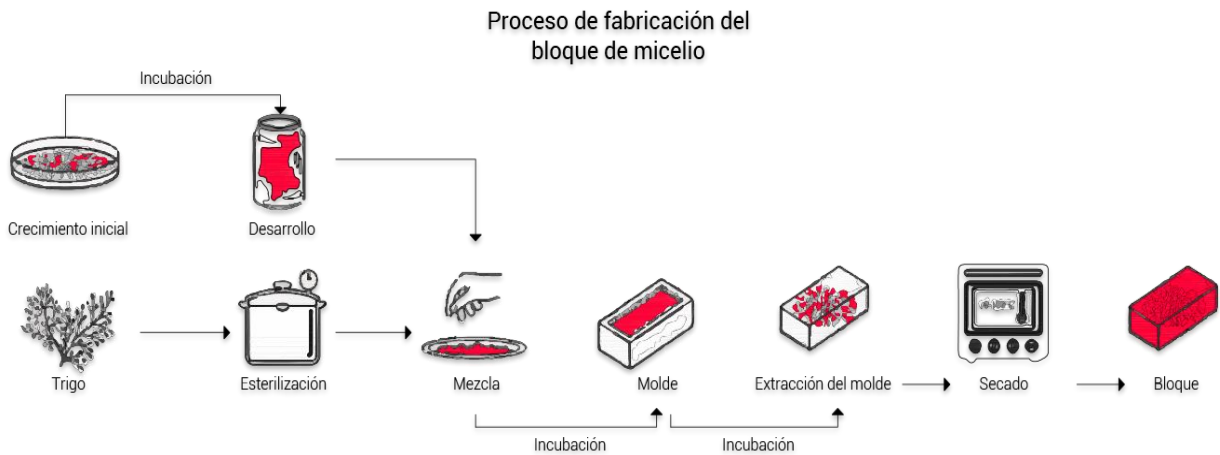


FIGURA 58. Proceso de creación del Micelio a Bloques. Fuente: Autoría Propia

## 5.2.4 El micelio y su comparación con otros sistemas constructivos.

El micelio en comparación con otros sistemas constructivos es un material que se puede desarrollar en sustratos o residuos que no son tan contaminantes al medio ambiente, además tienen una fabricación natural y de fácil amoldamiento en relación con los materiales constructivos tradicionales.

El Micelio también posee un costo más bajo de fabricación en relación con los materiales constructivos tradicionales y sus residuos se caracterizan por ser biodegradables.

Fabricación de materiales de sistemas constructivos tradicionales:

| MATERIAL                      | COMPOSITE MICELIO  |      |            | FOAM SINTÉTICO                        |      |                   |      |                             |      | MADERAS                               |      |               |      |             |      |
|-------------------------------|--------------------|------|------------|---------------------------------------|------|-------------------|------|-----------------------------|------|---------------------------------------|------|---------------|------|-------------|------|
|                               |                    |      |            | Poliestireno                          |      | Poliuretano       |      | Resina Fenolica             |      | Contrachapado                         |      | Madera Blanda |      | Madera dura |      |
|                               | min                | max  | valoración | min                                   | max  | min               | max  | min                         | max  | min                                   | max  | min           | max  | min         | max  |
| max-min                       |                    |      |            |                                       |      |                   |      |                             |      |                                       |      |               |      |             |      |
| Densidad (kg/m <sup>3</sup> ) | 59                 | 552  | 1          | 11                                    | 50   | 30                | 100  | 35                          | 120  | 460                                   | 680  | 440           | 600  | 850         | 1030 |
| Coste material (sustrato/kg)  | 0.07               | 0.17 | 2          | 2.1                                   | 2.3  | 8.2               | 10.4 | 1.7                         | 1.9  | 0.5                                   | 1.1  | 0.7           | 1.4  | 3           | 11   |
| Tensión tracción Mpa          | 0.03               | 0.18 | -2         | 0.15                                  | 0.7  | 0.08              | 103  | 0.19                        | 0.46 | 10                                    | 44   | 60            | 100  | 132         | 162  |
| Tensión compresión Mpa        | 0.17               | 1.1  | -2         | 0.03                                  | 0.68 | 0.002             | 48   | 0.2                         | 0.55 | 8                                     | 25   | 35            | 43   | 68          | 83   |
| Tensión flexión Mpa           | 0.05               | 0.29 | -2         | 0.07                                  | 0.7  | 0.21              | 57   | 0.38                        | 0.78 | 35                                    | 78   | 9.9           | 11.5 | 10.5        | 11.5 |
| Resistencia al fuego          | medio              |      | -1         | muy bajo                              |      | muy bajo          |      | muy bajo                    |      | bajo                                  |      | bajo          |      | bajo        |      |
| Conductividad térmica (W7m*K) | 0.04               | 0.18 | 1          | 0.03                                  | 0.04 | 0.006             | 0.8  | 0.03                        | 0.04 | 0.3                                   | 0.5  | 0.08          | 0.3  | 0.2         | 0.5  |
| Absorción acustica NRC        | 70                 | 75   | 2          | 0.02                                  | 0.6  | 0.2               | 0.8  |                             |      | 0.1                                   | 0.23 | 0.05          | 0.15 | 0.05        | 0.15 |
| Absorción de humedad (W%)     | 40                 | 580  | -2         | 0.03                                  | 9    | 0.01              | 72   | 1                           | 15   | 5                                     | 49   | 5             | 190  | 5           | 190  |
| Tiempo de producción          | días meses         |      | -1         | min-días                              |      | min-días          |      | min-días                    |      | min-horas                             |      | min-horas     |      | min-horas   |      |
| Materia prima                 | desechos naturales |      | 2          | estireno                              |      | isocianato-poliol |      | resina de fenoldormaldehido |      | madera, astillas y resinas 10%        |      | madera        |      | madera      |      |
| Proceso de producción         | crecimiento Hongo  |      | 2          | polimerización y expansión            |      |                   |      |                             |      | torneado, prensado y resina           |      | molienda      |      | molienda    |      |
| Degradación                   | todos              |      | 2          | ninguna                               |      |                   |      |                             |      | componentes de madera                 |      |               |      |             |      |
| Tiempo de descomposición      | semanas-meses      |      | 2          | décadas - decenios                    |      |                   |      |                             |      | años - décadas                        |      |               |      |             |      |
| Final de vida                 | compostaje jardín  |      | 2          | reciclado - incineración - escombrera |      |                   |      |                             |      | reciclado - incineración - compostaje |      |               |      |             |      |

FIGURA 59. Características de sistemas constructivos tradicionales. Fuente: Autoría Propia

Fabricación de sistema constructivo con micelio:

| CARGANDO   | TIPO DE SUSTRATO | SUSTRATO                 | "P SOBRE (Kg/m <sup>3</sup> ) | "E Mpa" | "o ULTIMAMENTE Mpa" |
|------------|------------------|--------------------------|-------------------------------|---------|---------------------|
| Tensión    | Fibroso          | Colza paja a             | 115                           | 3       | 0.025               |
|            | Partículas       | Haya Aserrín a           | 170                           | 13      | 0.05                |
|            |                  | Serrín de roble rojo b   | 300                           | 1.3     | 0.18                |
| Compresión | Fibroso          | Lino hurd c              | 99                            | 0.73    | -                   |
|            |                  | Cañamo Hurd c            | 94                            | 0.64    | -                   |
|            |                  | Paja de trigo d          | 192                           | -       | 0.17                |
|            | Partículas       | Virutas de pino c        | 87                            | 0.14    | -                   |
|            |                  | Serrín de roble rojo b   | 300                           | 1       | 0.49                |
|            |                  | Serrín de roble blanco b | 552                           | -       | 1.1                 |
| Tracción   | Fibroso          | Fibras de algodón a      | 130                           | 1       | 0.05                |
|            |                  | Colza paja a             | 115                           | 1.5     | 0.14                |
|            | Partículas       | Haya Aserrín a           | 170                           | 9       | 0.29                |

FIGURA 60. Características de sistema constructivo con micelio. Fuente: Autoría Propia



### 5.3 Características del micelio como un nuevo material para el diseño arquitectónico.

El micelio es el principal organismo de los hongos, viene a ser la parte vegetativa de la planta 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 no sean estables para los árboles y las plantas lo puedan ser. 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 bio degradable. 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.

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 biodegradable. 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<sup>41</sup>, 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 lenta propagación del fuego.

---

<sup>41</sup> "Dicho de una sustancia: Que evita la humedad o las filtraciones" (ESPAÑOLA, REAL ACADEMIA ESPAÑOLA, 2022).

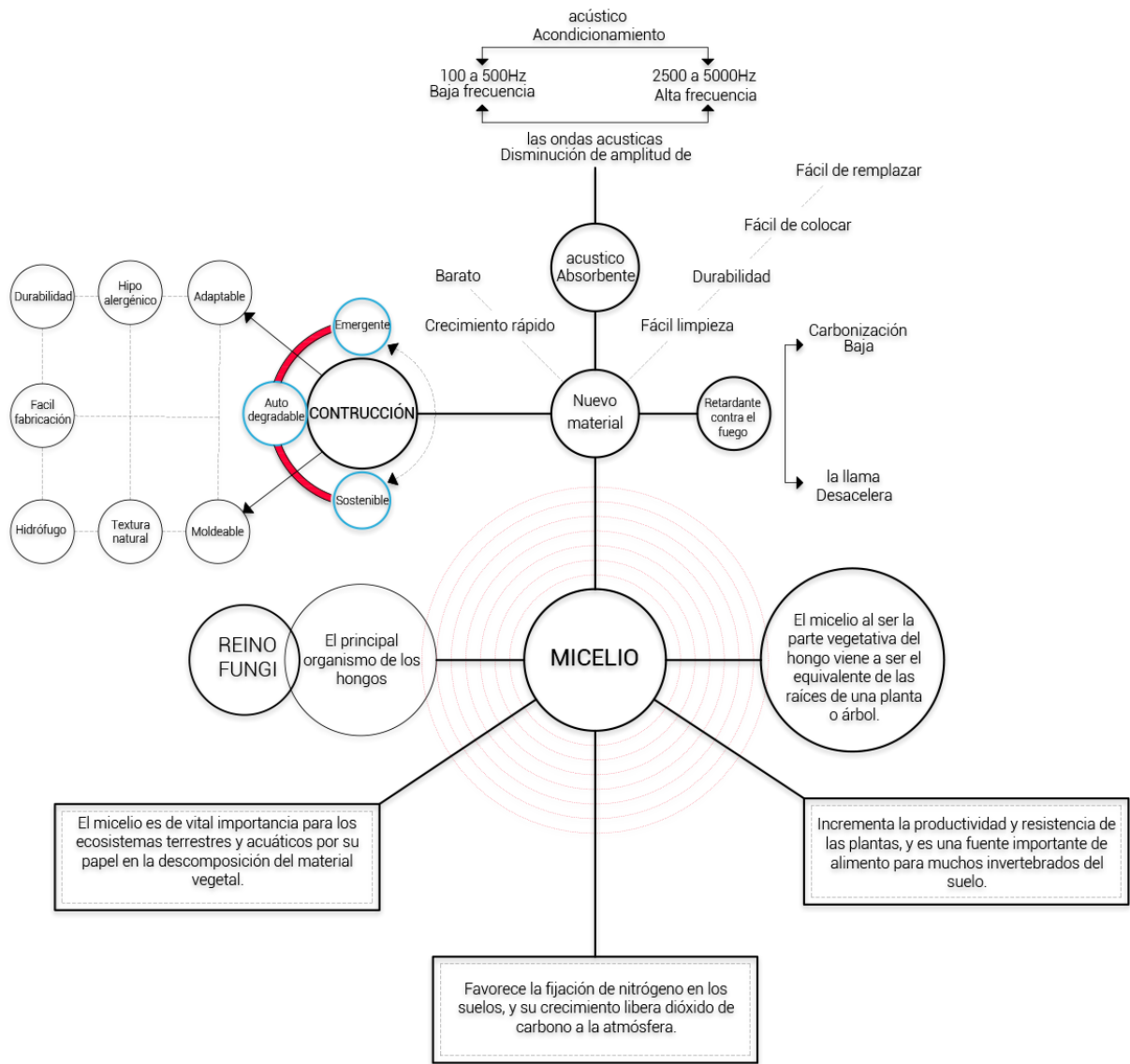


FIGURA 61. Diagrama de las características del micelio como material de construcción. Fuente: Autoría Propia.

### 5.3.1 Micelio como material termoacústico.

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.

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 materia 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.

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.

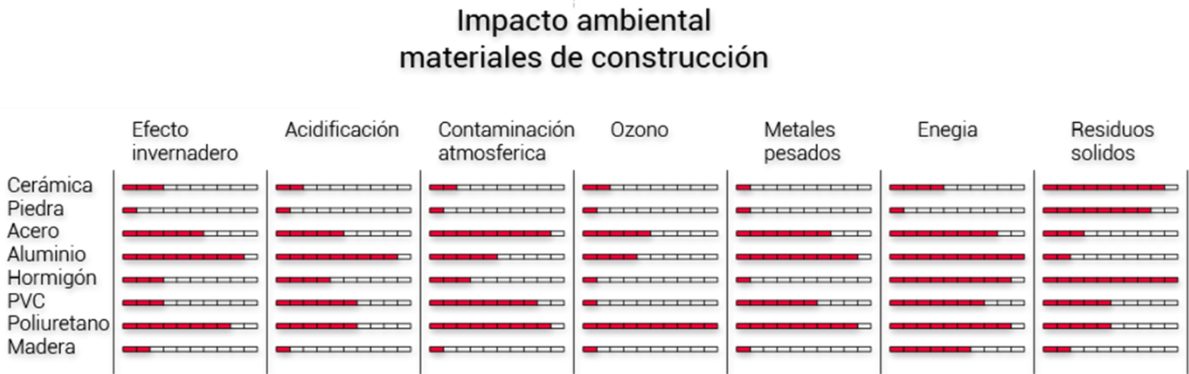


FIGURA 62. Diagrama del impacto ambiental y consumo energético de los diferentes materiales de construcción. Fuente: Autoría Propia.

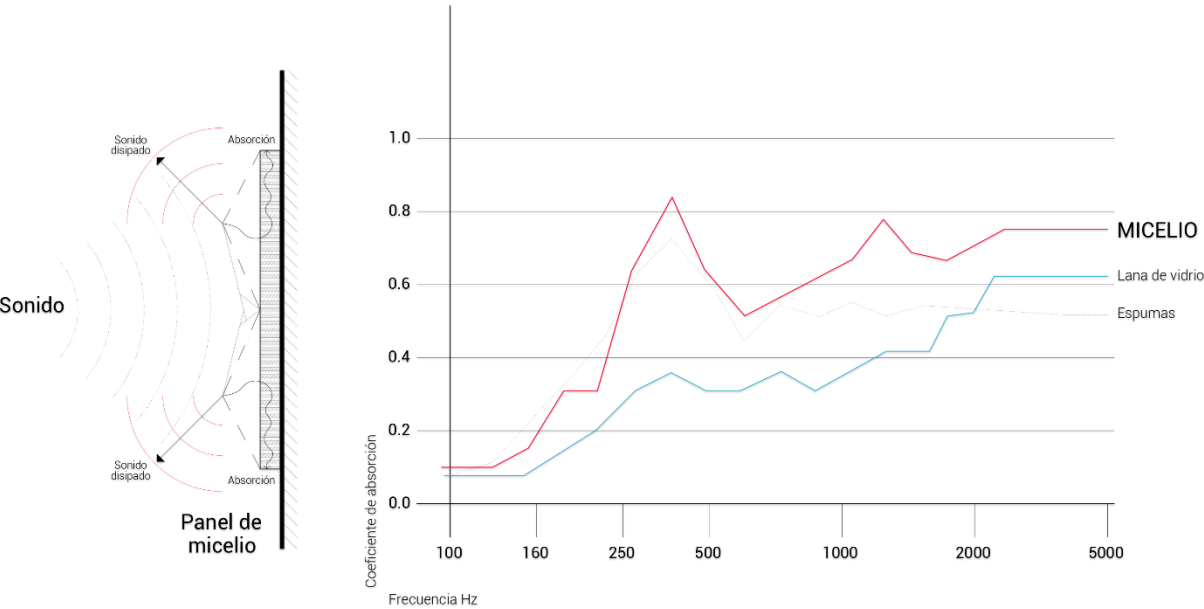


FIGURA 63. Coeficiente de absorción acústica de un panel de micelio en comparación con lana de vidrio y espumas utilizadas en el sector de la construcción. Fuente: Autoría Propia.

### 5.3.2 Micelio como material de fácil amoldamiento.

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.

En general el micelio al ser una raíz puede ser sometido a cualquier molde para la fabricación de materiales constructivos, mediante el cual el micelio comienza a desarrollar su crecimiento al interior de este dando lugar a cualquier forma deseada.

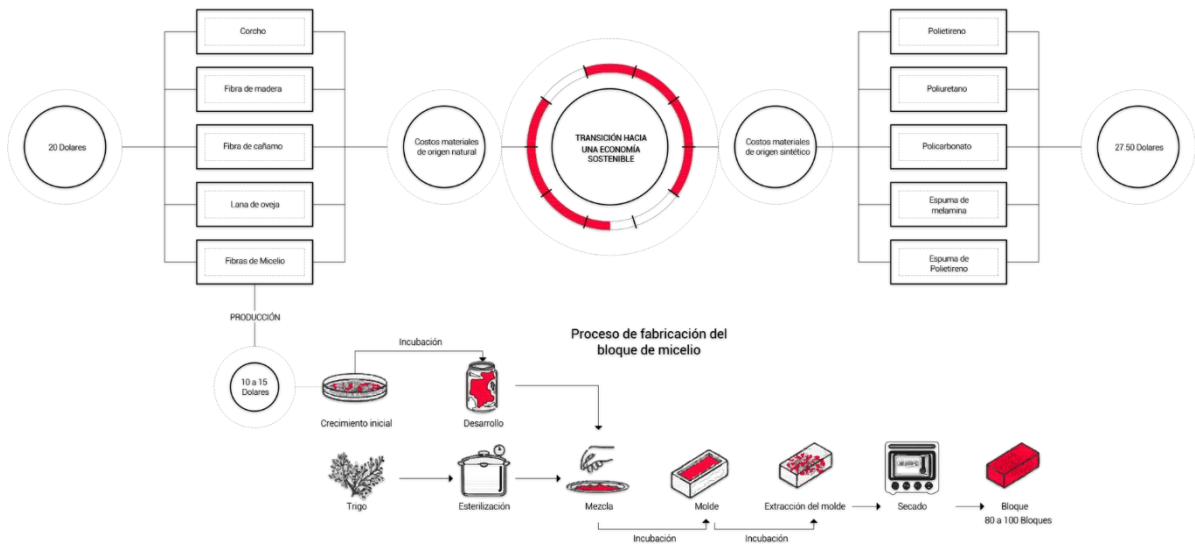


FIGURA 64. Creación de bloques de micelio y comparación de costos con otros materiales de construcción. Fuente: Autoría Propia.

### 5.3.3 Micelio y sus distintos modelos de diseño arquitectónico.

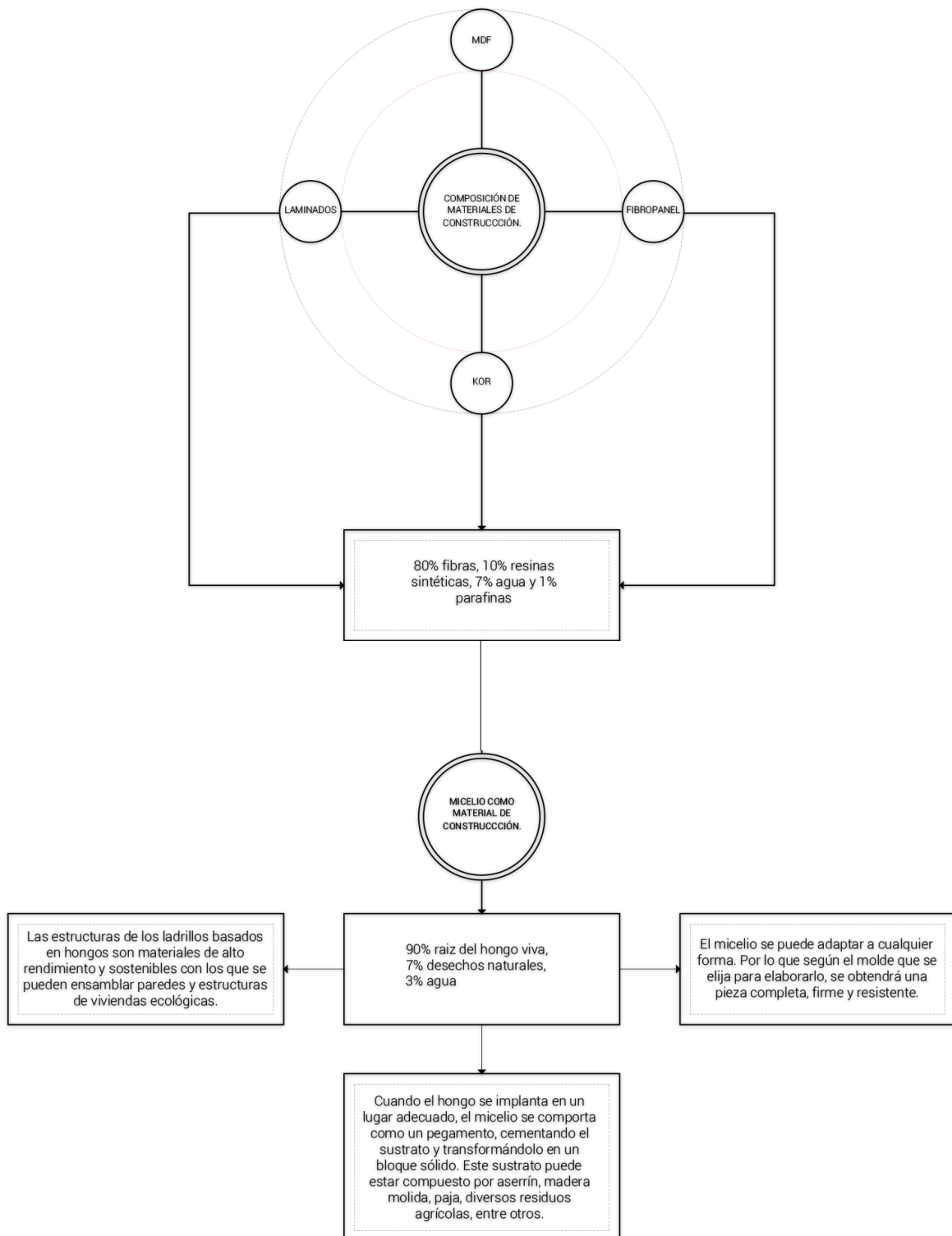


FIGURA 65. Componentes y características del micelio para ser un material para el sector de la construcción. Fuente: Autoría Propia.



FIGURA 66. Características generales del micelio como modelo de sistema constructivo. Fuente: Autoría Propia.

#### 5.4 Aplicaciones con micelio y estudio de referentes.

A pesar de que existe un gran potencial en los beneficios que el micelio puede generar, todavía su utilización no ha sido explotada en su totalidad, sin embargo, hay algunas empresas que se han inclinado por el uso del micelio en distintas áreas. Por ejemplo, DELL, quienes han empezado a generar espumas a base de micelio para él envió de sus productos. También existen varios artistas y diseñadores que utilizan el micelio para producir muebles, artículos de uso diario, exposiciones artísticas, entre otros.

Esta poca apertura a la utilización del micelio se puede deber a la poca confianza que aún las grandes industrias tienen en los materiales vivos, así como la falta de concientización y difusión de sus características, propiedades y beneficios que este puede 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.

#### 5.4.1 Técnicas de arte aplicadas con micelio como materia prima.

##### MYCOTECHTURE VAULT, por PHIL ROSS

Phil Ross es un artista, quien durante varios años se ha dedicado al estudio de los hongos y de cómo estos podrían generar nuevos materiales, mientras son parte del diseño. Gracias a sus estudios sobre hongos y principalmente sobre el micelio, ha exhibido su trabajo en museos, bienales de arquitectura, universidades y hasta laboratorios de investigación. Su obra Mycotecture Vault, está formada por bloques de micelio que, gracias a sus filamentos y su capacidad de absorción de nutrientes del medio ambiente, han permitido una rápida propagación y crecimiento, formando una bóveda, con la cual el artista quiere demostrar la capacidad constructiva del material.

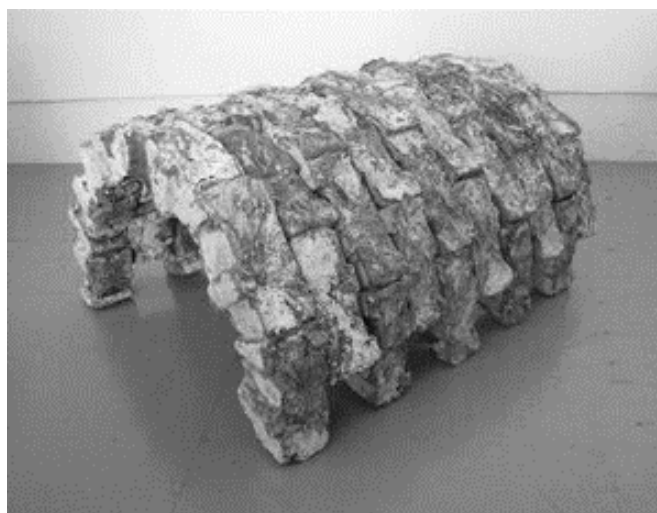


FIGURA 67. Mycotecture by Phil Ross. Fuente: (Ross, Moma, 2014)

#### 5.4.2 Fabricación de mobiliario con micelio.

Al micelio se lo puede trabajar de dos formas, la primera como un elemento vivo y de rápida propagación, así también como un elemento sólido. Su fácil moldeabilidad permite crear un sinnúmero de formas quedando perfecto para el diseño de mobiliario.

*“Con el objetivo de encontrar materiales alternativos que sean tanto renovables como no tóxicos, los diseñadores están recurriendo a una variedad de posibilidades sorprendentes”* (Mok, 2018). Tal es el caso de Sebastián Cox y Ninela Ivanova, quienes han desarrollado una colección de accesorios para el hogar, a base de micelio, que fue exhibida en el London Design Festival.





FIGURA 68. Lámparas hechas con micelio. Fuente: (Mok, 2018)

Estos diseñadores utilizan moldes de madera de sauce para que el micelio tome su forma y se haga completamente sólido, tal como lo haría naturalmente en los bosques. Su objetivo es encontrar un “reemplazo” a los pegamentos en maderas de ingeniería como MDF.



FIGURA 69. Taburete hecho con micelio. Fuente: (Mok, 2018)

#### 5.4.3 Referentes de proyectos arquitectónicos contruidos con micelio.

##### HY-FI TOWER, por THE LIVING

Hy-Fi Tower es una torre diseñada por el estudio The Living, para un concurso del MoMa de New York. El diseño de este proyecto se encuentra construido con materiales reciclables, principalmente con ladrillos de micelio.

*“Los ladrillos que conforman la HY-FI Tower fueron realizados por la empresa Ecovative, para los 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)*



FIGURA 70. Proyecto ganador hecho con micelio promovido por el museo de arte moderno, diseñado por el estudio The Living. Fuente: (Living, 2014).

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 a base de micelio.

#### THEY GROW WITHOUT US por AFJD

El proyecto “They grow without us” o “crecen sin nosotros”, se dio lugar en el 2009 en New York, Estados Unidos. Se basa en un mundo alternativo en el cual se plantea que los nuevos materiales arquitectónicos sean regenerativos y biodegradables, así como dinámicos, permitiendo que los procesos de diseño tengan una transformación, y además una evolución de forma.



FIGURA 71: Instalación para explorar las diferentes posibilidades de arquitectura sostenible con micelio. Fuente: (Frid-Jimenez, 2018)

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

*“El proyecto se basa en la composición de una pared de ladrillo, unida 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).*

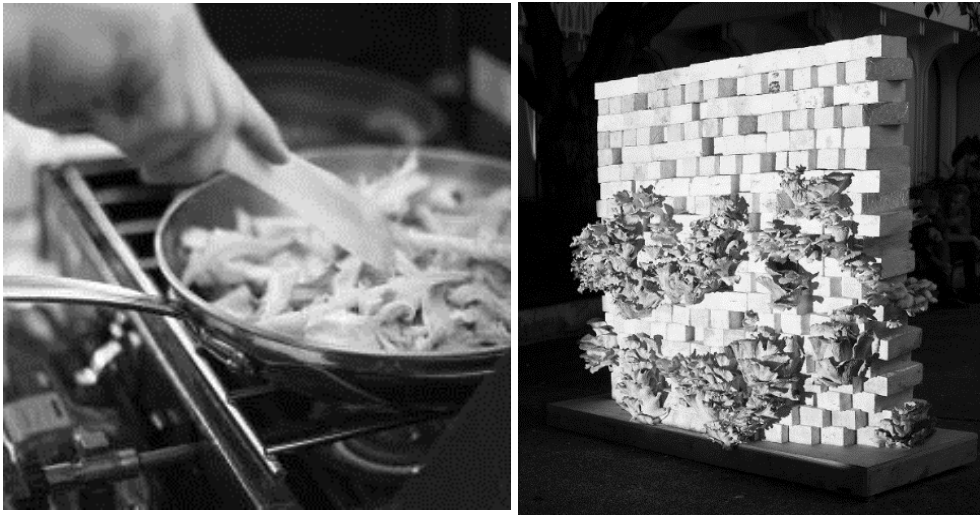


FIGURA 72: Proyecto They Grow Without Us, por el estudio AFJD. Fuente: (Frid-Jimenez, 2018)



FIGURA 73: Proyecto They Grow Without Us, por el estudio AFJD. Fuente: (Frid-Jimenez, 2018)

## MYCO TREE por varios autores

Es 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 estudio arrojó que los bloques de micelio pueden trabajar bien a compresión, mas no a tracción. Las uniones estructurales del Myco tree fueron hechas a medida por medio de la impresión 3d.

El concepto de “producir, usar y desechar” está tomando mucha fuerza en los últimos 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 posibilidades no solo en cuestión costos, sino también en diseño e innovación, sin dejar a lado sus propiedades biodegradables y totalmente naturales.



FIGURA 74. Estructura realizada a base de micelio como material constructivo. Fuente: (Centre, 2017)

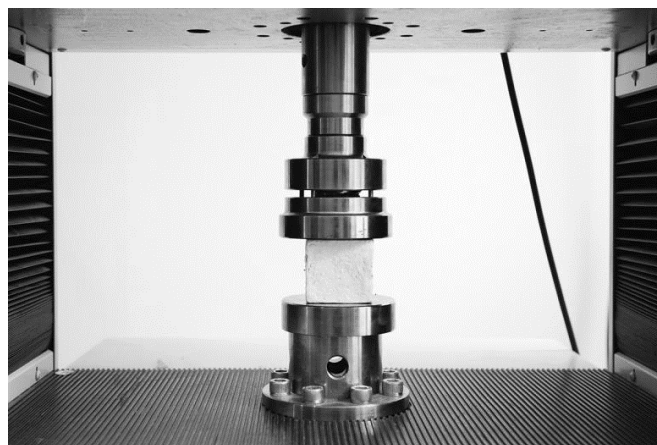


FIGURA 75. Estudios de compresión de bloques de micelio para diseños estructurales. Fuente: (Centre, 2017)

*“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).*

## GROWN STRUCTURES por ALEKSI VESALUOMA - ASTUDIO

Grown Structures es un proyecto creado por Vesaluoma junto a la firma de arquitectura Astudii, donde se creó una estructura a base de micelio vivo. Para lograrlo, se desarrolló una técnica mediante la cual el micelio se mezcla con el cartón y junto a un vendaje de algodón forma una “salchicha de hongo” vivo.

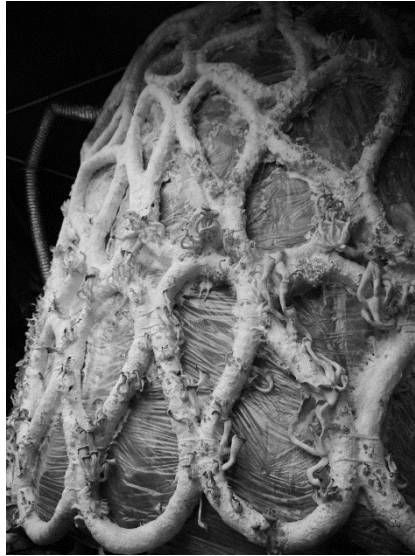


FIGURA 76. “Salchicha de hongos”. Fuente: (Morby, 2017)

A esta especie de “salchicha” se la mantuvo por un lapso de un mes en un invernadero con 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).*



FIGURA 77. Estructura creada a partir de la “salchicha de hongos”. Fuente: (Morby, 2017)



# CAPÍTULO VI

---

UTILIZACIÓN DE  
ARQUITECTURA  
PARAMÉTRICA COMO  
HERRAMIENTA PARA EL  
DISEÑO ARQUITECTÓNICO  
Y CONSTRUCCIÓN.

FIGURA 78. Diseño paramétrico aplicado en madera como mobiliario. Fuente: (DISEÑO, 2020)

## 6. UTILIZACIÓN DE ARQUITECTURA PARAMÉTRICA COMO HERRAMIENTA PARA EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO Y CONSTRUCCIÓN.

### 6.1. Concepto y características principales de la arquitectura paramétrica.

*“La arquitectura paramétrica es definida como aquel proceso de diseño que se basa en un esquema de algoritmos, que permite 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).*

*“Este tipo de arquitectura se basa en el diseño paramétrico que 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<sup>42</sup> especializado para manipularlos mediante algoritmos y obtener así diseños geométricos más complejos, versátiles y originales” (Reyes, 2017).*

Cuando se habla de arquitectura paramétrica, el uso de software y algoritmos especializados permite ampliar las posibilidades arquitectónicas, creando formas que desafían los límites de la imaginación. La arquitectura paramétrica se realiza a partir del estudio de diversos datos como la carta solar (posición del sol en el sitio en diferentes días del año), vientos dominantes, entre otras condiciones en la ubicación del proyecto. Esta información se transforma en parámetros, que guiarán al profesional de la arquitectura paramétrica en la creación de un modelo con curvas u otras formas abstractas<sup>43</sup>

Por ejemplo, con la arquitectura paramétrica, es posible crear una fachada llena de curvas y aberturas en las que se calcula milimétricamente la entrada del sol para proporcionar el confort térmico ideal.

La parametría también se puede utilizar para el desarrollo de muebles, decoración y otro tipo de piezas de diseño.

Actualmente existen varios programas computacionales que nos permiten la creación de diseños innovadores basados en la arquitectura paramétrica, logrando crear formas inigualables a través de la creación de algoritmos computarizados; uno de estos softwares es el Grasshopper que es un plugin del programa de diseño y modelado llamado Rhinoceros, a partir de este se han desarrollado icónicos edificios alrededor del mundo y cada vez más los arquitectos, ingenieros y diseñadores de productos están utilizando esta valiosa herramienta para sus proyectos.

---

<sup>42</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” (Arimetrics, s.f.).

<sup>43</sup> “El concepto de abstracto deriva del término latino *abstractus* y hace referencia a cierta cualidad donde se excluye al sujeto. Cuando la palabra se aplica al ámbito artístico o a un artista, describe a la intención de no representar seres u objetos concretos; en cambio, se contemplan sólo elementos de forma, color, estructura o proporción.” (Pérez Porto, 2008).

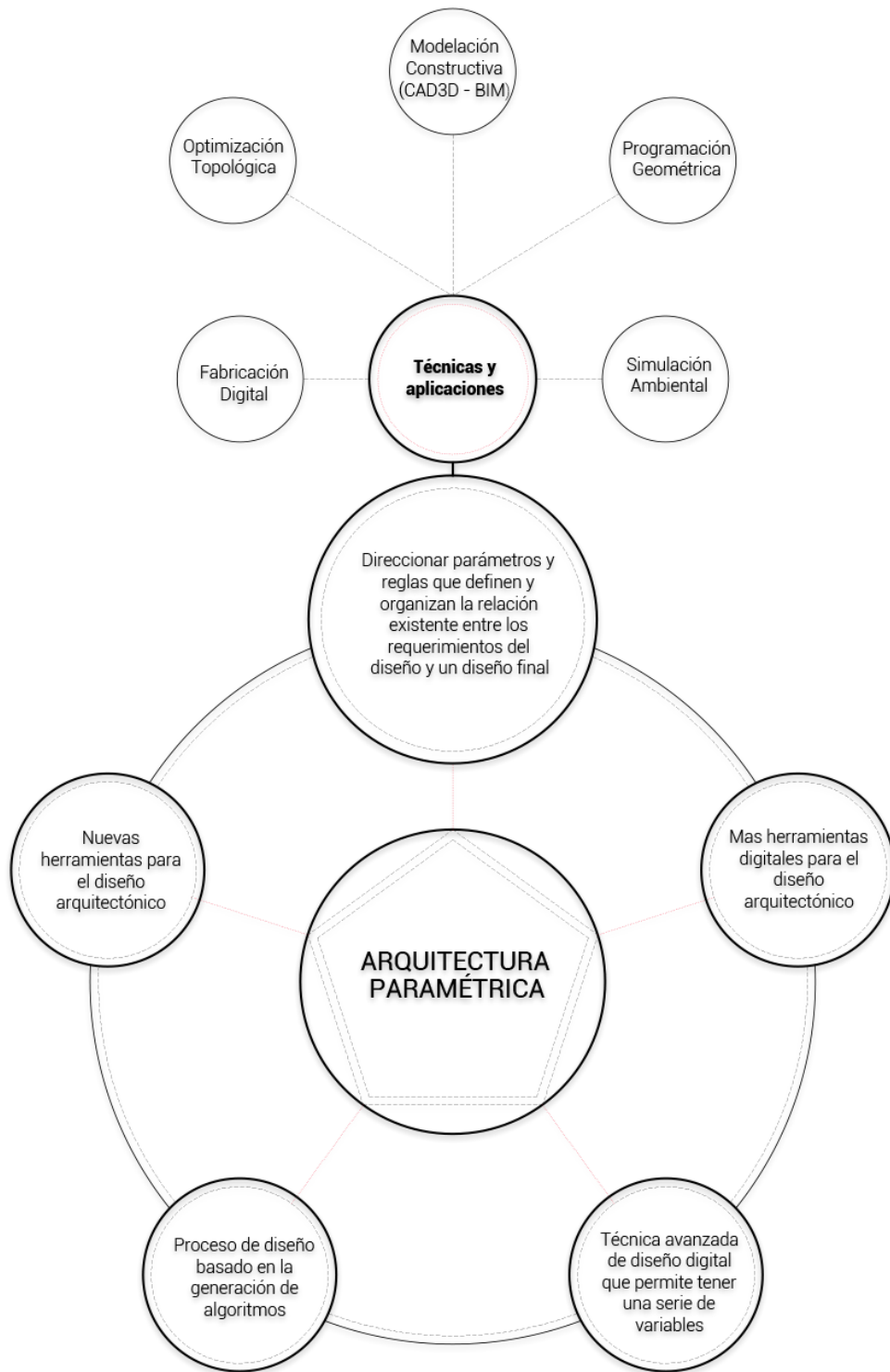


FIGURA 79. Diagrama del desarrollo de arquitectura paramétrica. Fuente: Autoría propia.



## 6.2. Técnicas del diseño arquitectónico paramétrico 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<sup>44</sup> o virtual al cual podemos llegar” (Pacheco, 2012).*

La base del diseño paramétrico es la creación de geometrías a partir de la definición de parámetros iniciales y las relaciones existentes entre ellos. “Consiste en la utilización de variables y algoritmos para generar un árbol de relaciones matemáticas y geométricas que permitan no sólo llegar a un diseño, sino 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.*

- *Modelación Constructiva (CAD3D – BIM): para realizar configuraciones geométricas con asociación de datos y visualizaciones.*
- *Programación Geométrica: para la definición de procedimientos declarativos que manipulan formas, como Grasshopper en Rhinoceros, Generative Components en MicroStation, Digital Project en CATIA.*
- *“Optimización Topológica: para cálculo resistente por análisis de elemento finito con restricciones de material o comportamiento” (Huang y Xie, 2010).*
- *Simulación Ambiental: cálculo de radiación solar, iluminación, ventilación o consumo energético de edificaciones.*
- *“Algoritmos Genéticos: para operaciones que evalúan su resultado según una fórmula de efectividad (fitness), utilizando secuencias evolutivas” (Goldberg, 1998).*
- *Fabricación Digital: equipamientos para elaborar modelos físicos de información digital mediante acciones de corte, rebaje o solidificación.”* La siguiente información fue obtenida del artículo escrito por el arquitecto Rodrigo Alvarado. (Alvarado, 2013)

---

<sup>44</sup> “Tangible es el concepto que hace referencia a todo aquello que es material y puede ser percibido con alguno de los cinco sentidos. Así, algo tangible es algo que se puede sentir con el tacto o que se puede ver con la vista, por ejemplo. No obstante, el término tangible hace especial referencia a aquellas cosas que pueden ser percibidas a través del sentido del tacto” (Pino, s.f.).

### **6.3. Proceso del diseño paramétrico.**

Como indica el Dr. Arq. Rodrigo Alvarado en su publicación, el proceso para el diseño paramétrico consta en general de cuatro actividades: “la definición de condiciones iniciales, la preparación del procedimiento paramétrico (o selección de una utilidad específica), la ejecución del procedimiento y la selección e interpretación de resultados, además del conjunto de parámetros considerados. Frecuentemente estas actividades y datos se combinan y definen condiciones mientras se prepara o ejecuta el procedimiento, o lo ajustan según los resultados o nuevas posibilidades que se avizoran. Sin embargo, diferenciarlos contribuye a su desarrollo y generalización” (Alvarado, 2013).

### **6.4. Desarrollo de nuevas tecnologías para el diseño arquitectónico.**

La ejecución de un diseño paramétrico en Arquitectura implica un análisis de carácter técnico y/o funcional (en la práctica una combinación de ambos), que permite resolver características globales o parciales dentro de variaciones relevantes. Especialmente en ciertas prestaciones en las que reglas simples o intuiciones generales no logran determinar formas adecuadas. La identificación de estas formas requiere un desarrollo conceptual y operativo en el cual es factible reconocer una prefiguración del proceso y 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<sup>45</sup>, 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.

*“La implementación del proceso paramétrico pasa por la seleccionar o elaborar los procedimientos y por verificar su ejecución, así como por buscar recursos o funcionalidades pertinentes donde se deben revisar los datos requeridos y resultados. La programación específicamente requiere componer utilidades de alimentación y 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).

---

<sup>45</sup> “El término topología se utiliza para identificar a un área de la matemática que estudia la continuidad y otros conceptos originados a partir de ella. Se trata de una especialización vinculada a las propiedades y características que poseen los cuerpos geométricos y que se mantienen sin alteraciones gracias a cambios continuos, con independencia de su tamaño o apariencia” (Pérez Porto, 2008).

### 6.5. Ejemplos de arquitectura paramétrica aplicados en el mundo actual.

Actualmente, la tendencia arquitectónica ha mutado. Cambiando las líneas y esquinas rectas, por formas orgánicas y libres. Y el estudio de la arquitectura paramétrica permite justamente eso, crear formas irregulares que añadan carácter y personalidad a las nuevas edificaciones, haciéndolas parecer futuristas o incluso fuera de este planeta.

Uno de los exponentes más grandes de la arquitectura paramétrica es el estudio de arquitectura Zaha Hadid<sup>46</sup> Architects, quienes se han dedicado a diseñar proyectos con estas características. Uno muy reconocido es el Galaxy Soho, ubicado en Beijing, China. Un complejo de 5 volúmenes con formas orgánicas unidos por pasarelas, donde funcionan oficinas, centros comerciales y de entretenimiento, que hoy en día es considerado un espacio emblemático para la ciudad. El estudio ha definido al complejo Galaxy Soho como una “curvilinearidad continua” y su inspiración fue el paisaje del entorno, los ríos y las dunas del desierto.



FIGURA 80. Galaxy Soho. Fuente: (Cristina, 2015).

Otro ejemplo de arquitectura paramétrica del mismo exponente es el Centro Heydar Aliyev, construido en el año 2013 y ubicado en Bakú, Azerbaiyán.

---

<sup>46</sup> “(Bagdad, 1950 - Miami, Estados Unidos, 2016) Arquitecta iraquí, una de las principales figuras de la arquitectura contemporánea mundial” (Fernández, 2004).

*“El diseño de este centro cultural, busca establecer una relación fluida entre la plaza y su interior. Lográndolo a través de ondulaciones, bifurcaciones, pliegues e inflexiones”* (ArchDaily en Español, 2013).



FIGURA 81. Centro Heydar Aliyeb. Fuente: (ArchDaily en Español, 2013).

El centro de transportes (Transportations Hub) en Manhattan, se ha convertido en uno de los sitios más visitados de la ciudad de New York. Más conocido como The Oculus, se trata de un proyecto diseñado por el arquitecto Santiago Calatrava<sup>47</sup>, diseñado en el año 2004 e inaugurado en el año 2016. Conformado por una estructura arqueada, elíptica, con 88 metros de largo y 29 metros en su punto más ancho, además se eleva a una altura 24.8 metros.

El autor ha indicado que su inspiración fue toda la ciudad de New York, y al estar construido junto a lo que alguna vez fue el complejo de las Torres Gemelas, quiso transmitir “esperanza” con su obra. *“La estructura compleja se ha logrado con la repetición modular de las vigas de acero. En esta estructura escultórica y luminosa penetra la luz natural, que para el arquitecto Calatrava se vuelve un elemento estructural del proyecto, llegando a definir poéticamente el edificio como «sostenido por columnas de luz”* (Wikiarquitectura, 2023).

---

<sup>47</sup> “(Santiago Calatrava Valls; Benimamet, Valencia, 1951) Arquitecto español. Considerado como uno de los arquitectos más creativos del momento, los diseños de Calatrava se caracterizan por un aire futurista y la innovación técnica y estética. Sus amplios conocimientos de ingeniería le han permitido especializarse en el diseño de grandes estructuras, entre las que destacan sus puentes, muchos de ellos célebres” (Fernández, 2004).



FIGURA 82. The Oculus, New York. Fuente: (Muñoz, 2018).



FIGURA 83. The Oculus, New York. Fuente: (Muñoz, 2018)

Un ejemplo más de la arquitectura paramétrica es el primer Museo de Louvre que no se encuentra en Francia. Se trata del Museo de Louvre Abu Dhabi, ubicado en los Emiratos Árabes. Diseñado por Jean Nouvel<sup>48</sup> inaugurado en el 2017. Es un proyecto basado en uno en un símbolo muy importante de la arquitectura árabe, la cúpula, pero con una transformación modernista. La cúpula del proyecto es la pieza central, parece estar flotando y está diseñada como una estructura geométrica compleja, por capas, lo que permite de una manera muy precisa el paso de luz al interior del edificio y la creación de sombras sobre el suelo del mismo.



FIGURA 84. Museo de Louvre, Emiratos Árabes. Fuente: (Wainwright, 2023)

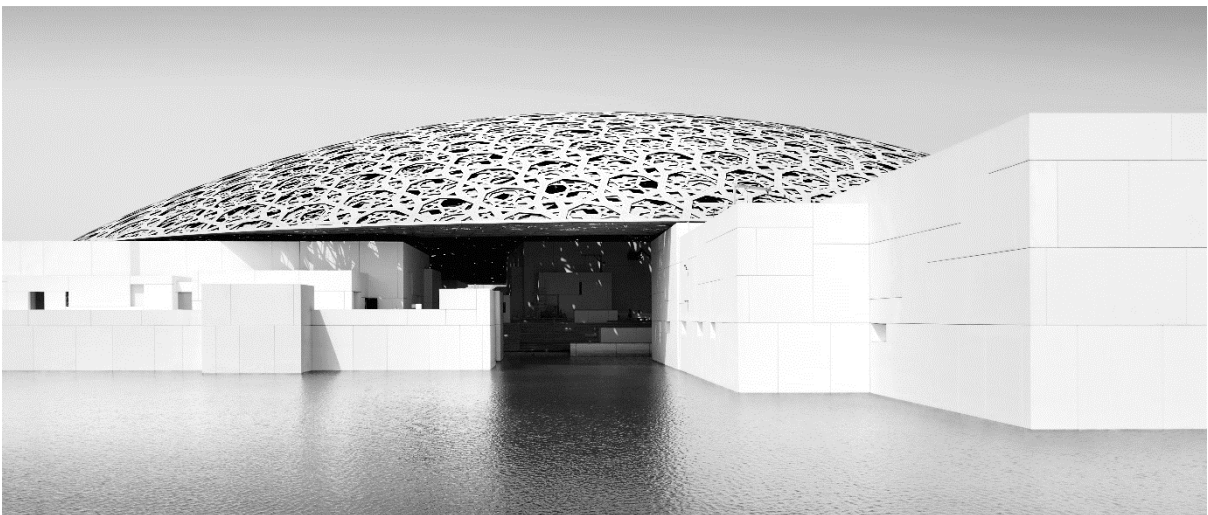


FIGURA 85. Museo de Louvre, Emiratos Árabes. Fuente: (Wainwright, 2023).

---

<sup>48</sup>“(Fumel, 1945) Arquitecto francés, uno de los más innovadores y polémicos de los últimos tiempos. Jean Nouvel nació en 1945 en Fumel, una pequeña villa del suroeste de Francia. Su familia (sus padres eran profesores de escuela) se trasladó, siendo él todavía un niño, a la cercana localidad de Sarlat. Allí, por entre calles tortuosas y bajo la sombra de los nobles edificios góticos de la vieja ciudad medieval, transcurrió su primera infancia. Una infancia, la suya, marcada, como la de tantos otros niños franceses, por las carencias y restricciones propias de la posguerra.” (Fernández, 2004).



# CAPÍTULO VII

---

CENTRO DE MOVILIDAD  
PLAZA CHICA,  
DESARROLLO DEL  
MICELIO COMO  
MOBILIARIO.

FIGURA 86. Distrito metropolitano de Quito. Fuente: Autoría Propia.

## 7. CENTRO DE MOVILIDAD PLAZA CHICA, DESARROLLO DEL MICELIO COMO MOBILIARIO.

### 7.1. 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).



FIGURA 87. Límites del centro histórico de Quito. Fuente: Autoría Propia.



Dentro del Casco Histórico de Quito se pueden encontrar museos, iglesias, conventos, monasterios, teatros, hoteles, restaurantes entre otros. El Centro Histórico de Quito es el mejor conservado en 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, y 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 suficientes estacionamientos para que los visitantes puedan dejar su auto.

## **7.2. 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 del Palacio Presidencial, entre la calle Espejo y la calle Guayaquil.

Es considerada una de las plazas más importantes dentro del contexto del Centro Histórico de Quito ya que una gran cantidad de personas transitan a través de ella y muchos se quedan ahí para visitarla o para hacer comercio.



FIGURA 88. Vista aérea del estado actual de la Plaza Chica. Fuente: Autoría Propia.

*“A pesar de no ser una plaza de gran tamaño como la plaza de San Francisco o la de Santo Domingo, la Plaza Chica tiene una gran importancia dentro de la circulación dentro del casco histórico. Es una zona muy visitada por turistas, así como por 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).*

Por medio de la plaza chica mucha gente se moviliza dentro del Centro Histórico de Quito, viniendo a ser un hiper centro dentro del casco Histórico. Su fácil accesibilidad por medio de la parada del Trole Bus hace que su accesibilidad sea muy buena. La Plaza Chica al encontrarse en un lugar central hace que en un tiempo máximo de 20 minutos caminando, la gente pueda dirigirse a su destino y en el caso de los turistas visitar todos los museos e iglesias que hay dentro de este.

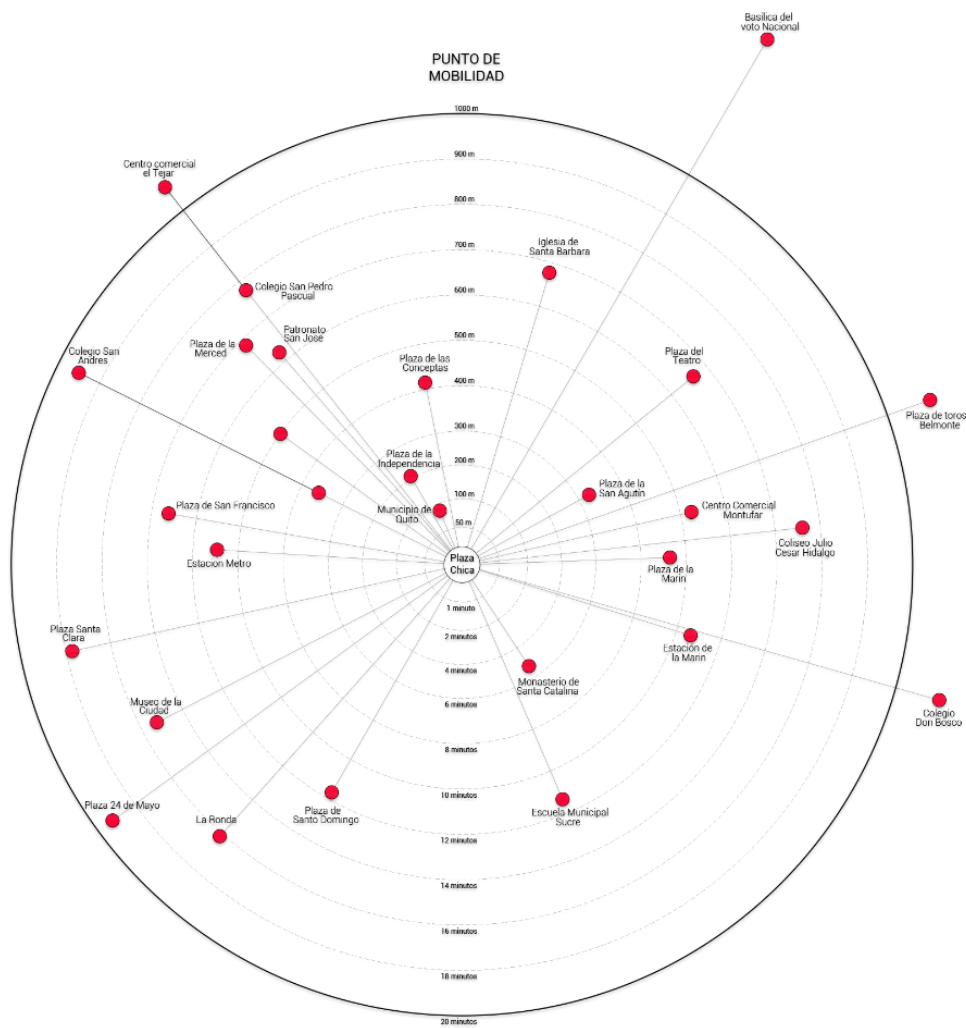


FIGURA 89. Diagrama de distribución peatonal desde la Plaza Chica del Centro Histórico de Quito. Fuente: Autoría propia.

Desde la Plaza Chica, se pueden visitar las plazas más emblemáticas e históricas de la ciudad, así como sus iglesias. Entre las plazas se puede encontrar la Plaza de la Independencia, Plaza de Santo Domingo, Plaza de San Agustín entre otras. Y entre las principales iglesias se pueden destacar la Iglesia de la Compañía de Jesús, la Iglesia de San Francisco, la Iglesia de Santo Domingo, el Monasterio de San Agustín entre muchas más. Dentro de todo este recorrido histórico, también hay espacio para el teatro y la cultura. A pocos metros de la Plaza Chica, se encuentra el Teatro Nacional Sucre, así como el Teatro Bolívar. Sin dejar de lado la gastronomía se pueden encontrar muchos bares y restaurantes para todos los paladares, desde los más exigentes hasta los que desean tomar solamente un café. Muy próximos a la Plaza Chica podemos encontrar lujosos hoteles, como es el hotel Casa Gangotena o el Patio Andaluz. En cada rincón del Centro Histórico uno puede trasladarse al pasado y vivir su propia historia.

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.

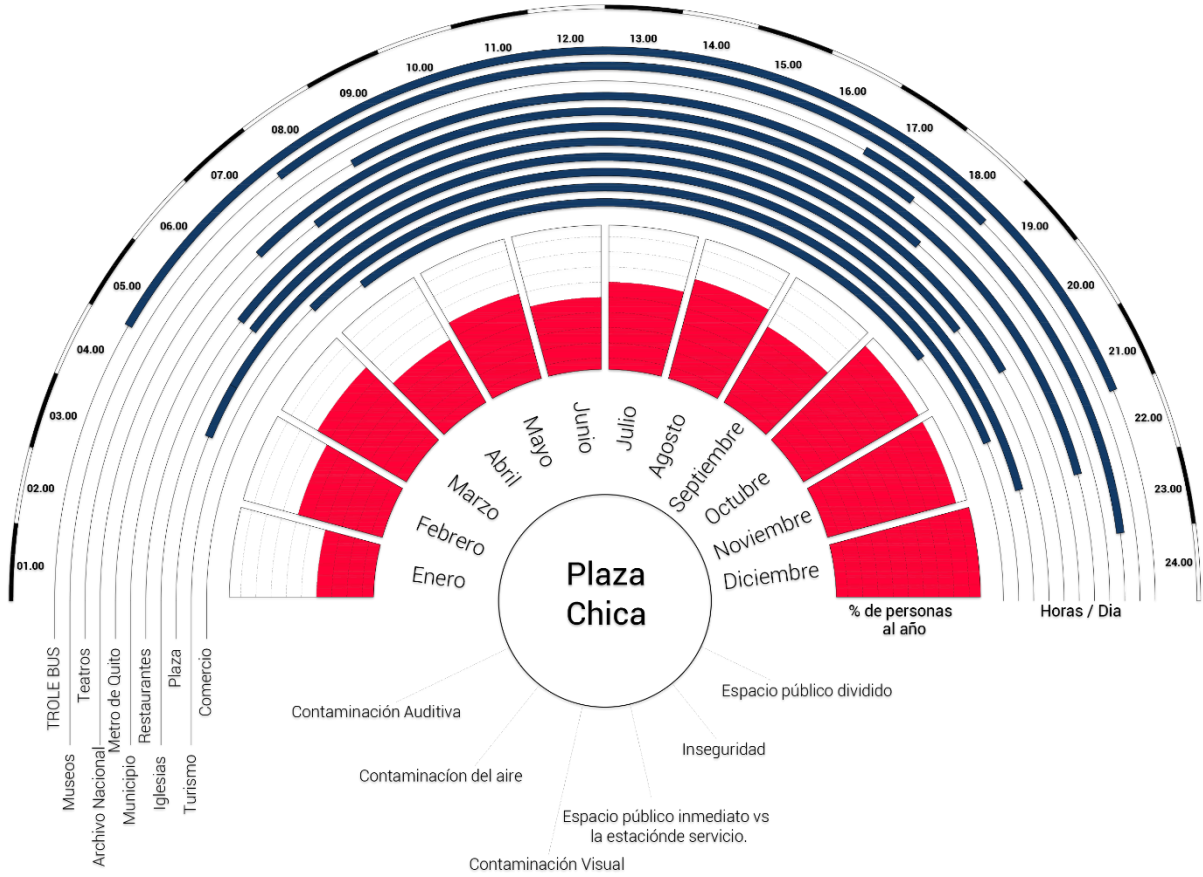


FIGURA 90. Diagrama de uso horario y anual de la Plaza Chica del Centro Histórico de Quito. Fuente: Autoría Propia.

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 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 publica constante mejorará 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.

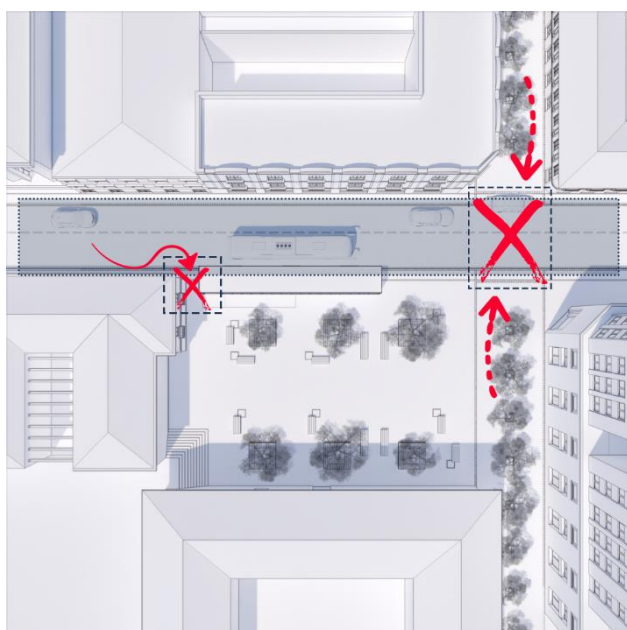


FIGURA 91: Diagrama de la problemática de desconexión funcional del espacio público entre la calle Espejo y la Plaza Chica dentro del Centro Histórico de Quito. La estación del trole bus actualmente se encuentra ubicada al costado izquierdo casi pegado a una construcción dejando un paso mínimo de 1.5m 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.

Fuente: Autoría Propia.

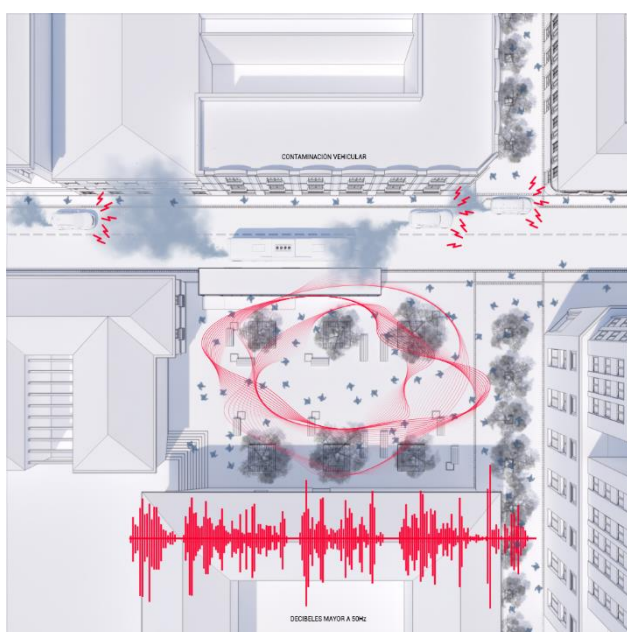


FIGURA 92: Diagrama de la problemática de contaminación la Plaza Chica dentro del Centro Histórico de Quito, esto es generado principalmente por el parque automotor, ventas ambulantes, locales y restaurantes con música que sobrepasan los 50Hz permitidos por la normativa dentro del Distrito Metropolitano de Quito.

Fuente: Autoría Propia.

### 7.3. 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



FIGURA 93: Diagrama de movilidad de las diferentes estaciones del Transporte público del DMQ. Fuente: Autoría Propia.

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).

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%.

“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 2033 la ocupación del sistema de trole bus se ha ido incrementando paulatinamente.

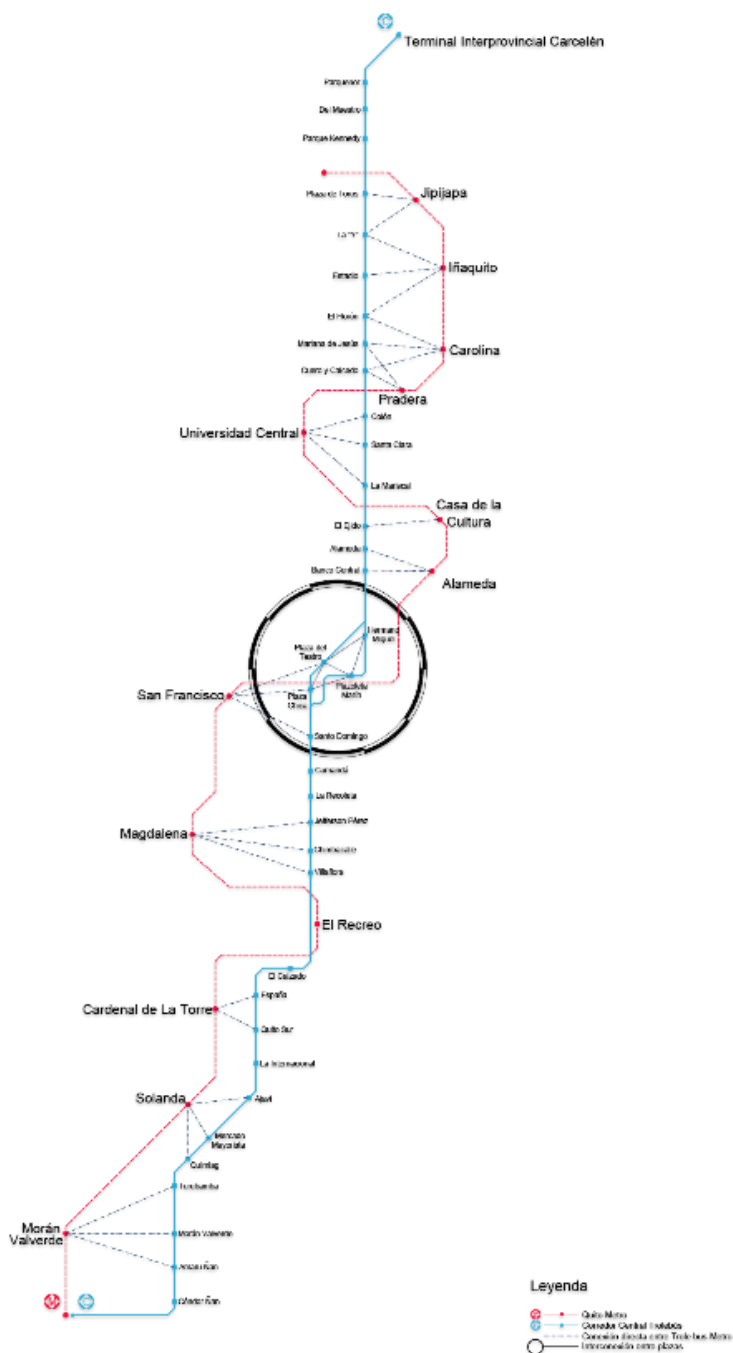


FIGURA 94: Diagrama de movilidad de las diferentes estaciones del Transporte público del DMQ. Incluye estaciones del trole bus. Fuente: Autoría Propia.

“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.

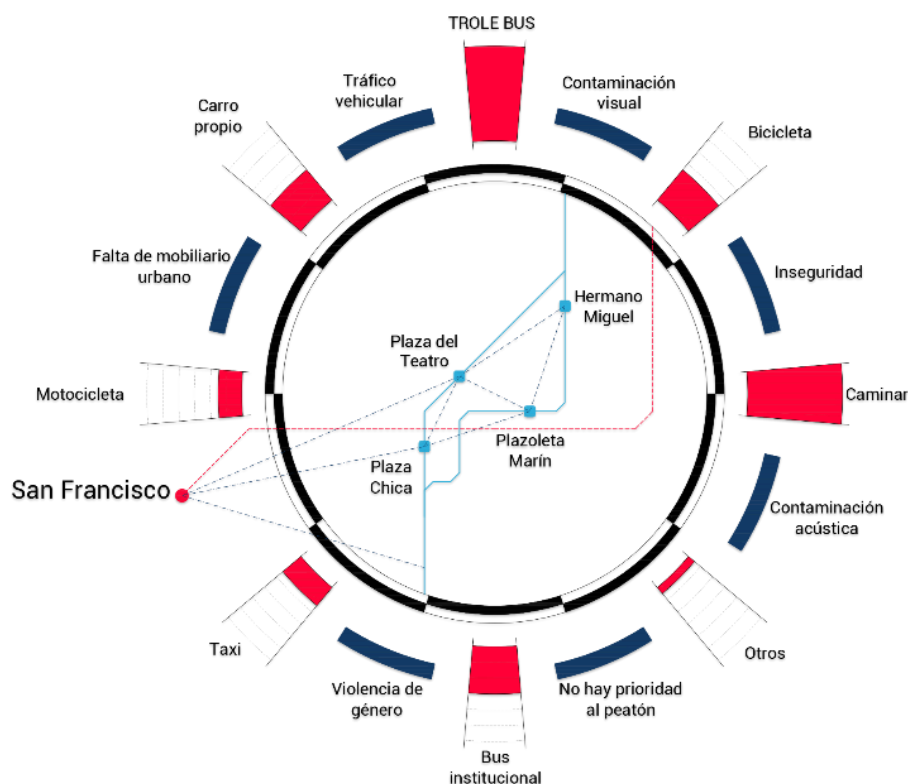


FIGURA 95. Diagrama de las 4 estaciones del Trole Bus que se encuentran dentro del Centro Histórico de Quito, también se puede observar la problemática que existe entorno a ellas, así como el medio de transporte que los diferentes usuarios utilizan para ingresar al Casco histórico. Fuente: Autoría Propia.



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.

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.

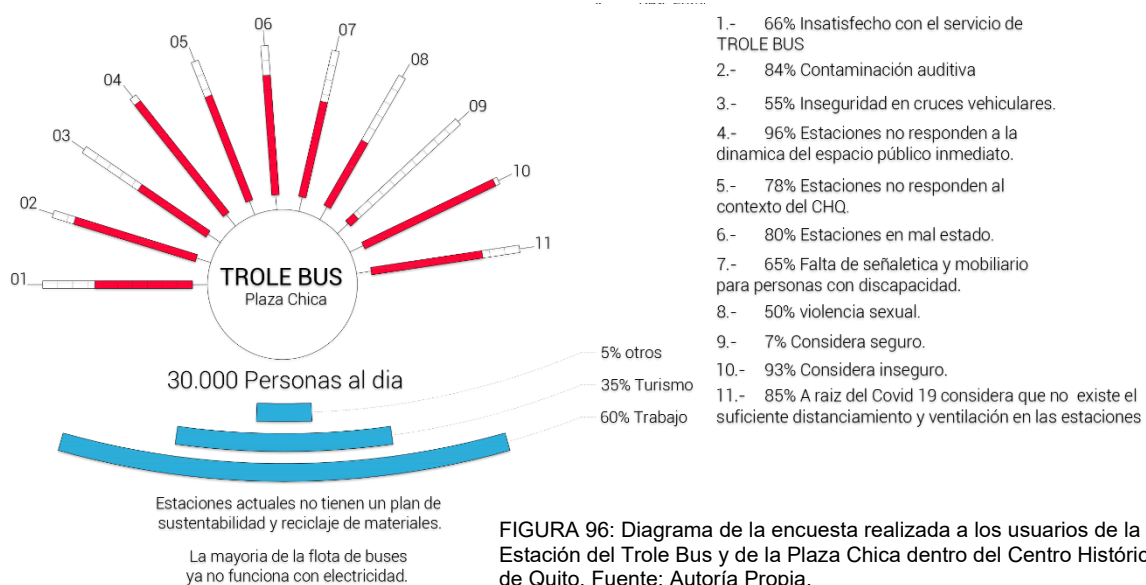


FIGURA 96: Diagrama de la encuesta realizada a los usuarios de la Estación del Trole Bus y de la Plaza Chica dentro del Centro Histórico de Quito. Fuente: Autoría Propia.

**7.4. Rediseño del espacio público de la Plaza Chica y nueva estación del Trole Bus como eje de movilidad.**

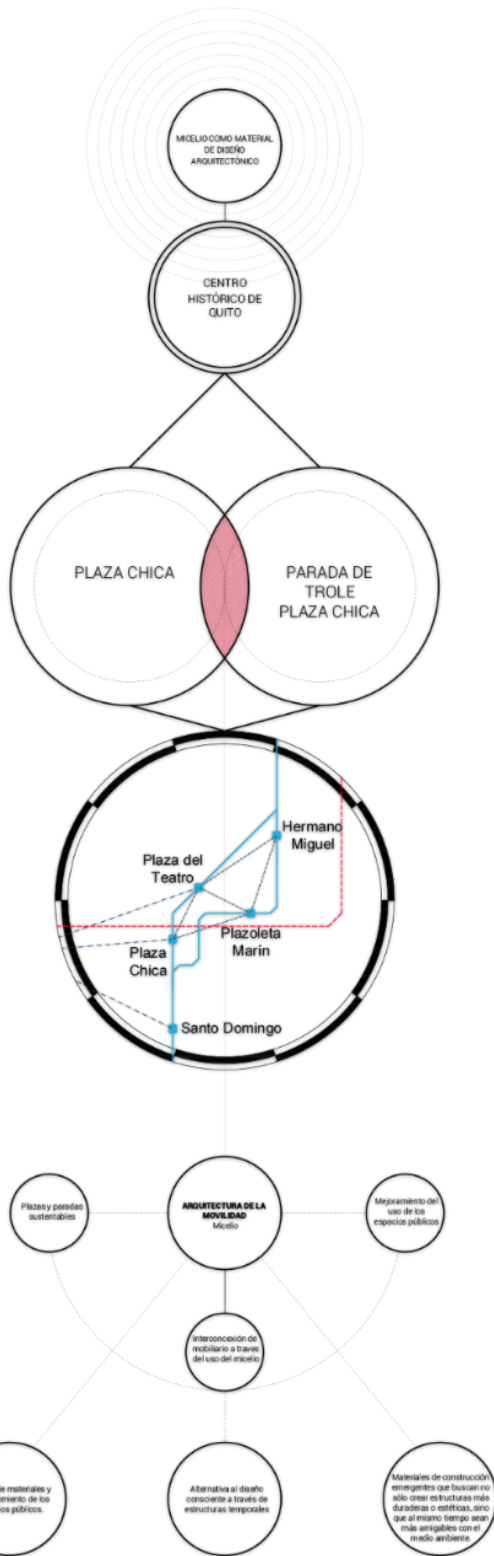


FIGURA 97: Diagrama de la Arquitectura de la movilidad en el Centro Histórico de Quito. Fuente: Autoría Propia.

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.

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.

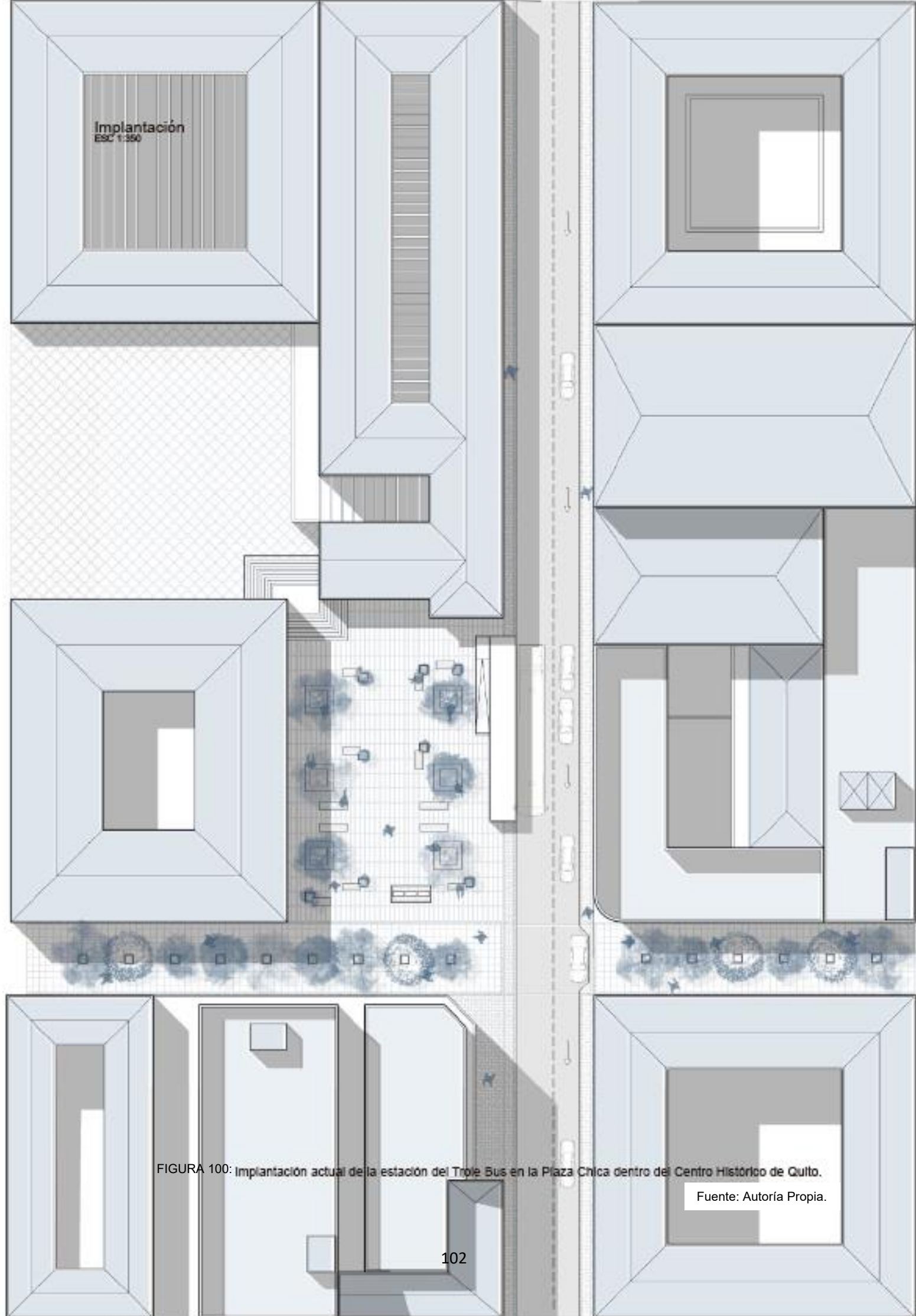
El aprovechamiento del Micelio como material de diseño y construcción ampliará los campos de la construcción en Ecuador y reducirá el impacto tanto económico como también medio ambiental de toda la zona.



FIGURA 98: Fotografía de la Plaza Chica del Centro Histórico de Quito. Fuente: Autoría Propia.



FIGURA 99: Fotografía de la Plaza Chica del Centro Histórico de Quito. Fuente: Autoría Propia.



Implantación  
ESC 1:350

FIGURA 100: Implantación actual de la estación del Trole Bus en la Plaza Chica dentro del Centro Histórico de Quito.

Fuente: Autoría Propia.

Elevación sur  
sin escala



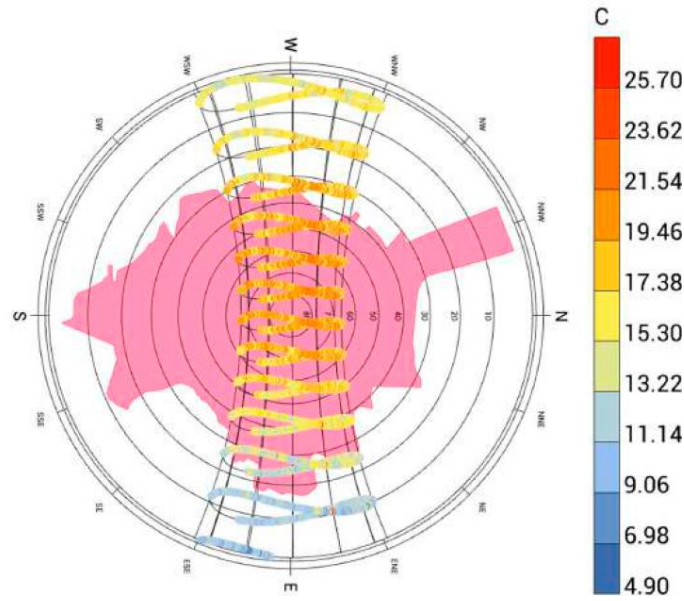
FIGURA 101. Estación actual Plaza Chica junto a su contexto inmediato. Fuente: Autoría propia.

Elevación oeste  
sin escala



FIGURA 102: Elevación del contexto inmediato de la plaza Chica del Centro Histórico de Quito. Fuente: Autoría Propia.

7.4.1. Estudio solar y climático en el Centro Histórico de Quito.



**RECORRIDO DEL SOL**

Centro Historico de Quito

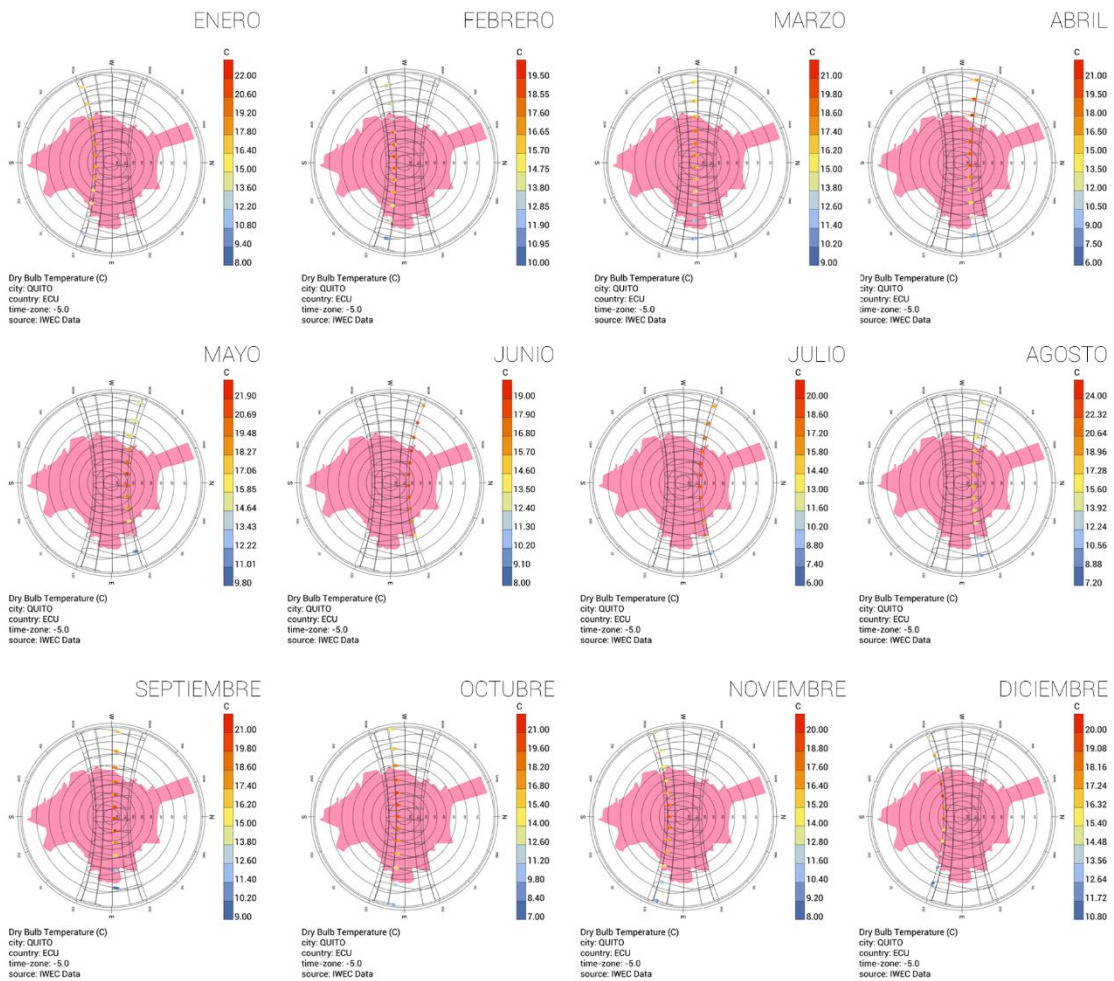


FIGURA 103: Diagrama del recorrido del sol durante todo el año en el Centro Histórico de Quito. Este diagrama se lo realizo por medio de algoritmos y variables exactas de tiempo y lugar, en este caso el CHQ en el programa Grasshopper de Rhinoceros. Fuente: IWECC DATA.

# PRESION BAROMETRICA

Distrito Metropolitano de Quito

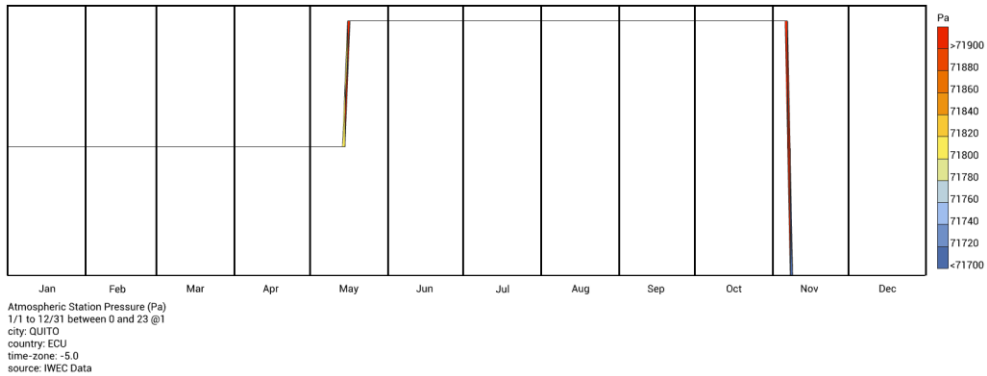
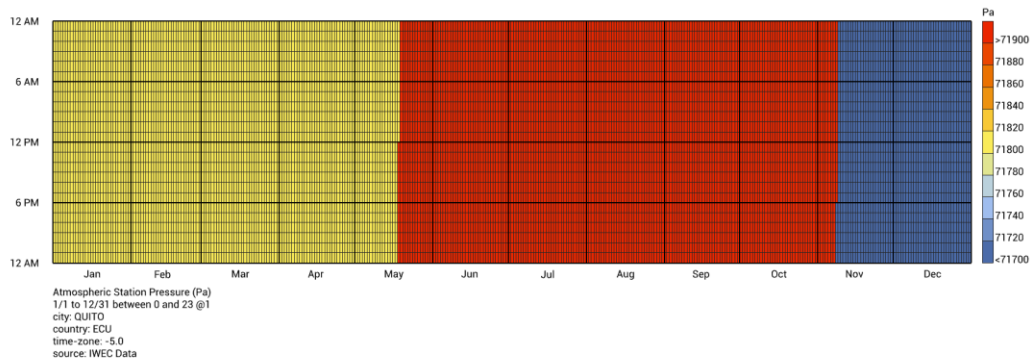


FIGURA 104: Tabla de la presión barométrica durante todo el año en el Centro Histórico de Quito. La cual refleja la variación de la presión atmosférica por la cantidad de corrientes de aire durante el año. Esta tabla se la realizo por medio de algoritmos y variables exactas de tiempo y lugar, en este caso el CHQ en el programa Grasshopper de Rhinoceros. Fuente: IWECC DATA.

# DIRECCIÓN DEL VIENTO

Distrito Metropolitano de Quito

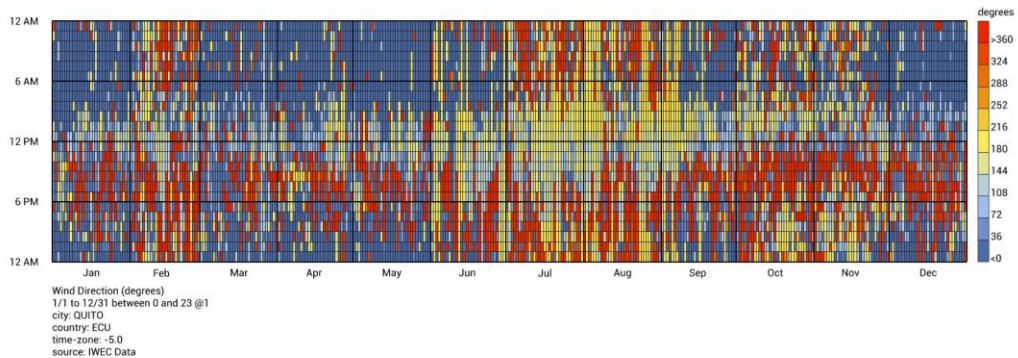


FIGURA 105: Tabla de la dirección del viento durante todo el año en el Centro Histórico de Quito. Esta refleja que la mayor corriente de viento que existe en el centro Histórico de Quito se encuentra principalmente hacia el norte, debido a la cordillera de los Andes. Esta tabla se la realizo por medio de algoritmos y variables exactas de tiempo y lugar, en este caso el CHQ en el programa Grasshopper de Rhinoceros. Fuente: IWECC DATA.

# VIENTO

Distrito Metropolitano de Quito

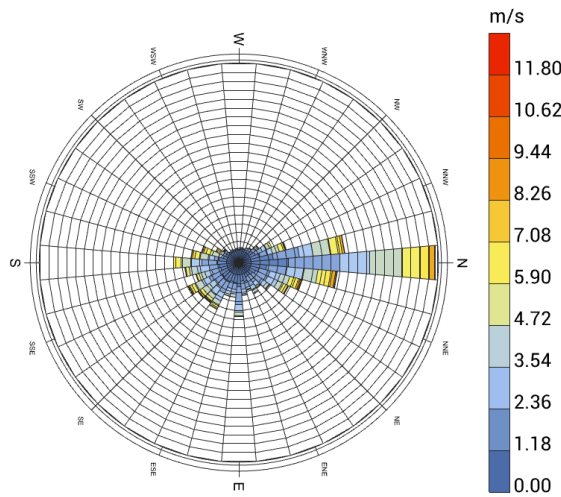
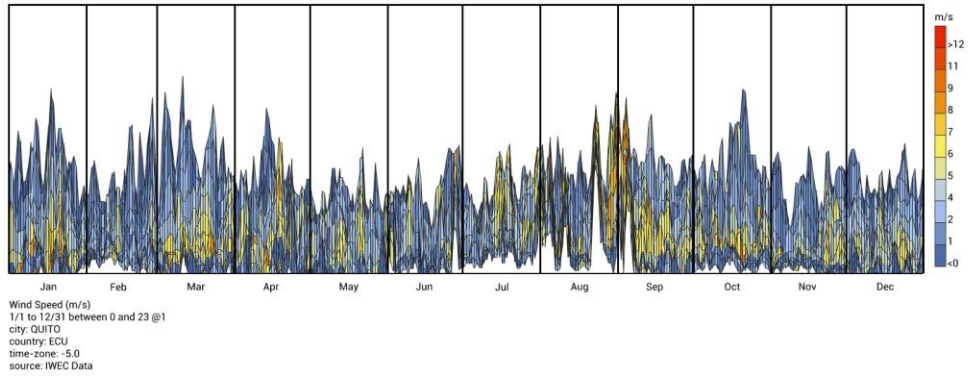
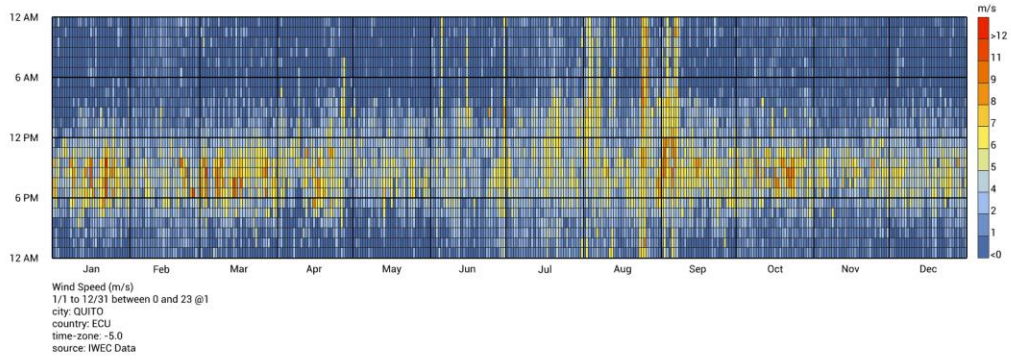


FIGURA 106: Tabla de la dirección del viento durante todo el año en el Centro Histórico de Quito. Esta refleja que la mayor corriente de viento que existe en el centro Histórico de Quito se encuentra principalmente hacia el norte, debido a la cordillera de los Andes. Esta tabla se la realizo por medio de algoritmos y variables exactas de tiempo y lugar, en este caso el CHQ en el programa Grasshopper de Rhinoceros. Fuente: IWEC DATA.



# TEMPERATURA °C

Distrito Metropolitano de Quito

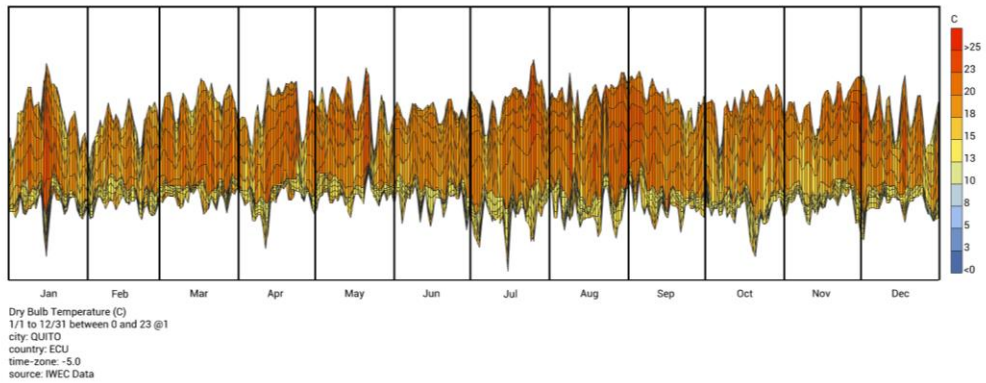
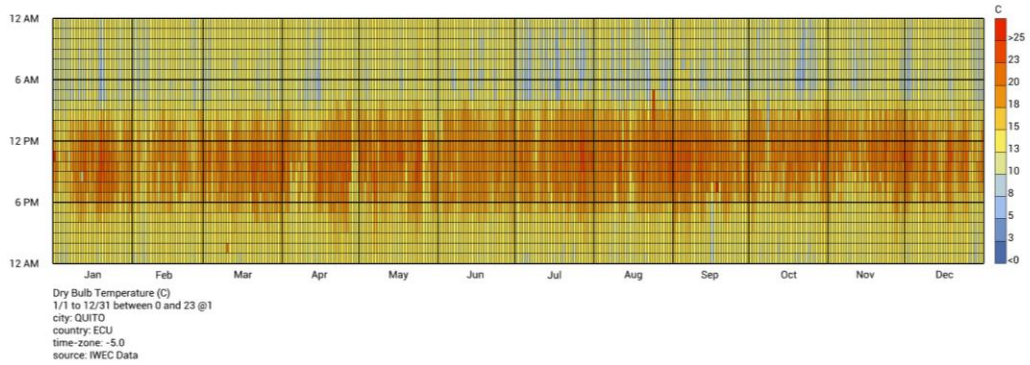


FIGURA 107: Tabla de la temperatura durante todo el año en el Centro Histórico de Quito. Esta muestra una temperatura mayormente estable durante todo el año, siendo los meses de mayo a septiembre los de mayor temperatura. Esta tabla se la realizo por medio de algoritmos y variables exactas de tiempo y lugar, en este caso el CHQ en el programa Grasshopper de Rhinoceros. Fuente: IWECC DATA.

# HUMEDAD

Distrito Metropolitano de Quito

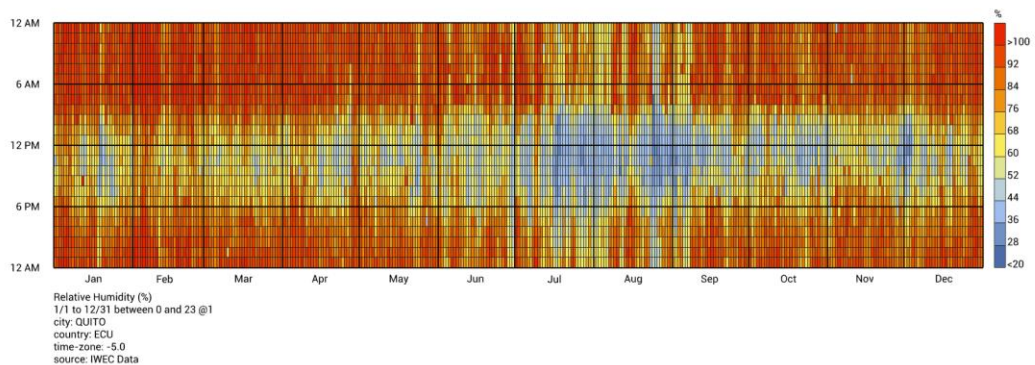


FIGURA 108: Tabla de humedad dentro del Centro Histórico de Quito. Esta muestra que los meses de mayor humedad en el Centro Histórico de Quito van desde noviembre hasta mediados de mayo donde más precipitaciones se tiene. Esta tabla se la realizo por medio de algoritmos y variables exactas de tiempo y lugar, en este caso el CHQ en el programa Grasshopper de Rhinoceros. Fuente: IWECC DATA.

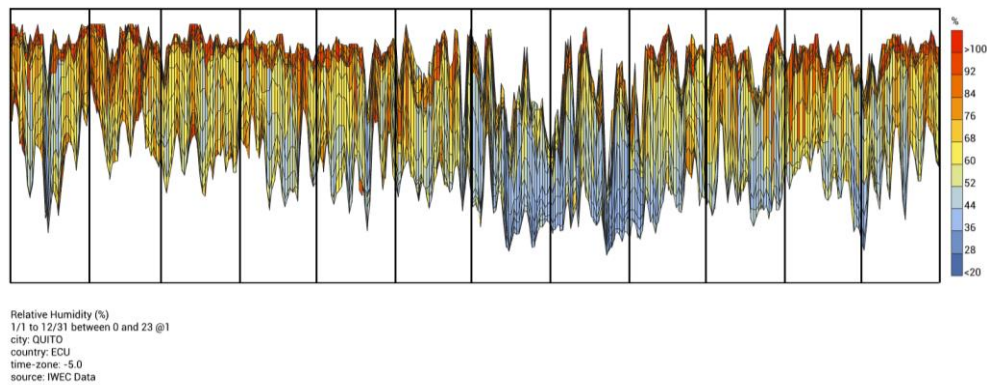


FIGURA 109: Tabla de humedad dentro del Centro Histórico de Quito. Esta muestra que los meses de mayor humedad en el Centro Histórico de Quito van desde noviembre hasta mediados de mayo donde más precipitaciones se tiene. Esta tabla se la realizó por medio de algoritmos y variables exactas de tiempo y lugar, en este caso el CHQ en el programa Grasshopper de Rhinoceros. Fuente: IWECC DATA.

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.

#### 7.4.2. 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 paneles a base de micelio en la cual nos arrojó resultados increíbles tanto en absorción como direccionamiento del eco.

Es importante resaltar que estos paneles formados a partir de micelio se los puede dar distintas formas y un sin número de tamaños debido a su capacidad de crecimiento en moldes contenedores lo que hace un material de construcción funcional y estético formal.

## ESTUDIO ACÚSTICO

Espacio sin tratamiento acústico

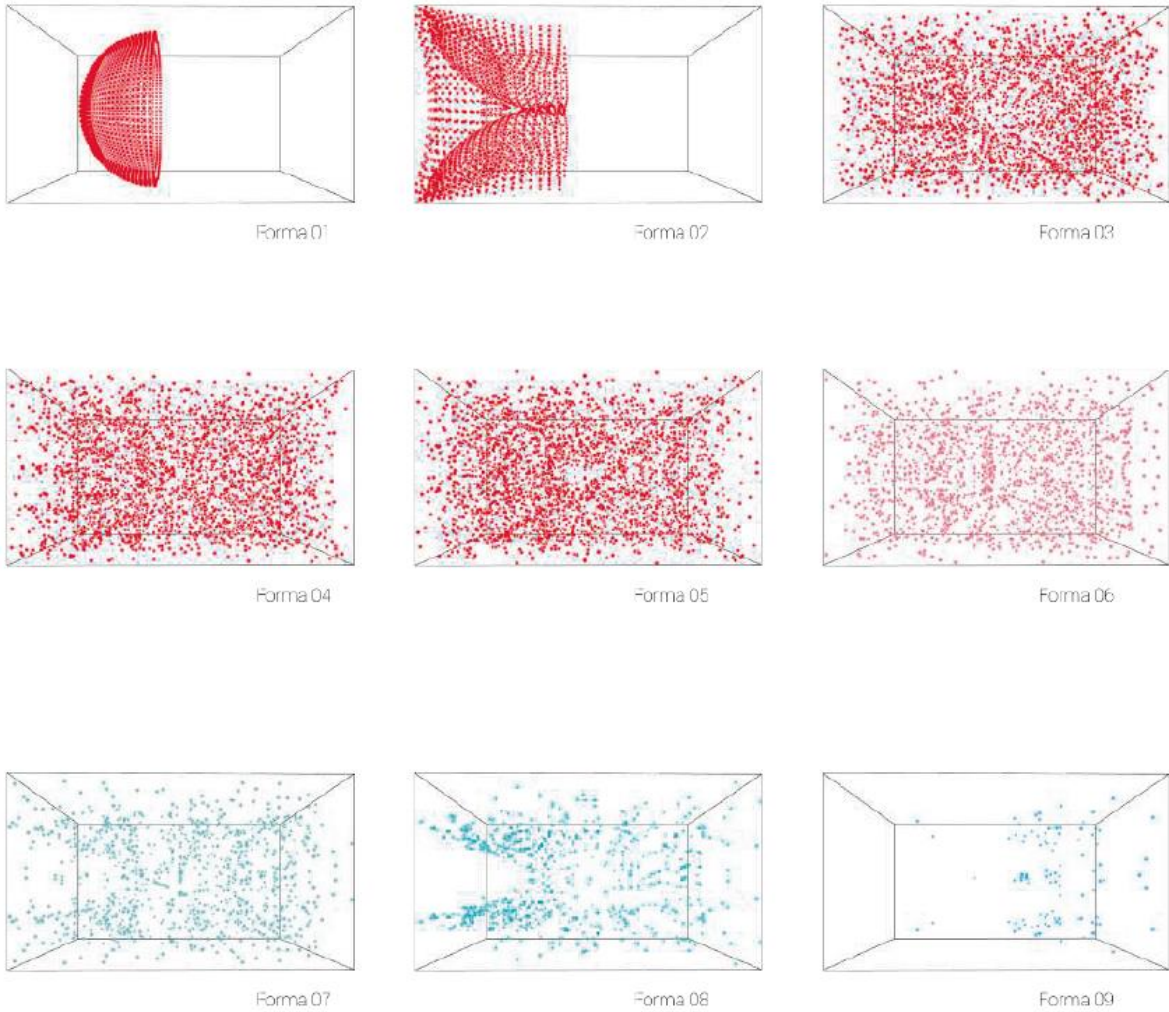


FIGURA 110. Diagrama de disipación y absorción del sonido sin la utilización de paneles acústicos, como se puede ver en el gráfico al no tener paneles absorbentes ni de direccionamiento del sonido este golpea varias veces antes de ser controlado o absorbido. Este gráfico se realizó por medio de algoritmos y variables exactas de tiempo y lugar, en este caso el CHQ en el programa Grasshopper de Rhinoceros. Fuente: Autoría propia.

## ESTUDIO ACÚSTICO

Espacio con paneles acústicos genéricos

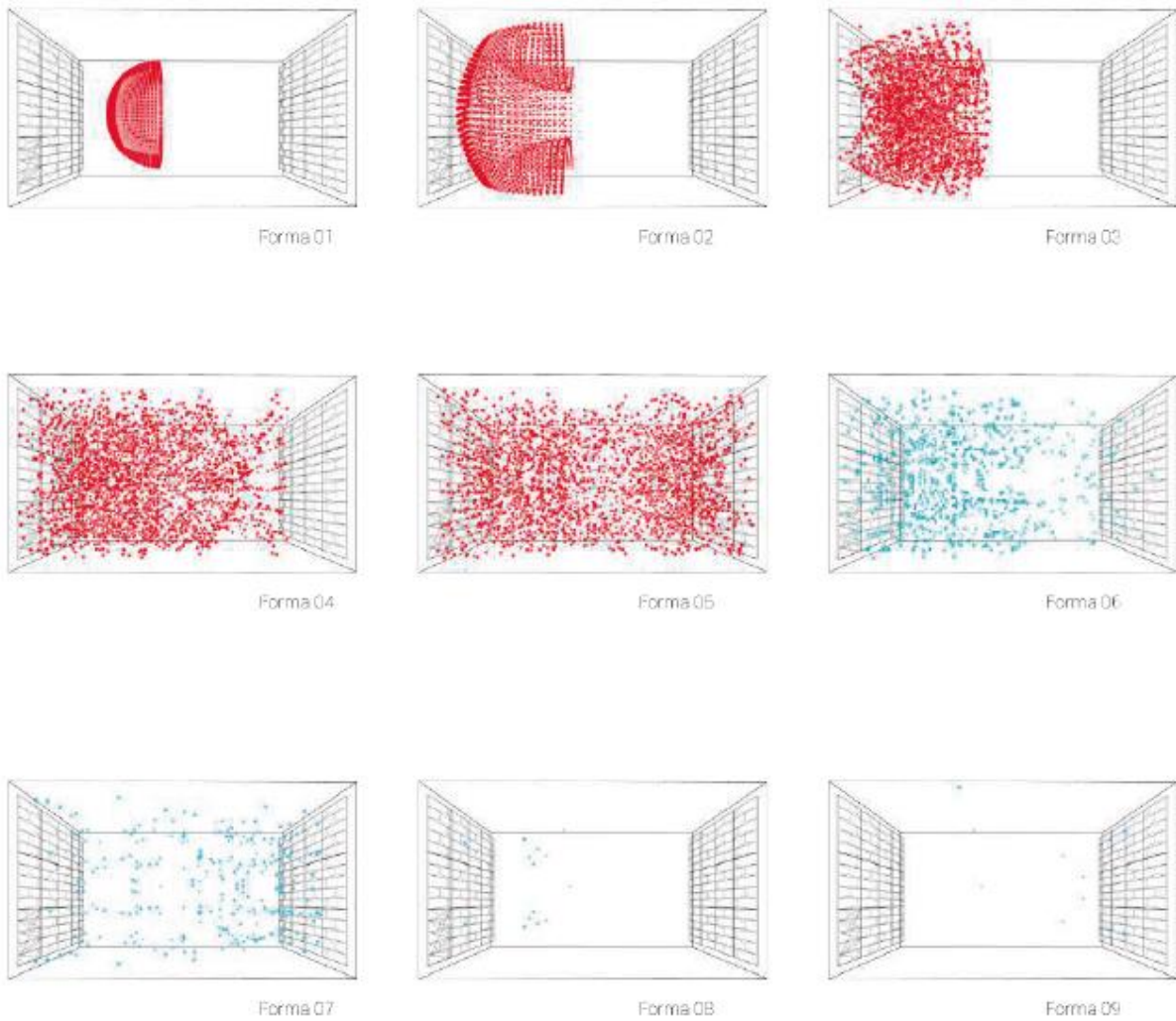


FIGURA 111. Diagrama de disipación y absorción del sonido mediante la utilización de paneles acústicos genéricos a base de lana de vidrio o foam, como se puede ver en el gráfico los paneles absorben y dirigen el sonido hasta que este se disipa completamente. Esta gráfico se la realizo por medio de algoritmos y variables exactas de tiempo y lugar, en este caso el CHQ en el programa Grasshopper Rhinoceros. Fuente: Autoría propia.

## ESTUDIO ACÚSTICO

Espacio con paneles acústicos de micelio

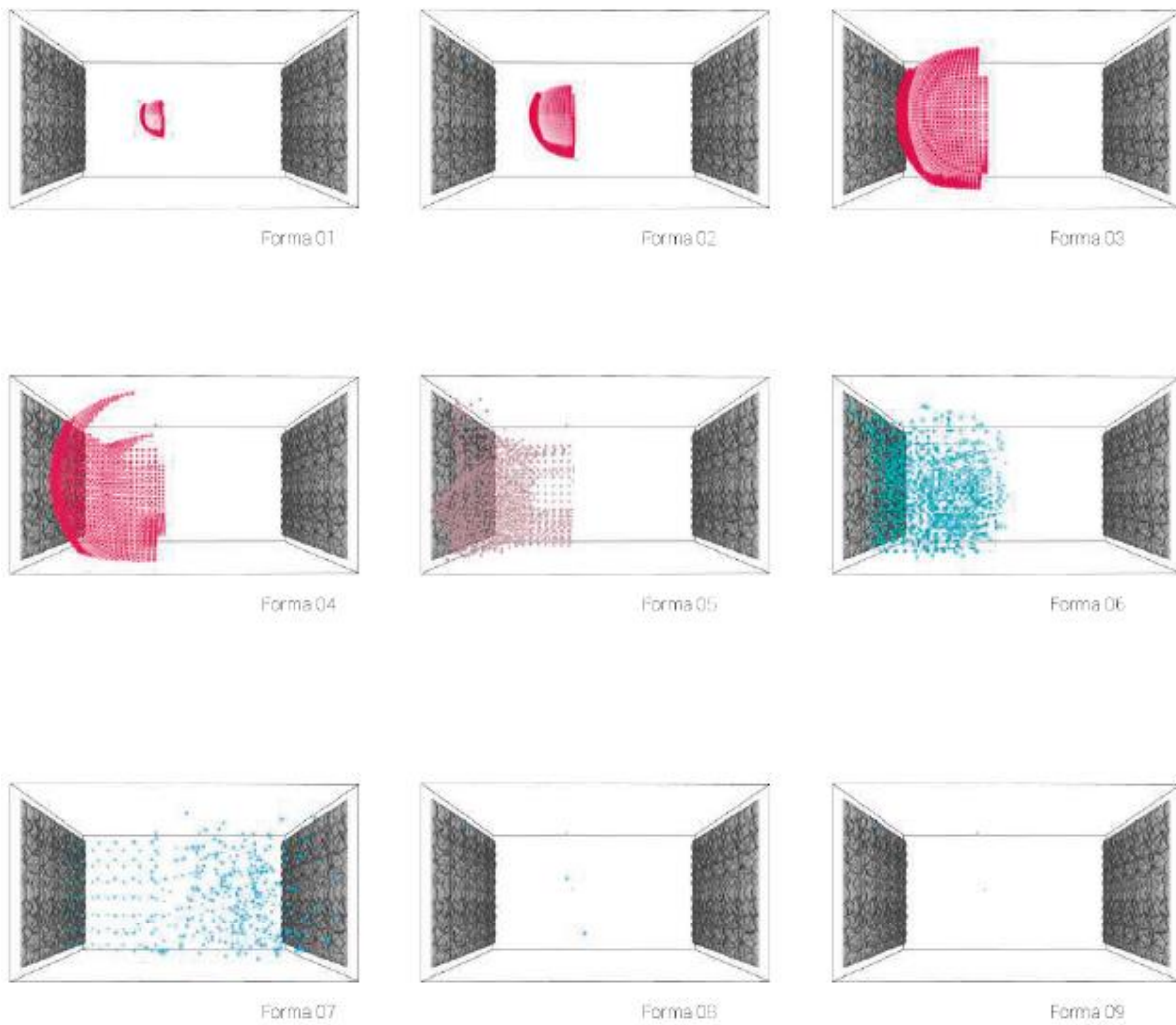


FIGURA 112. Diagrama de disipación y absorción del sonido mediante la utilización de paneles acústicos a base de micelio, como se puede ver en el grafico los paneles a base de micelio absorben y dirigen el sonido de mejor manera que los paneles tradicionales utilizados por el sector de la construcción. 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. Fuente: Autoría propia.

### 7.4.3. Contexto, funcionamiento y movilidad

El proyecto se implantará en la Plaza Chica del centro Histórico de Quito, espacio el cual actualmente es transitado días a día por un sin número de personas, las cuales no se apropian de este espacio por su mal mantenimiento del mobiliario existente, su mala planificación de recorrido entre la plaza y la parada de Trole Bus que interrumpe el paso de los transeúntes y por la materialidad del entorno que no invita a conocer a los usuarios esta plaza.

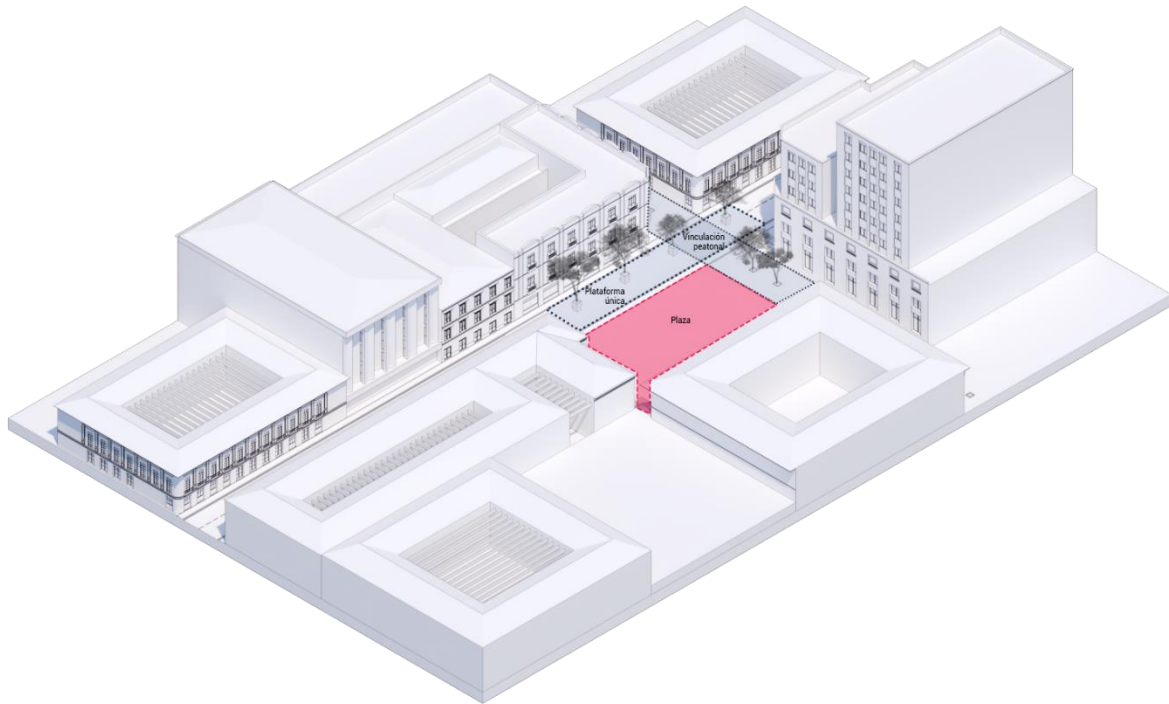


FIGURA 113. Diagrama del contexto actual de la Plaza Chica del Centro Histórico de Quito. Fuente: Autoría propia.

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.

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 114: Diagrama circulación y activación como centro de movilidad de la nueva estación del Trole Bus - Plaza Chica con la plaza dentro del Centro Histórico de Quito. Fuente: Autoría Propia.

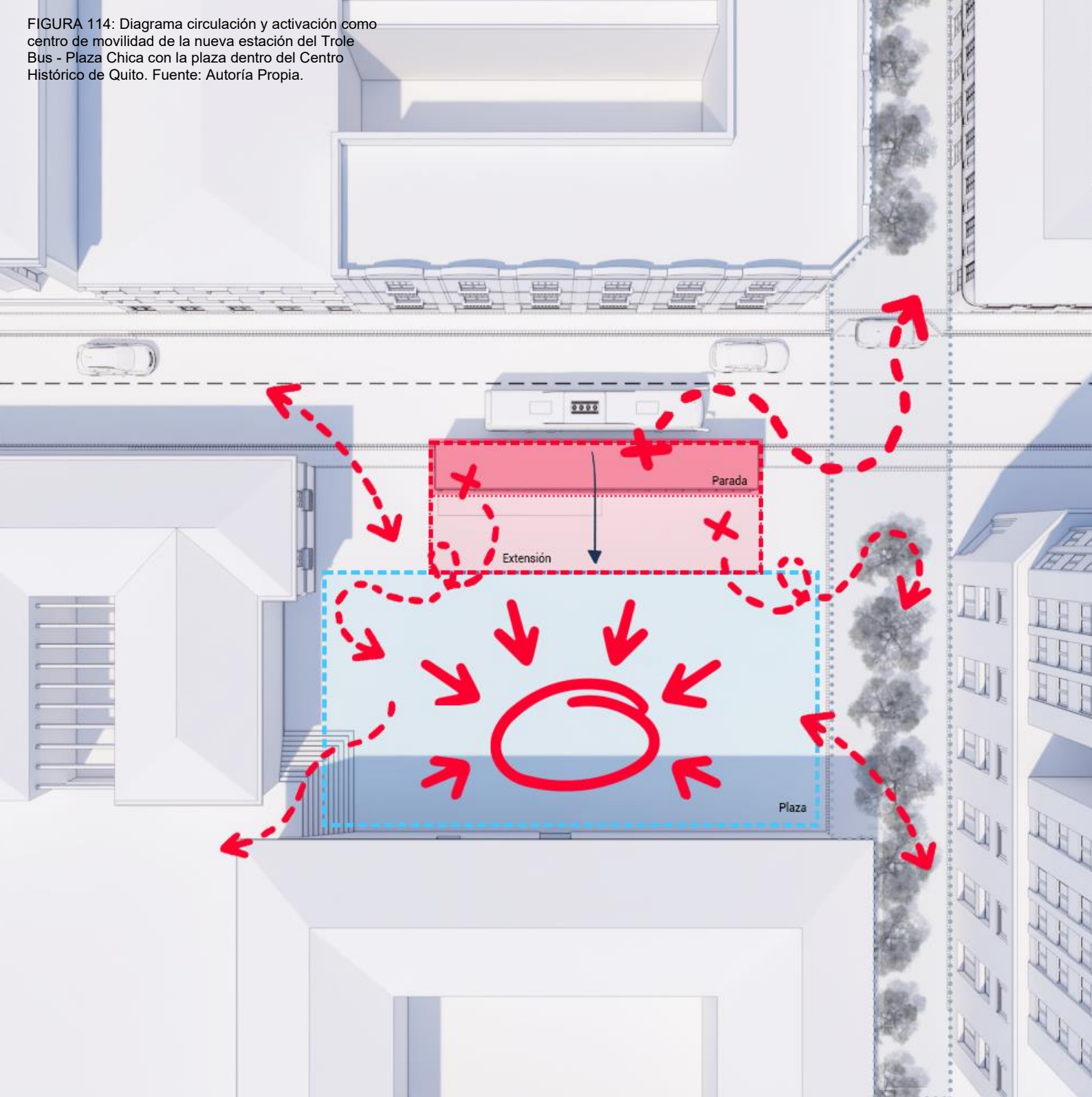


FIGURA 115: Elevación actual de la problemática de accesibilidad a la Plaza Chica con la plaza dentro del Centro Histórico de Quito. Fuente: Autoría Propia.

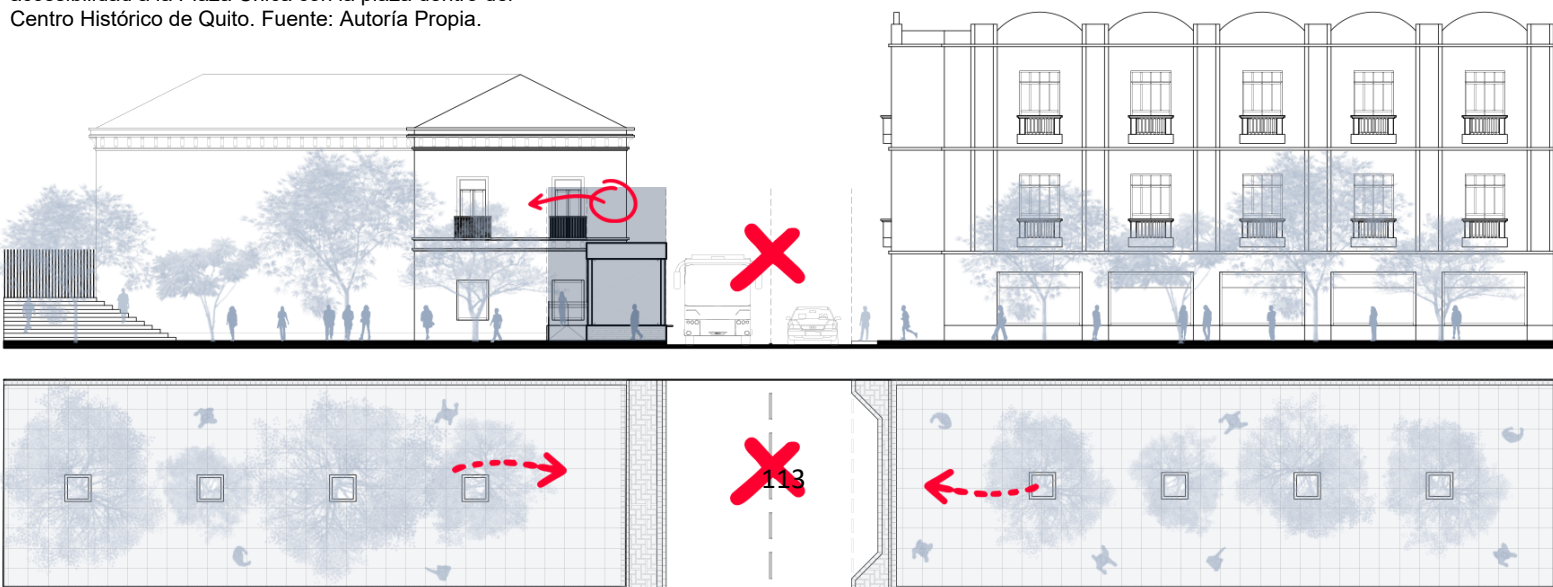


FIGURA 116: Diagrama de accesibilidad y recorridos para acceder a la Plaza Chica del Centro Histórico de Quito. Fuente: Autoría Propia.

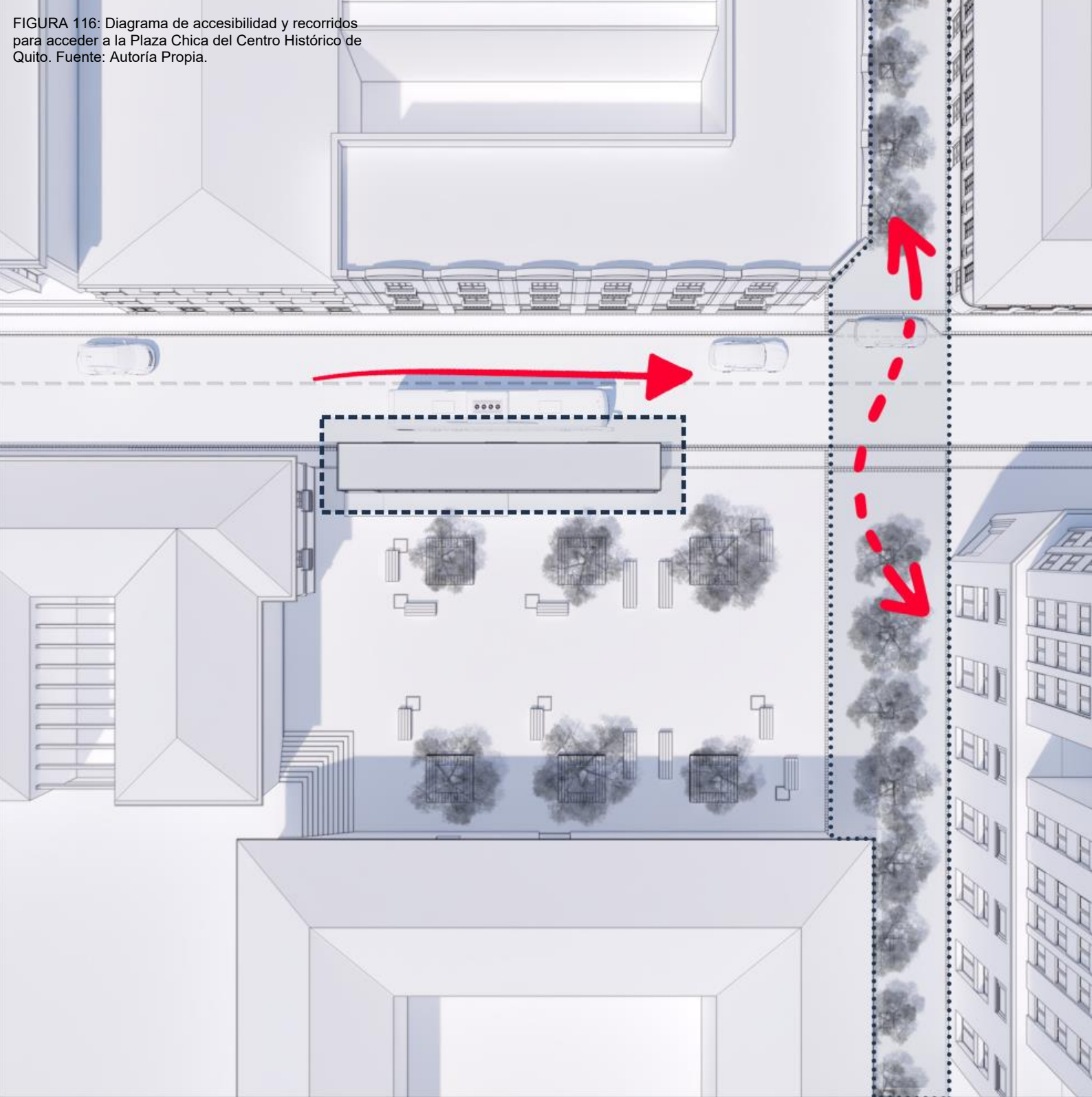


FIGURA 117: Elevación actual de la problemática de accesibilidad a la Plaza Chica con la plaza dentro del Centro Histórico de Quito. Fuente: Autoría Propia.

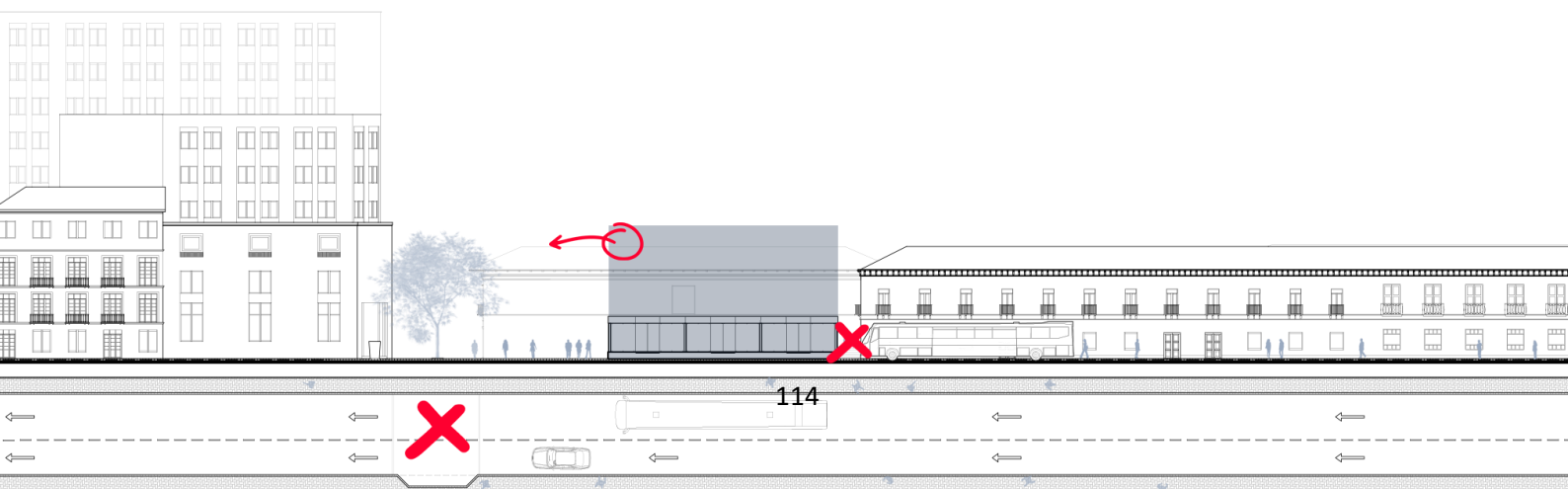




FIGURA 118: Diagrama de la problemática de contaminación auditiva en la Plaza Chica del Centro Histórico de Quito.  
Fuente: Autoría Propia.

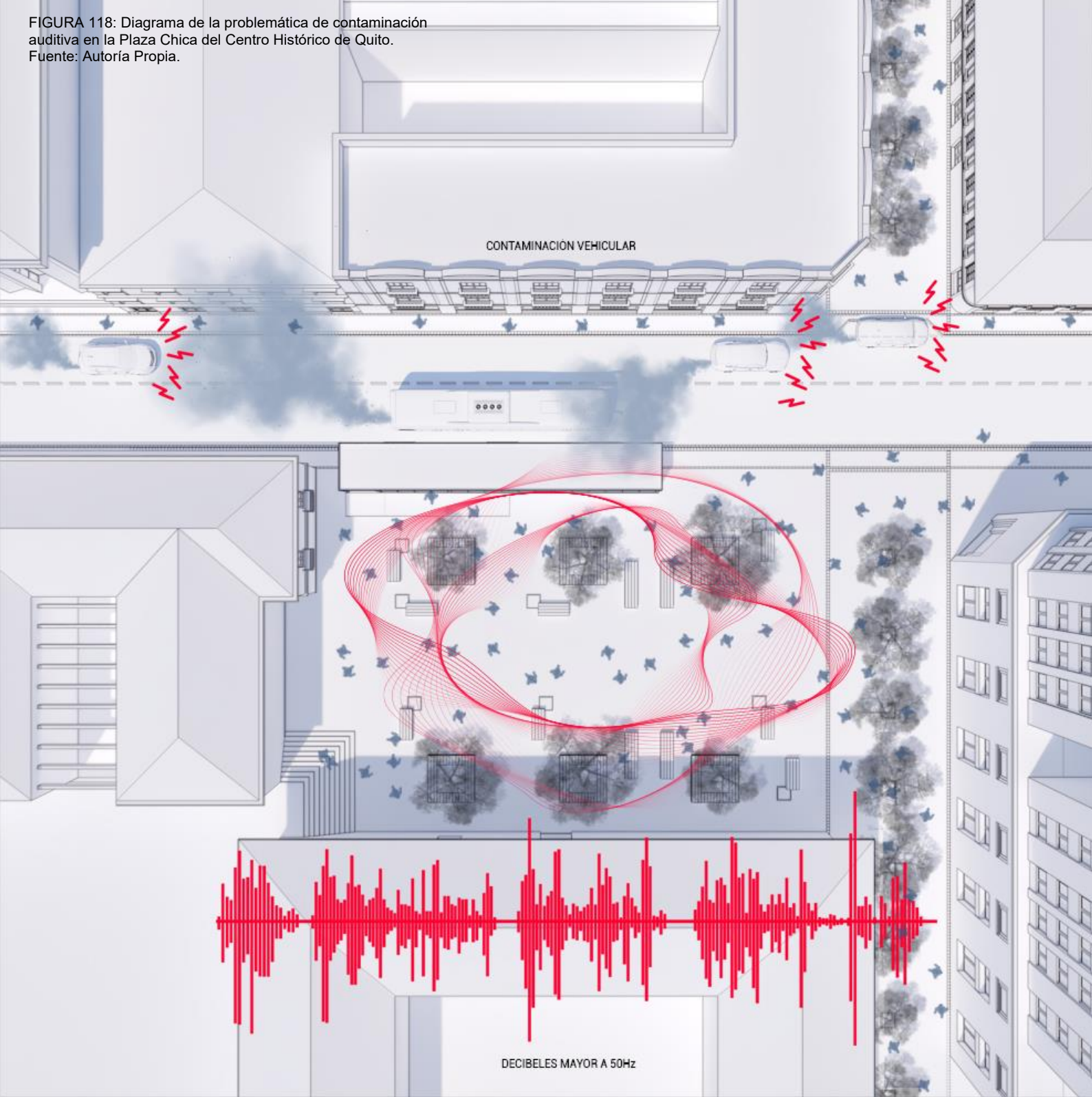


FIGURA 119: Elevación de la problemática de contaminación auditiva en la Plaza Chica del Centro Histórico de Quito.  
Fuente: Autoría Propia.

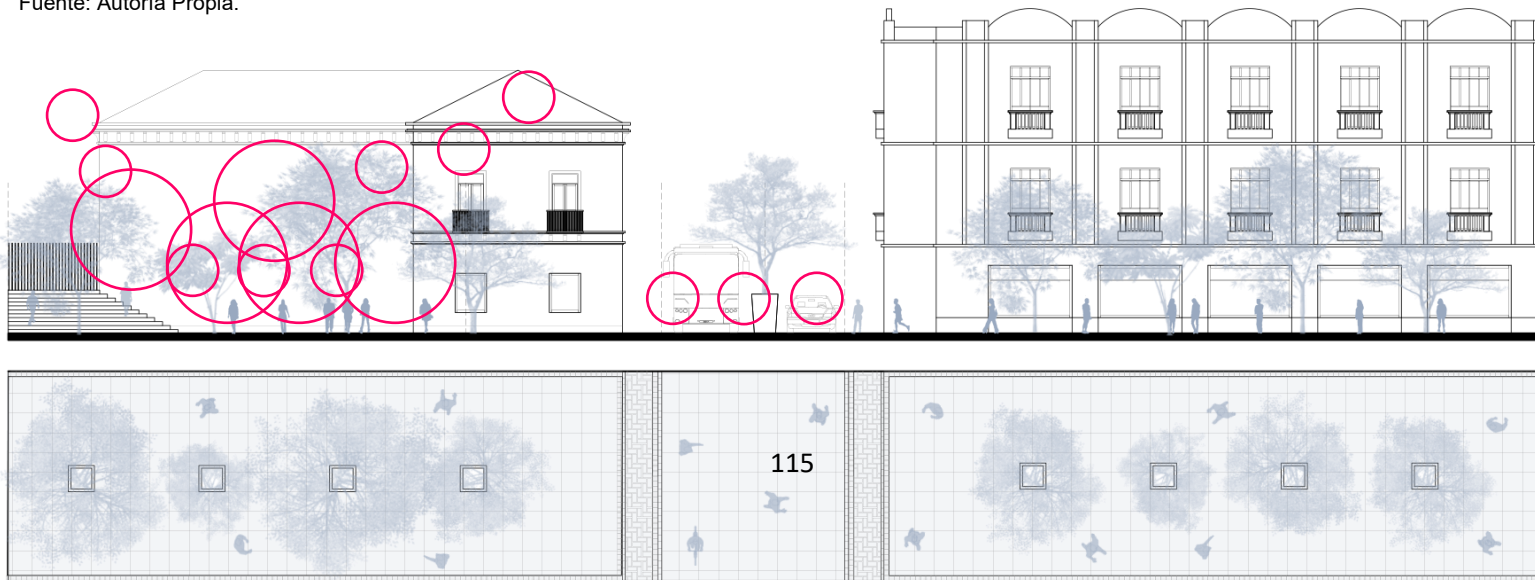


FIGURA 120: Diagrama de la problemática de ingreso y recorridos para acceder a la Plaza Chica del Centro Histórico de Quito. Fuente: Autoría Propia.

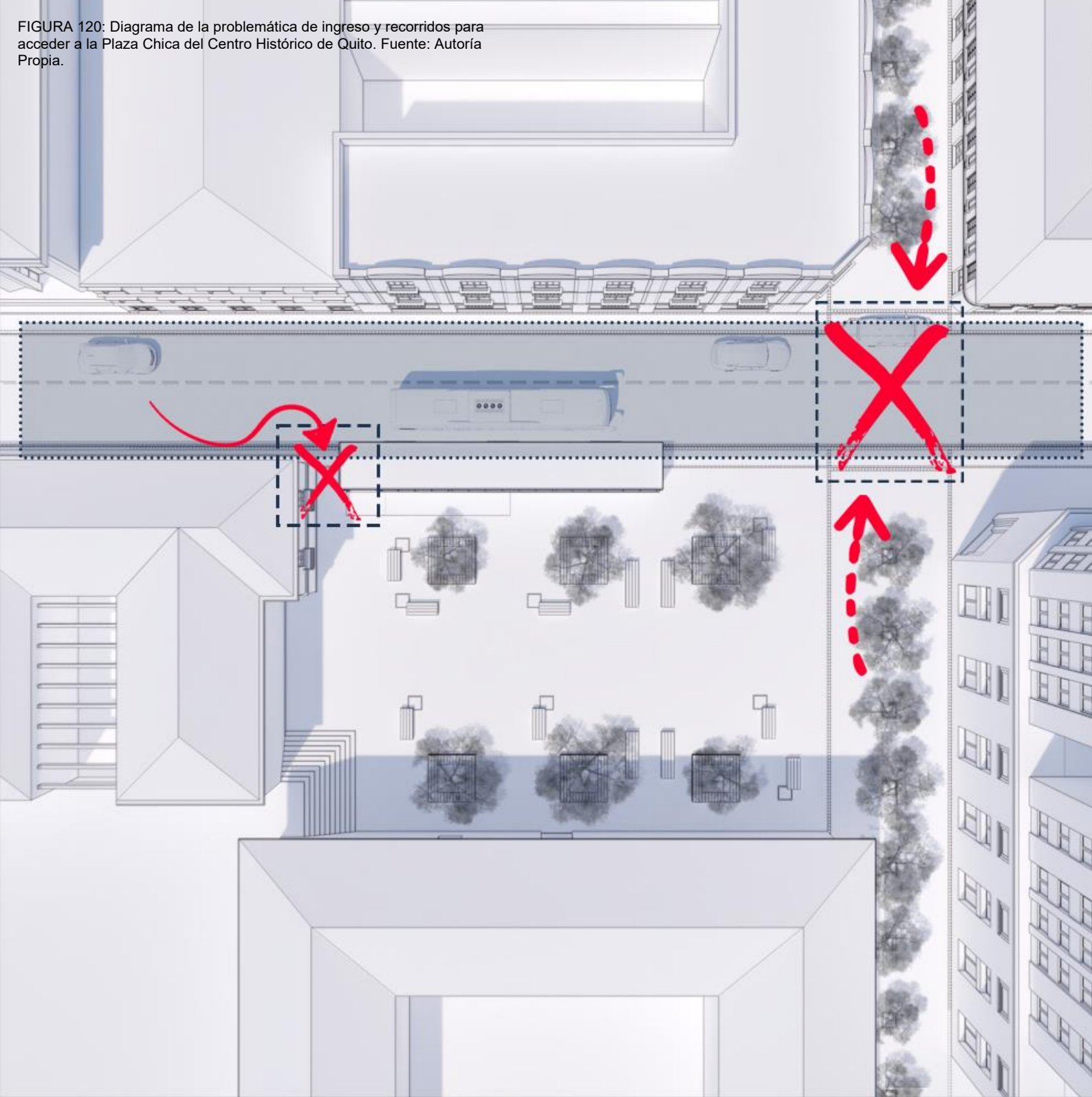


FIGURA 121: Elevación de la problemática de ingreso y recorridos para acceder a la Plaza Chica del Centro Histórico de Quito. Fuente: Autoría Propia.

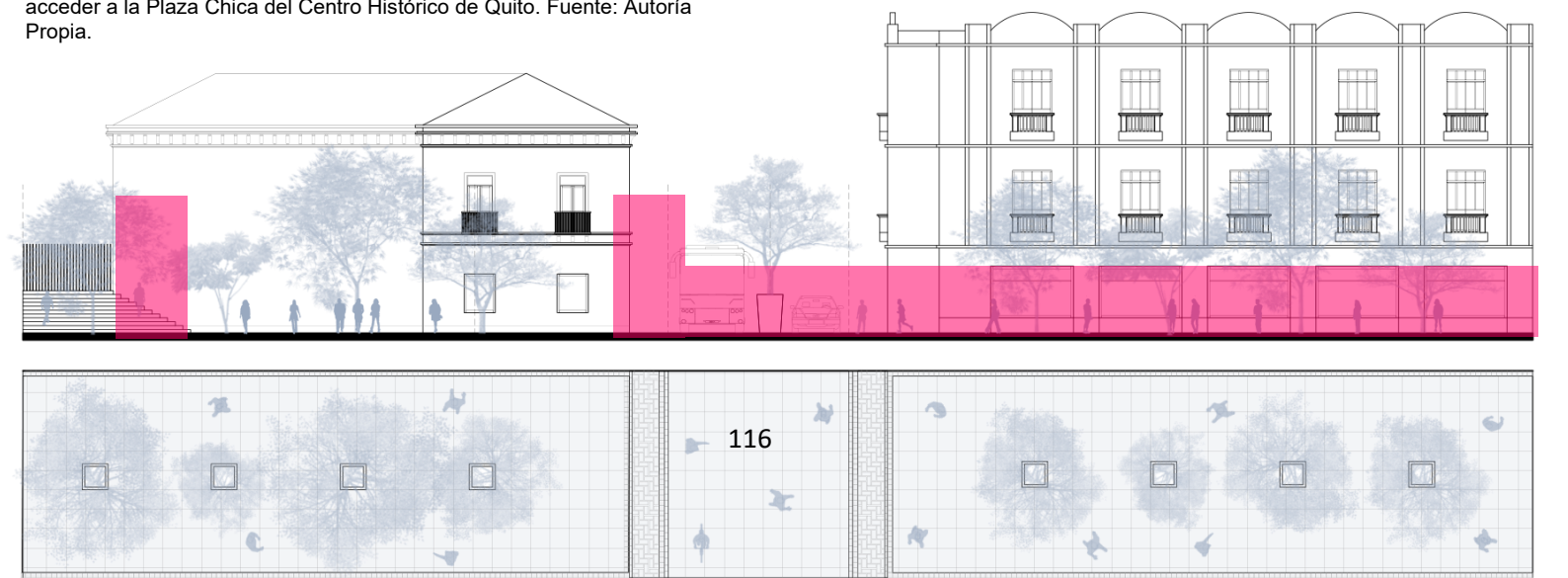


FIGURA 122: Diagrama del contexto a intervenir en el centro histórico de Quito. Fuente: Autoría Propia.

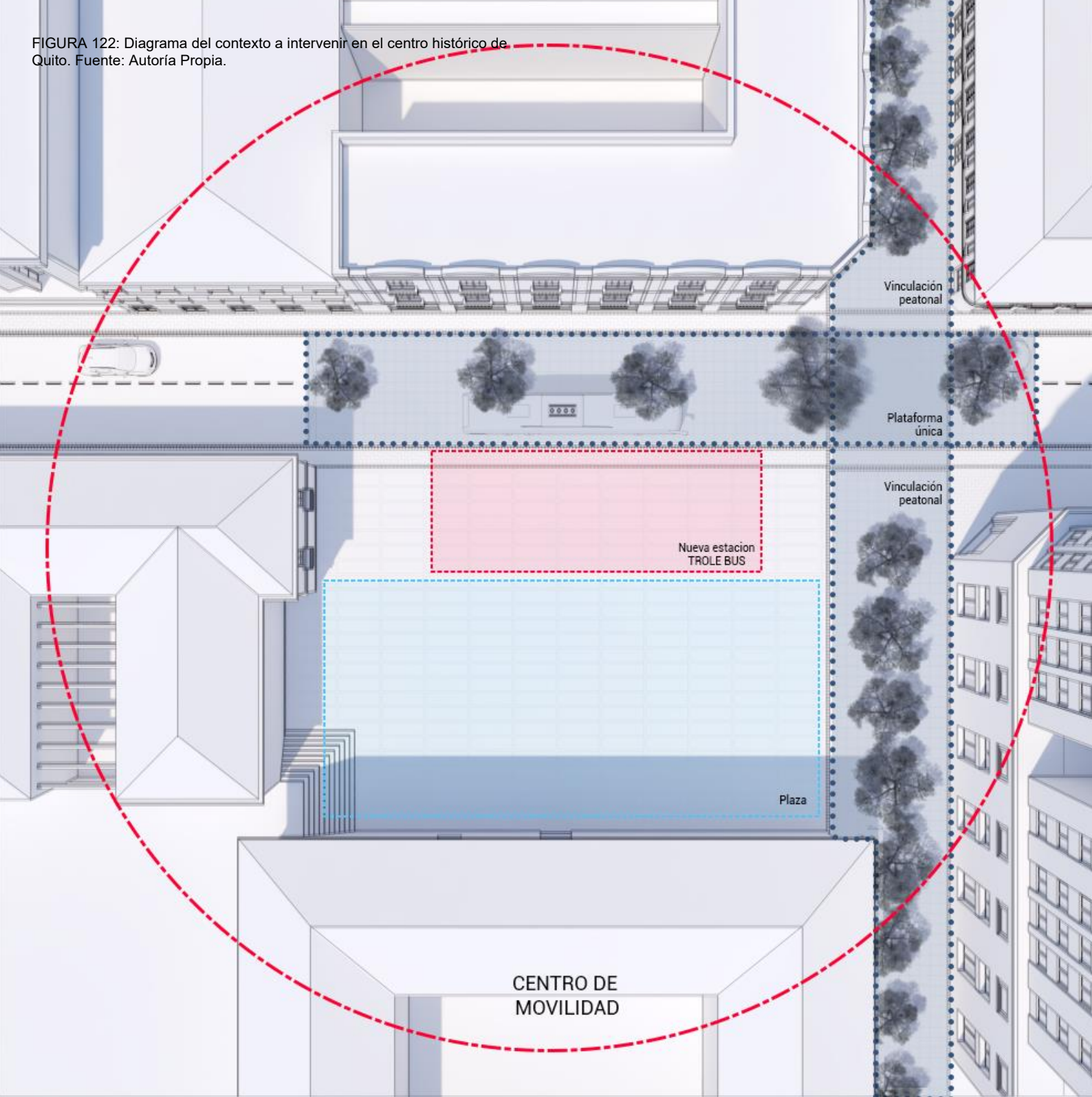


FIGURA 123: Isometría del contexto a intervenir en el centro histórico de Quito. Fuente: Autoría Propia.



#### 7.4.4. Exploración de formas

Mediante el software Grasshopper de Rhinoceros se realizó la simulación de búsqueda de la forma y desarrollo de algoritmos de crecimiento que se apliquen al espacio y al contexto de la Plaza Chica del Centro Histórico de Quito, así como también se busco dar un desarrollo funcional y estético que permita al proyecto solucionar la problemática anteriormente mencionada para dar espacio a un nuevo pabellón y mobiliario que sea óptimo e innovador con la utilización del Micelio como material de diseño arquitectónico y constructivo.

Exploración Formal mediante algoritmos de crecimiento para soporte estructural.

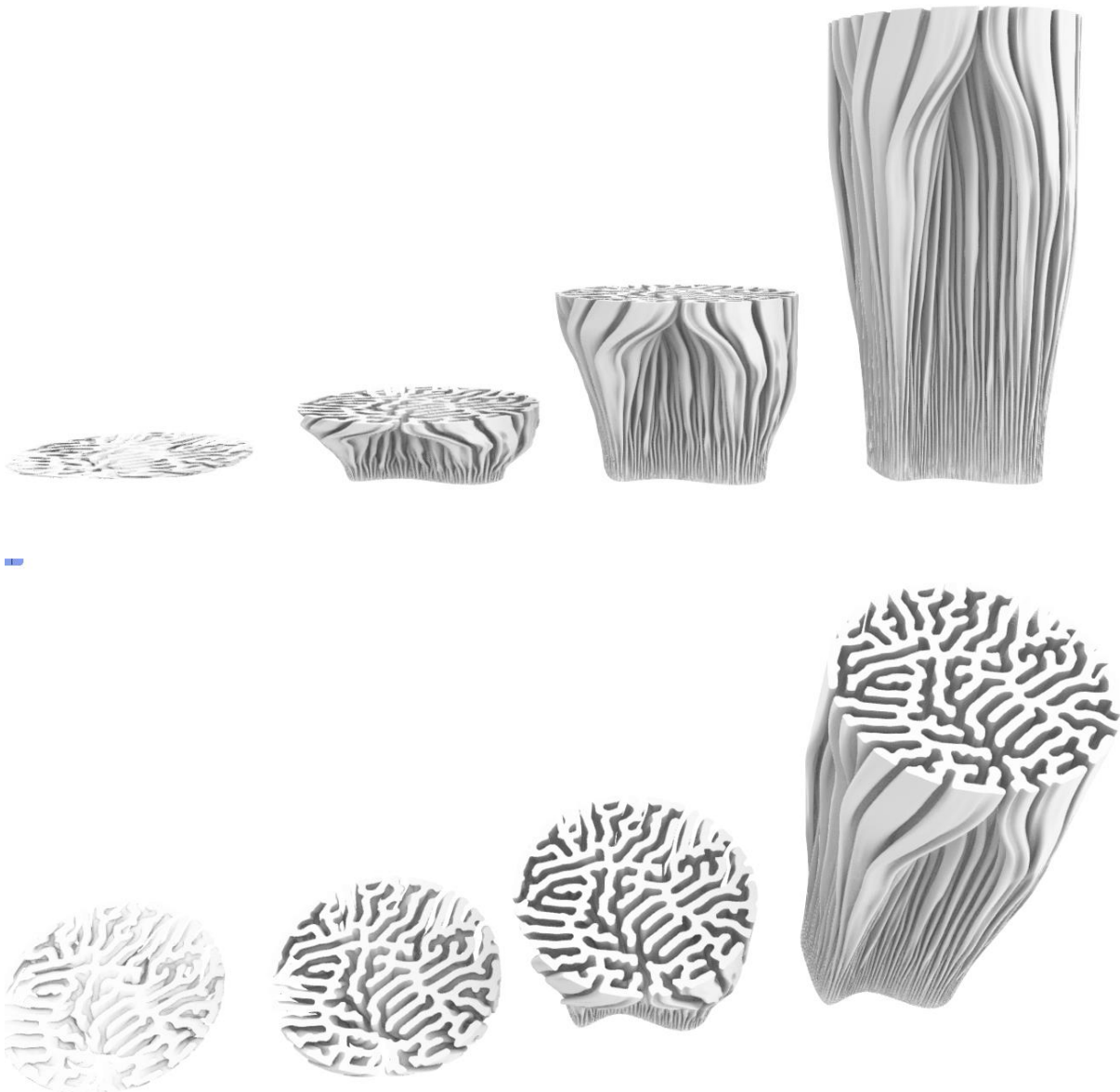


FIGURA 124. Exploraciones formales mediante algoritmos generados en el programa Grasshopper. Fuente: Autoría propia.

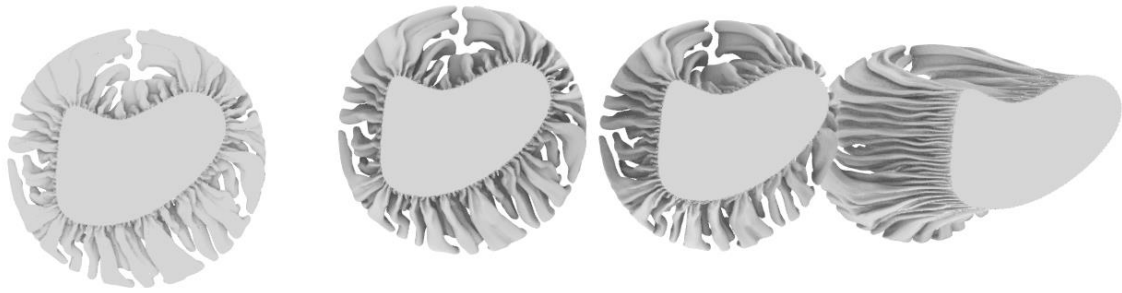


FIGURA 125. Exploraciones formales mediante algoritmos generados en el programa Grasshopper. Fuente: Autoría propia.

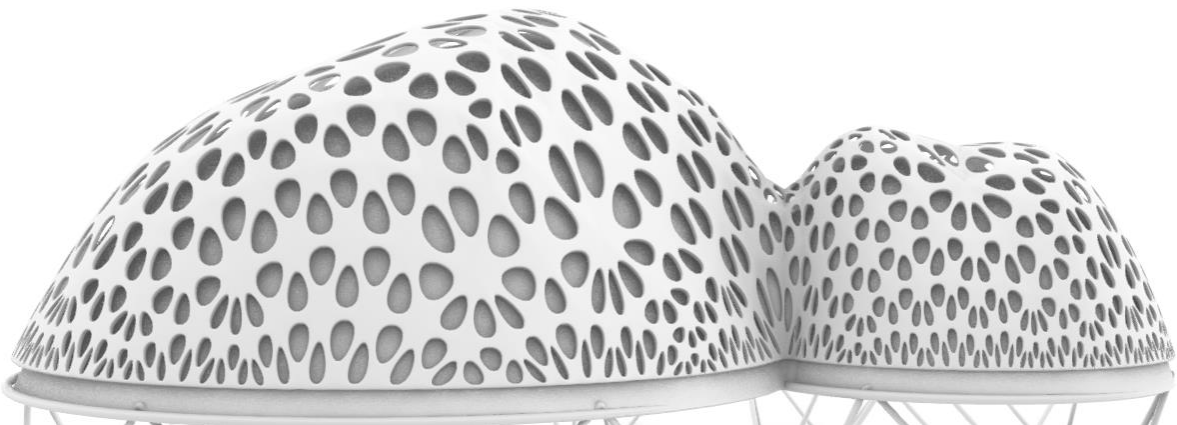
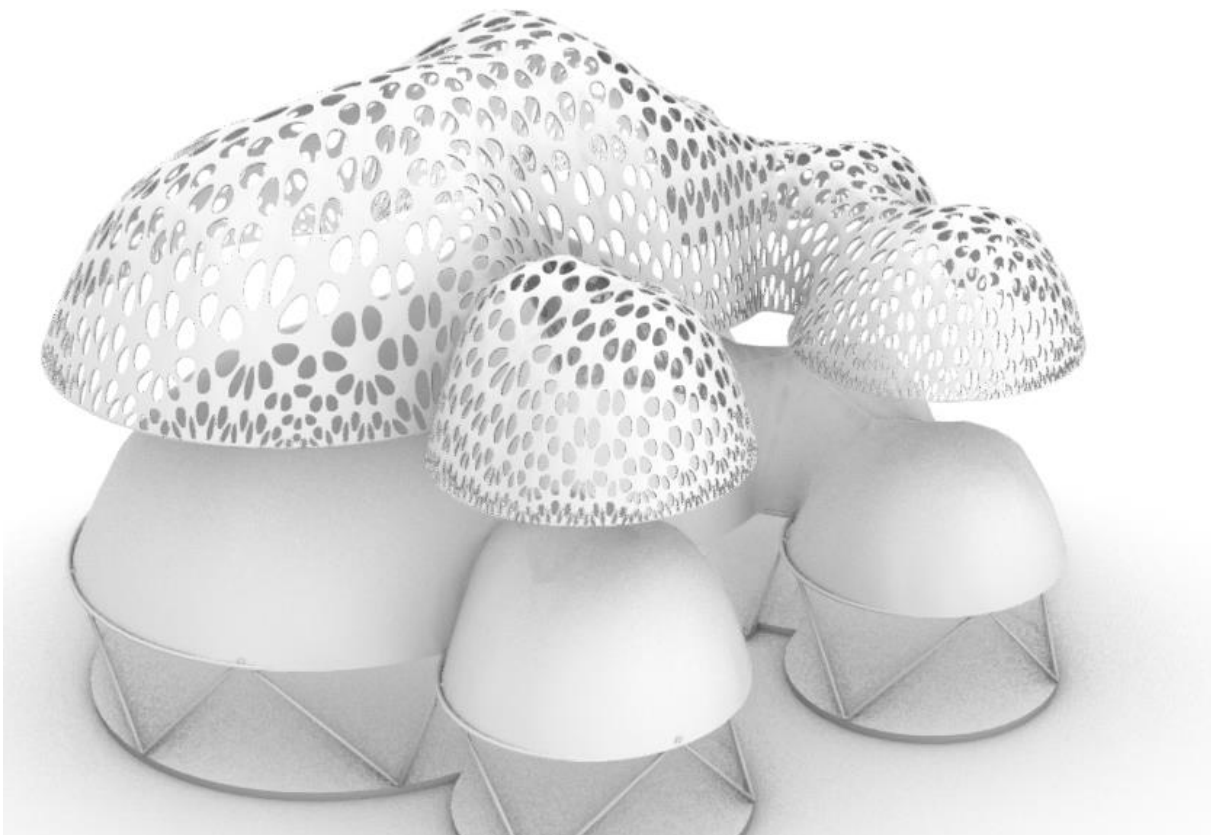


FIGURA 126. Exploraciones formales mediante algoritmos generados en el programa Grasshopper. Fuente: Autoría propia.

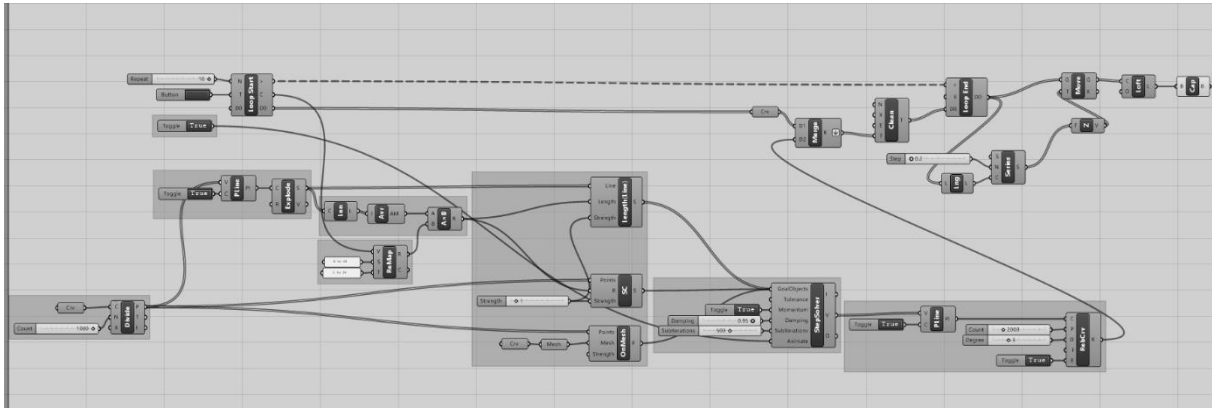


FIGURA 127. Algoritmo de crecimiento para el desarrollo de estructuras (FIGURA 125) que se van a implantar en el proyecto. Fuente: Autoría propia.

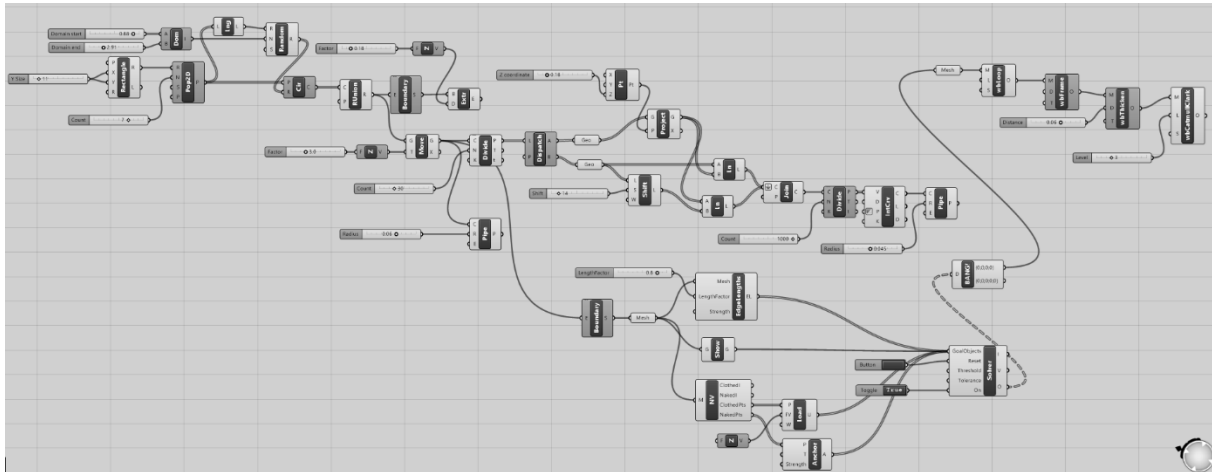


FIGURA 128. Algoritmo de crecimiento para el desarrollo de cubiertas (FIGURA 126) que se van a implantar en el contexto de la Plaza Chica para resolver problemática acústica. Fuente: Autoría propia.

Gracias a la programación de algoritmos por medio del programa Grasshopper se puede obtener un sinfín 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 plazas y estaciones como un sistema replicable y adaptable a su entorno inmediato.

Mediante el desarrollo de estos algoritmos de crecimiento se puede dar paso a experimentaciones formales que pueden ser implantadas en cualquier contexto, pero mediante el cual se buscó formas orgánicas debido a que el Micelio nos permite trabajar con cualquier forma que nos proyectemos debido a su fácil amoldamiento y adaptabilidad a los espacios.

#### 7.4.5. Diseño de Panelería con Micelio.

Mediante la unión de paneles elaborados con Micelio se recubriría la estructura de cubierta permitiendo de esta manera solventar los problemas de contaminación auditiva y adicionalmente permitirá seguridad y soporte a la estructura.

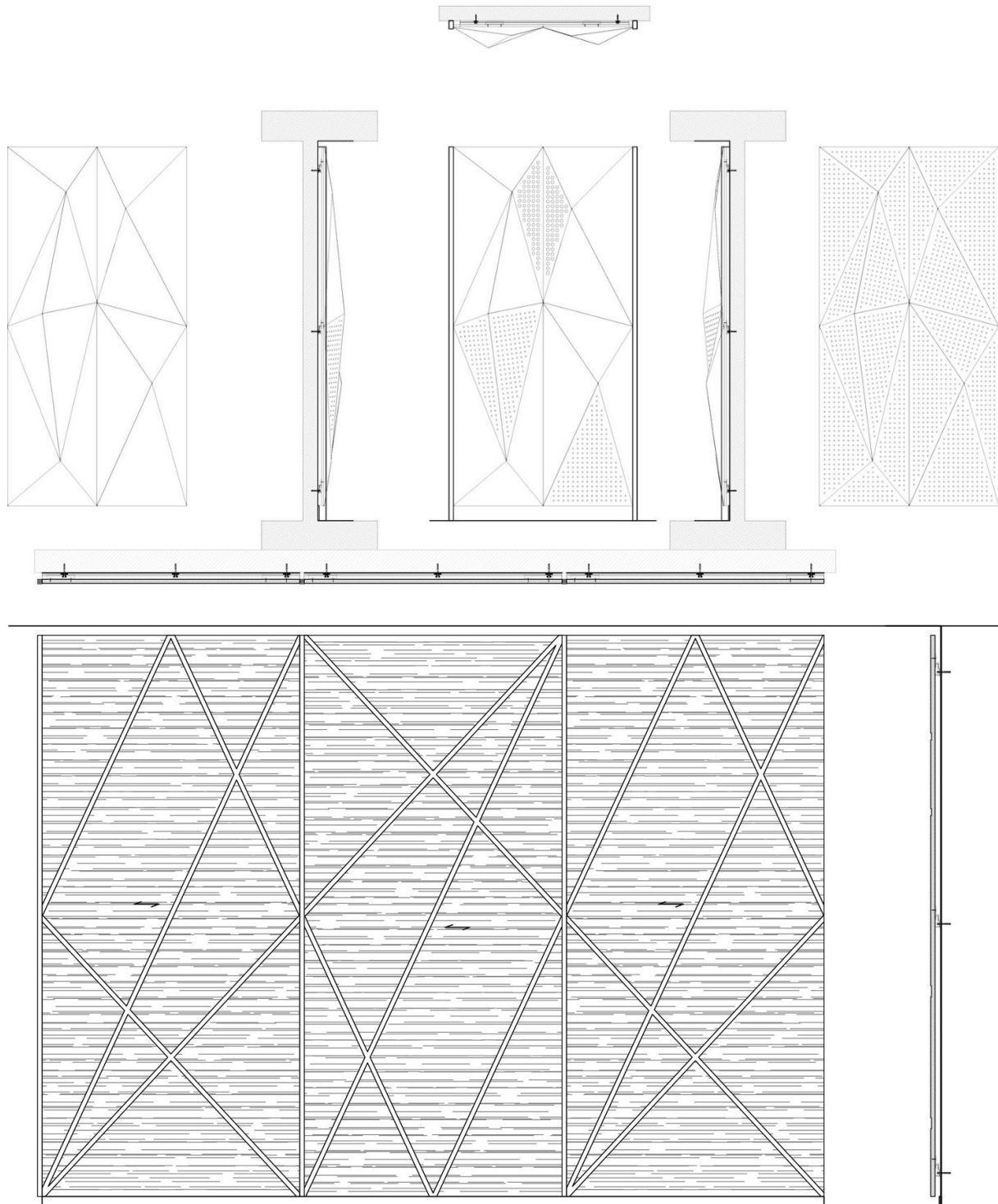


FIGURA 129. Desarrollo de paneles acústicos para recubrimiento de estructuras y cubierta del nuevo diseño de espacio de la Plaza Chica. Fuente: Autoría propia.

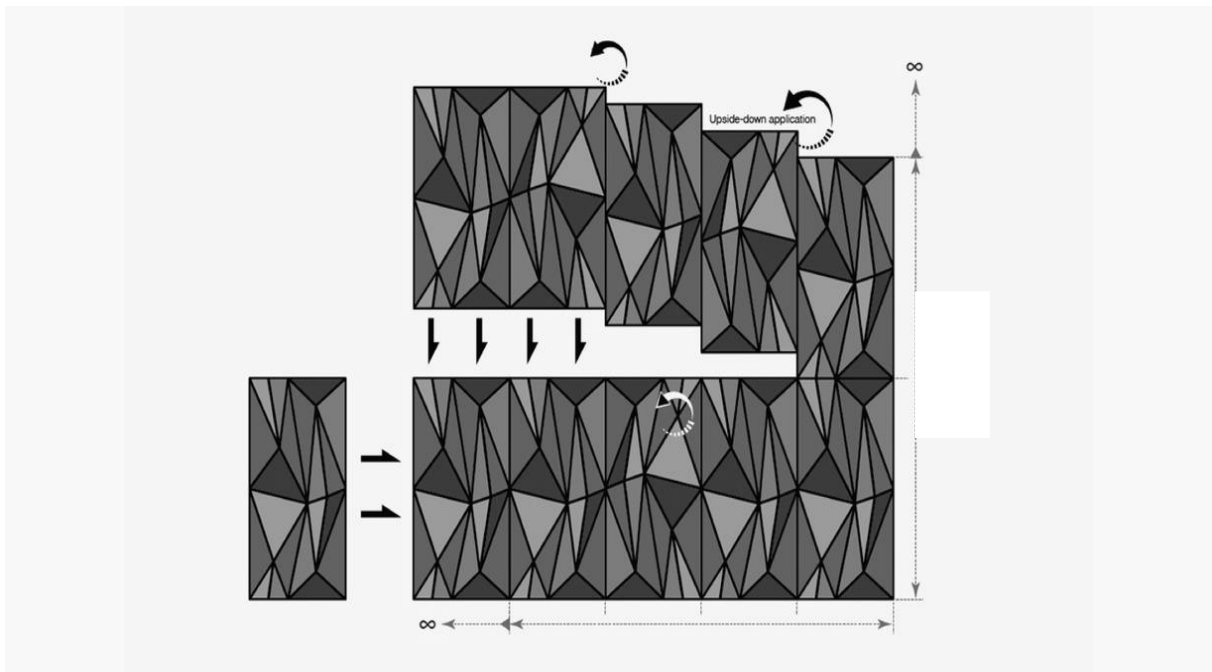
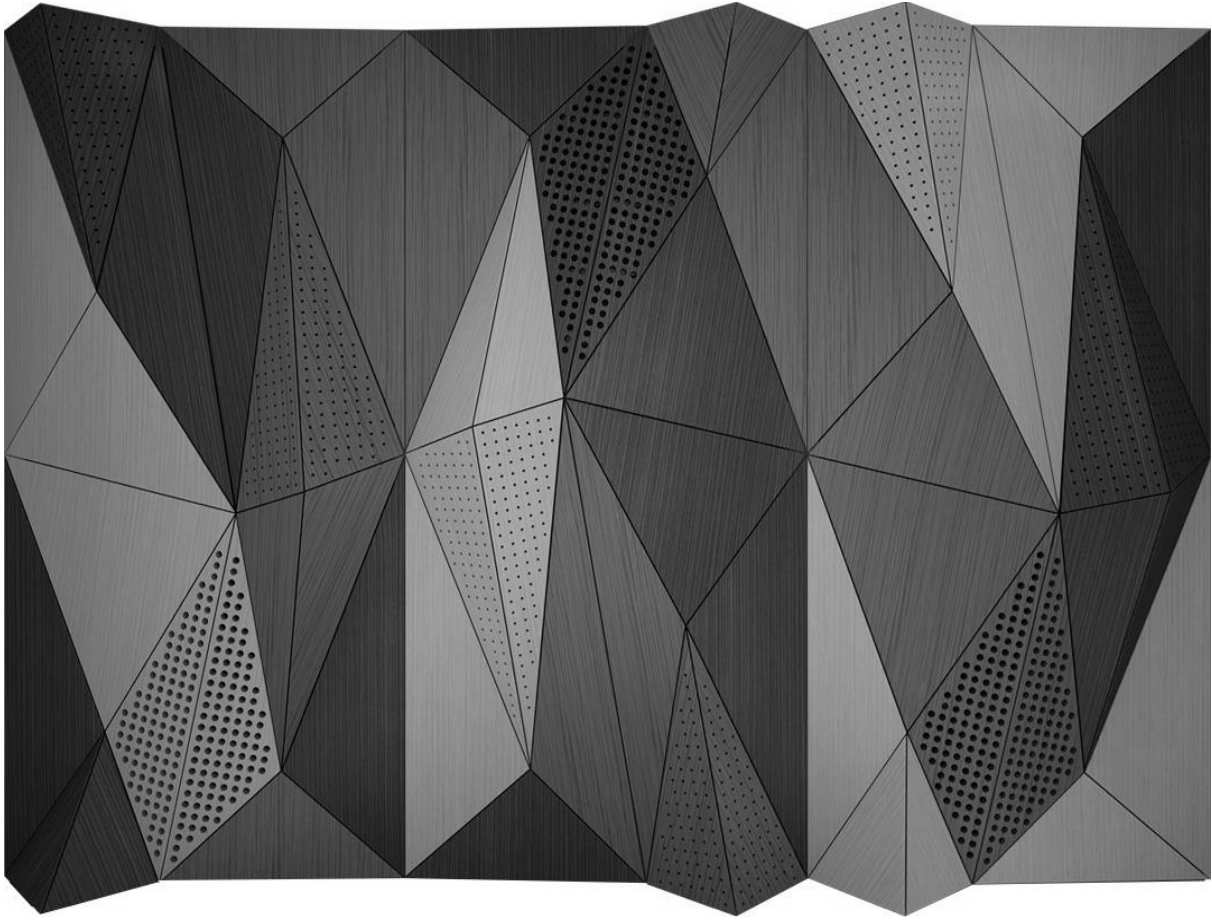


FIGURA 130. Desarrollo de paneles acústicos para recubrimiento de estructuras y cubierta del nuevo diseño de espacio de la Plaza Chica. Fuente: Autoría propia.



# PROYECTO

INTERVENCIÓN Y DISEÑO CON MICELIO EN LA  
PLAZA CHICA.  
CENTRO HISTÓRICO DE QUITO

7.4.6. Proyecto de intervención para mejoramiento de la Plaza Chica.

FIGURA 131: Implantación de la propuesta de intervención para mejoramiento del diseño de la Plaza Chica y construcción con Micelio.

Fuente: Autoría Propia.



FIGURA 132: Visualización de la propuesta de intervención para mejoramiento del diseño de la Plaza Chica y construcción con Micelio.  
Fuente: Autoría Propia.



FIGURA 133: Visualización de la propuesta de intervención para mejoramiento del diseño de la Plaza Chica y construcción con Micelio.  
Fuente: Autoría Propia.



FIGURA 134: Visualización de la propuesta de intervención para mejoramiento del diseño de la Plaza Chica y construcción con Micelio.  
Fuente: Autoría Propia.



FIGURA 135: Visualización de la propuesta de intervención para mejoramiento del diseño de la Plaza Chica y construcción con Micelio.  
Fuente: Autoría Propia.



FIGURA 136: Visualización de la propuesta de intervención para mejoramiento del diseño de la Plaza Chica y construcción con Micelio. Fuente: Autoría Propia.



FIGURA 137: Visualización de la propuesta de intervención para mejoramiento del diseño de la Plaza Chica y construcción con Micelio. Fuente: Autoría Propia.

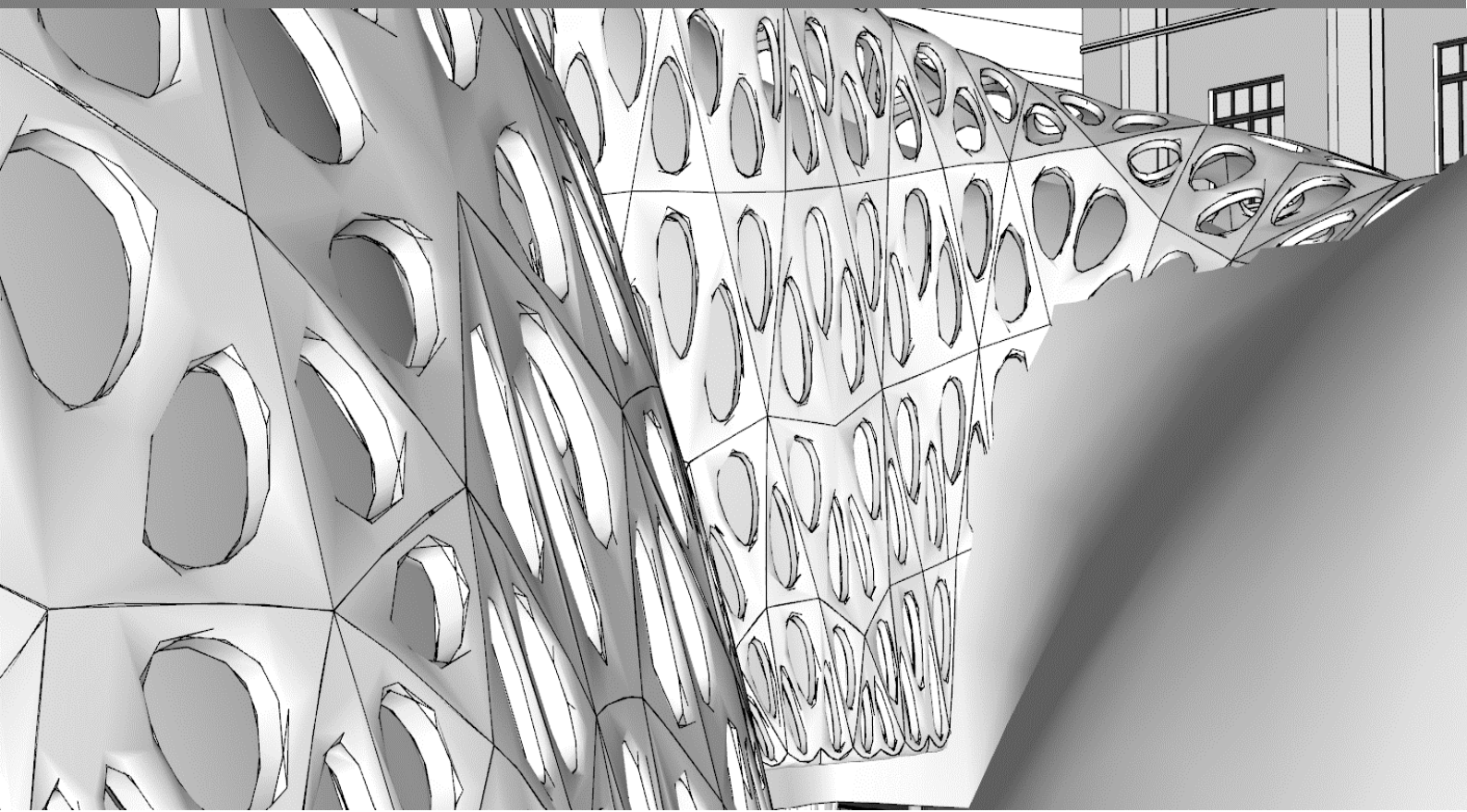
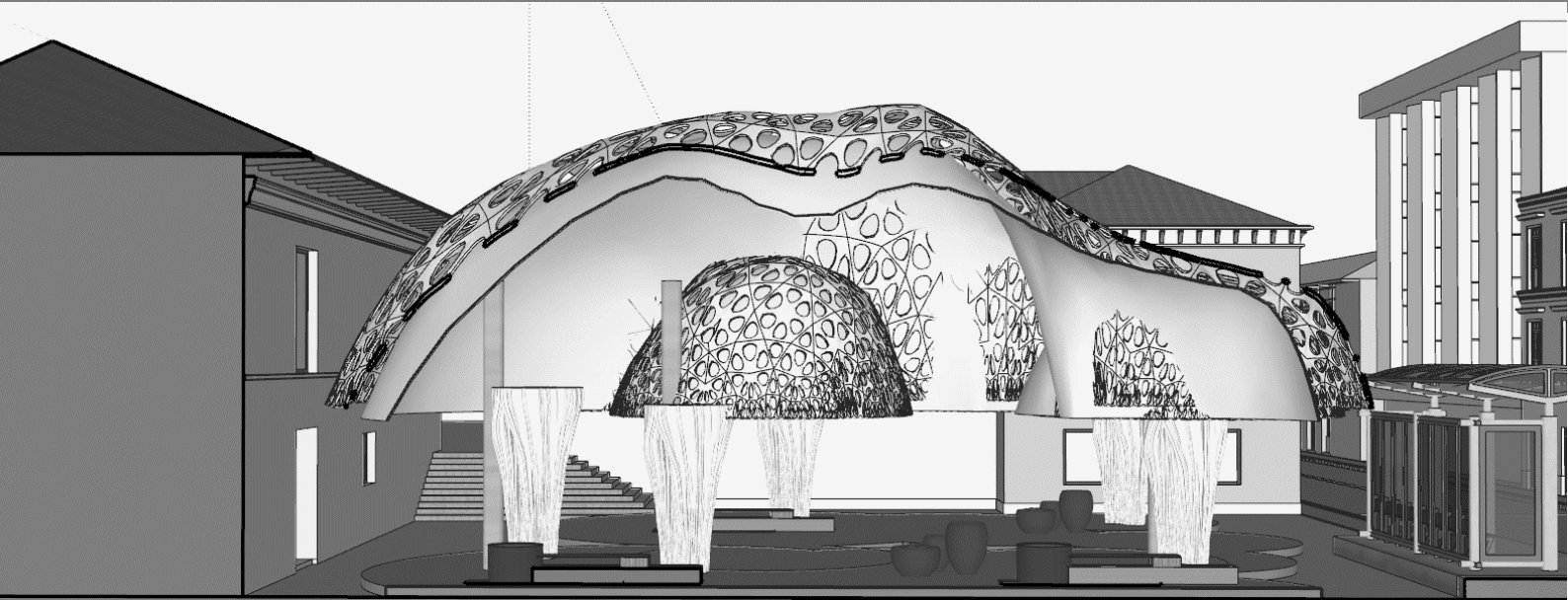
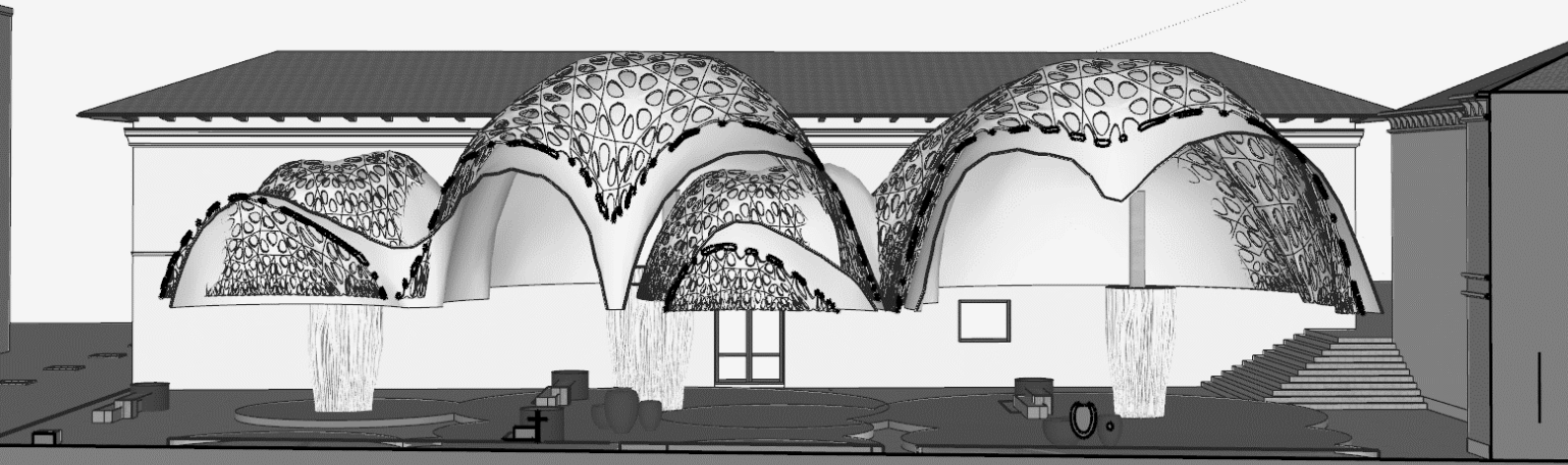
FIGURA 138: Visualización de la propuesta de intervención para mejoramiento del diseño de la Plaza Chica y construcción con Micelio. Fuente: Autoría Propia.



FIGURA 139: Visualización de la propuesta de intervención para mejoramiento del diseño de la Plaza Chica y construcción con Micelio. Fuente: Autoría Propia.



FIGURA 140: Secciones del envoltente.  
Fuente: Autoría Propia.



# CAPÍTULO VIII

---

RECOMENDACIONES DE  
USO DE FABRICACIÓN



## 8. RECOMENDACIONES DE USO O DE FABRICACIÓN.

El sector de la construcción es uno de los sectores productivos más contaminantes del mundo, pero a su vez es un sector que no puede parar su actividad, este genera la mayor cantidad de residuos al medio ambiente afectando cada día a los ecosistemas del mundo, es por esta razón que el uso del micelio actualmente debe ir transformando la mentalidad del mundo entero, ya que este material nos permite adaptarnos a cualquier entorno, es un material que mejorará el impacto en nuestro ecosistema debido a que al ser un material biodegradable y de bajo consumo energético, no generará demasiada huella ambiental y sobre todo es un material de fácil amoldamiento que permitirá ir generando soluciones alternativas a los materiales tradicionales constructivos.

Es necesario tomar en cuenta que la fabricación con micelio se la puede realizar sobre sustratos naturales que incrementaran la rapidez de desarrollo y crecimiento del micelio en los diferentes moldes.

En cuanto a costos el micelio es un material más económico en relación con otros sistemas constructivos como se indicó en la figura 64, es por esta razón que desarrollar este material es sumamente importante para todos los que nos encontramos en el ámbito constructivo, nos permitirá conocer y ampliar nuestra posibilidades de diseño mejorando así la estética y la funcionalidad de los espacios que nos proyectemos.

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.

Esta investigación tuvo como objetivo principal, el dar a conocer el micelio como un material de diseño arquitectónico y de construcción, mediante la explotación de sus principales características como elemento de absorción acústica, sus propiedades de compresión y tensión, las cuales hacen que este material sea sumamente resistente y pueda ser considerado a nivel estructural, y sobre todo su fácil adaptabilidad al entorno. Es por esta razón que se propone en la plaza Chica, una intervención con estructuras de micelio, con paneles acústicos que mejoran la problemática de ruido al interior de la plaza y con la creación de mobiliario que permitirá un consumo económico menor y un diseño más innovador.

Para finalizar esta investigación, se puede concluir que, a través de la arquitectura paramétrica, de su estudio y de los programas utilizados en la misma, el acercamiento a cómo funciona la naturaleza y cómo los seres humanos la mimetizamos es más directo y exacto. Esto quedó plasmado en los gráficos realizados en Grasshopper, donde se imitó el crecimiento del Micelio. Gracias a estos mismos principios, se logró exponer otro objetivo principal, el plantear una solución estética y funcional para la Plaza Chica ubicada en Quito, donde a través de estructuras y paneles de micelio, la plaza se convierte en un lugar más estético, menos sonoro, con un costo bajo de construcción (a comparación de otros materiales clásicos constructivos como el hormigón, la madera, entre otros) y más usado por los usuarios, ya que el propio material llama la atención e invita a ingresar a la plaza.

## BIBLIOGRAFÍA

- 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\\_Disenio\\_parametrico\\_en\\_Arquitectura\\_a\\_metodo\\_tecnicas\\_y\\_aplicaciones](https://www.researchgate.net/publication/270520542_Disenio_parametrico_en_Arquitectura_a_metodo_tecnicas_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-biomimetica-que-podemos-aprender-de-la-naturaleza>
- ArchDaily en Español. (18 de noviembre de 2013). *ArchDaily en Español*. Obtenido de [https://www.archdaily.cl/cl/02-310432/centro-heydar-aliyev-zaha-hadid-architects?ad\\_medium=gallery](https://www.archdaily.cl/cl/02-310432/centro-heydar-aliyev-zaha-hadid-architects?ad_medium=gallery)
- 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 mmicelio 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)
- BBVA. (25 de Octubre de 2021). *¿Qué son los biomateriales y cómo se usan en la construcción sostenible?* Obtenido de <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-son-los-biomateriales-y-como-se-usan-en-la-construccion-sostenible/>
- Biodiversidad, C. N. (s.f.). *Biodiversidad Mexicana*. Obtenido de <https://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/quees>
- 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/>
- Ceballos, I. (Junio de 2022). *LA ANASTOMOSIS EN LOS HONGOS. ANASTOMOSIS*. Bogota, Colombia.
- Cervera, A. (Febrero de 2020). *SIMBIOTA*. Obtenido de <https://www.simbiotia.com/biomimesis/>
- Civiles, C. 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/>
- Concepto, E. (2022). *Reino Fungi*. Obtenido de <https://concepto.de/reino-fungi/>

- conocer, J. L.-P. (25 de Marzo de 2016). *Plaza Chica*. Obtenido de <https://www.porconocer.com/ecuador/plaza-chica-de-quito.html>
- coworks, M. (Noviembre de 2022). *Mycoworks*. Obtenido de <https://www.mycoworks.com/>
- Cristina. (26 de marzo de 2015). *JM3 Studio*. Obtenido de <https://jm3studio.com/galaxy-soho-diseno-curvas-y-controversia/>
- Dahmen, J. (12 de 12 de 2022). *The University of British Columbia*. Obtenido de <https://sala.ubc.ca/work/mycelium-mockup>
- Dejtjar, F. (27 de Octubre de 2021). *Construyendo con hongos en Argentina: El Refugio Fúngico a base de micelio en Bariloche*. Obtenido de <https://www.archdaily.cl/cl/970923/construyendo-con-hongos-en-argentina-el-refugio-fungico-a-base-de-micelio-en-bariloche>
- DIA, E. (1 de Abril de 2022). *EL DIA*. Obtenido de <https://www.eldia.com/nota/2022-4-1-3-20-0-diseno-de-autos-tecnologia-inspirada-en-la-naturaleza-vehiculos>
- Dobrowolska, K. (04 de Marzo de 2021). *ARCHDESK*. Obtenido de CONSEJOS PARA LA CONSTRUCCIÓN, NOTICIAS Y BUENAS PRÁCTICAS: <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>.
- DOBROWOLSKA, K. (Marzo de 2023 ). *¿Cómo afecta la construcción al medio ambiente?* Obtenido de <https://archdesk.com/es/blog/como-afecta-la-construccion-al-medio-ambiente/>
- Ecovative. (2023). *Ecovative*. Obtenido de <https://www.ecovative.com/>
- Enrique Cesar, V. M. (19 de Mayo de 2021). *INECOL Instituto de Ecología A.C.* Obtenido de Material biodegradable a base de hongos: <https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/ct-menu-item-25/ct-menu-item-27/17-ciencia-hoy/1384-material-biodegradable-a-base-de-hongos>
- Enshassi, A. (s.f.). *Evaluación de los impactos medioambientales de los proyectos de construcción*. Obtenido de [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-50732014000300002](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50732014000300002)
- Erakundea, E. E. (s.f.). *Eustat*. Obtenido de [https://www.eustat.eus/documentos/opt\\_0/tema\\_454/elem\\_12583/definicion.html#:~:text=Definici%C3%B3n%20Reutilizaci%C3%B3n&text=Es%20cualquier%20operaci%C3%B3n%20mediante%20la,para%20la%20que%20fueron%20concebidos](https://www.eustat.eus/documentos/opt_0/tema_454/elem_12583/definicion.html#:~:text=Definici%C3%B3n%20Reutilizaci%C3%B3n&text=Es%20cualquier%20operaci%C3%B3n%20mediante%20la,para%20la%20que%20fueron%20concebidos).
- Estació, S. (s.f.). *BIOMATERIALES DE CONSTRUCCIÓN: DEFINICIÓN Y TIPOS*. Obtenido de <https://serveiestacio.com/blog/biomateriales-de-construccion-definicion-y-tipos/#:~:text=Un%20biomaterial%20es%20aquel%20material,y%20tambi%C3%A9n%20despu%C3%A9s%20de%20como%20residuo>.
- Etecé, E. (2023). *Concepto*. Obtenido de <https://concepto.de/capa-de-ozono/>

- Fernando, L. H. (13 de Junio de 2017). *Técnicas Biomiméticas aplicadas a la arquitectura*. *Técnicas Biomiméticas aplicadas a la arquitectura*. Madrid, España.
- 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/>
- Jung. (12 de 12 de 2022). *World Architects*. Obtenido de <https://www.world-architects.com/en/architecture-news/works/mycotree>
- 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%A>Dndole.
- Mok, K. (11 de octubre de 2018). *Treehugger*. Obtenido de <https://www.treehugger8.net/mushroom-mycelium-timber-furniture-sebastian-cox-ninela-ivanova-4857413>
- Morby, A. (20 de junio de 2017). *dezeen*. Obtenido de <https://www.dezeen.com/2017/06/20/aleksi-vesaluoma-mushroom-mycelium-structure-shows-potential-zero-waste-architecture/>
- Muñoz, A. (1 de mayo de 2018). *ElleDecor*. Obtenido de <https://www.elledecor.com/es/arquitectura/g20972396/oculus-de-calatrava-world-trade-center/>
- naturales, G. G. (2018). *GRN Gestión en recursos naturales*. Obtenido de <https://www.grn.cl/impacto-ambiental.html>
- NIH. (s.f.). *Instituto Nacional del Cancer*. Obtenido de <https://www.cancer.gov/espanol/publicaciones/diccionarios/diccionario-cancer/def/nanopartcula>
- 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>
- 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

- 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)
- Raymi, G. (Abril de 2023). *Go Raymi*. Obtenido de <https://www.goraymi.com/es-ec/pichincha/quito/calles-barrios/centro-historico-quito-a14iwygak>
- 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.>
- 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>
- Roldán, P. N. (01 de Agosto de 2020). *economipedia*. Obtenido de <https://economipedia.com/definiciones/contaminacion.html>
- Ross, P. (12 de 12 de 2022). *Fathomers*. Obtenido de [fathomers.org/philross](https://fathomers.org/philross)
- 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/>
- Significados. (8 de noviembre de 2022). *Reino Fungi*. Obtenido de <https://www.significados.com/reino-fungi/>
- Significados. (2023). *Significados*. Obtenido de <https://www.significados.com/recursos/>
- Smith, H. K. (2006). *Innovation inspired by nature*. Ecos.
- Socialab. (s.f.). *Micelio - biomaterial*. Obtenido de <https://comunidad.socialab.com/challenges/idi2017idea/idea/48068>
- Studio, B. (10 de Abril de 2022). *Construction Supply magazine*. Obtenido de <https://constructionupplymagazine.com/blogs/arquitectura/blast-studio-imprime-una-columna-en-3d-a-partir-de-micelio-para-crear-una-arquitectura-que-podria-alimentar-a-las-personas>
- UMACON. (s.f.). *Reutilizar materiales de construcción después de una demolición*. Obtenido de <http://www.umacon.com/imprimir.php/es/reciclar-materiales-construccion/440/1>

Universo, E. (s.f.). *Micelio, el nuevo material de construcción sostenible*. Obtenido de <https://www.eluniverso.com/larevista/disenio/micelio-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>

Wainwright, O. (2023). *Arquitectura Viva*. Obtenido de <https://arquitecturaviva.com/obras/museo-louvre-abu-dabi#lg=1&slide=6>

Wikiarquitectura. (2023). *Wikiarquitectura*. Obtenido de <https://es.wikiarquitectura.com/edificio/oculus-estacion-del-world-trade-center/>

ArchDaily. (s.f.). *¿Qué son los biomateriales en la arquitectura?* Obtenido de <https://decor.design/es/que-son-los-biomateriales-en-la-arquitectura/>

## 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\_\_\_\_\_

Anexo 02:

Fotografías de elaboración de molde y creación de bloque de micelio.







Anexo 03:

Fotografías de micelio y bloques.



Anexo 04:

Fotografías del estado actual de la plaza chica y estación de trole bus.



