

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Arquitectura y Diseño Interior

**Balanceador Hídrico
Agua+Habitar**

María José Cárdenas Torres

Pamela Anahid Chamorro Lara

Arquitectura

Trabajo de fin de carrera presentado como requisito
para la obtención del título de
Arquitecta

Quito, 13 de mayo de 2025

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Arquitectura y Diseño de Interior

HOJA DE CALIFICACIÓN DE TRABAJO DE FIN DE CARRERA

**Balanceador Hídrico
Agua+Habitar**

María José Cárdenas Torres

Pamela Anahid Chamorro Lara

Nombre del profesor, Título académico

Arq. Jaime López Andrade, PhD

Quito, 13 de mayo de 2025

DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Nombres y apellidos: María José Cárdenas Torres
Pamela Anahid Chamorro Lara

Código: 00211576
00322108

Cédula de identidad: 1726810482
1753095858

Lugar y fecha: Quito, mayo de 2025

ACLARACIÓN PARA PUBLICACIÓN

Nota: El presente trabajo, en su totalidad o cualquiera de sus partes, no debe ser considerado como una publicación, incluso a pesar de estar disponible sin restricciones a través de un repositorio institucional. Esta declaración se alinea con las prácticas y recomendaciones presentadas por el Committee on Publication Ethics COPE descritas por Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing, disponible en <http://bit.ly/COPETheses>.

UNPUBLISHED DOCUMENT

Note: The following capstone project is available through Universidad San Francisco de Quito USFQ institutional repository. Nonetheless, this project – in whole or in part – should not be considered a publication. This statement follows the recommendations presented by the Committee on Publication Ethics COPE described by Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing available on <http://bit.ly/COPETheses>.

RESUMEN

Este trabajo presenta una propuesta integral para la regeneración del río Machángara en Quito, abordando su deterioro ambiental, social y urbano. A partir de un análisis histórico, geográfico y morfológico, se plantea el plan maestro *Machay: Ally Yaku*, inspirado en modelos internacionales y adaptado al contexto local. El enfoque articula sistemas verde, azul y gris para recuperar la cuenca hidrográfica mediante soluciones basadas en la naturaleza, tratamiento descentralizado de aguas y creación de comunidades hídricas. El proyecto busca restaurar la relación entre ciudad y río, mejorar la resiliencia climática y convertir al Machángara en un eje estructurante del paisaje urbano. Como caso aplicado, se desarrolló una infraestructura biomimética para acelerar la recarga de acuíferos en Cumbayá. Esta propuesta refleja una visión sostenible, adaptable y simbiótica del territorio.

Palabras clave: río Machángara, regeneración urbana, comunidad hídrica, Suds, Quito, resiliencia, ciudad esponja, infiltración, acuíferos, biomimética.

ABSTRACT

This work presents a comprehensive proposal for the regeneration of the Machángara river in Quito, addressing its environmental, social, and urban degradation. Based on historical, geographical, and morphological analysis, the master plan Machay: Ally Yaku is proposed, inspired by international models and adapted to the local context. The approach integrates green, blue, and gray systems to restore the watershed through nature-based solutions, decentralized water treatment, and the creation of water-centered communities. The project aims to rebuild the relationship between the city and the river, enhance climate resilience, and transform the Machángara into a structuring axis of the urban landscape. As an applied case, a biomimetic infrastructure was developed to accelerate aquifer recharge in Cumbayá. This proposal reflects a sustainable, adaptable, and symbiotic vision of the territory.

Keywords: Machángara river, urban regeneration, water community, SUDS, Quito, resilience, sponge city, infiltration, aquifers, biomimetics.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	11
DESARROLLO.....	12
a) El río Machángara.....	12
i. Geografía y ubicación.....	12
ii. Estado actual.....	14
b) Plan maestro para la regeneración del río	15
i. Marco general.....	15
ii. Sistemas.....	18
iii. Comunidades hídricas.....	23
c) Infraestructura habitable: agua+habitar	26
i. Concepto.....	26
ii. Realización de la forma	28
iii. Otros componente del diseño.....	30
CONCLUSIONES.....	31
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	32
ANEXO 1: PLANIMETRÍA: DIAGRAMAS, IMPLANTACIÓN, PLANTAS, CORTES Y FACHADAS	34
ANEXO 2: MAQUETAS: FOTOGRAFÍAS DE LAS MAQUETAS FINALES SOBRE FONDO NEGRO	38
ANEXO 3: DOCUMENTACIÓN DEL PROCESO DE DISEÑO: FOTOGRAFÍAS Y PLANOS ANTERIORES ORGANIZADOS SECUENCIALMENTE DESDE EL INICIO HASTA EL FINAL	39

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Afluentes del río Machángara. [Mapa].....	13
Figura 2. Marcos de Acción. [Mapa].....	16
Figura 3. Regla del río. [Ilustración].....	17
Figura 4. Sistema Verde: Propuesta plan maestro. [Mapa].	18
Figura 5. Sistema Verde-Azul: Propuesta plan maestro. [Mapa]	19
Figura 6. Sistema Azul-Gris: Propuesta plan maestro. [Mapa]	20
Figura 7. ODS Plan maestro Machay. [Ilustración].....	20
Figura 8. Recuperación de franja de protección. [Mapa]	21
Figura 9. Barrios con baja densidad poblacional en Quito. [Mapa]	22
Figura 10. Zonas con potencial a ser zonas de sinergia en Quito. [Mapa]	22
Figura 11. Plan maestro Machay [Mapa].....	23
Figura 12. Corte transversal Cumbayá [Dibujo].....	24
Figura 13 Propuesta urbana Cumbayá [Mapa]	26
Figura 14 Ciclo Hidrológico vs. Ciudad [Diagrama]	27
Figura 15 Caudal ideal del río [Diagrama]	28
Figura 16 Capas Geológicas [Diagrama].....	28
Figura 17 Interfaz modelo final Rhino-8 [Captura de Pantalla]	29
Figura 18 Patrón de Voronoi generado en Rhino 8 mediante Grasshopper [Captura de Pantalla].....	30
Figura 19. Implantación [Dibujo]	34
Figura 20. Planta Baja [Dibujo]	35
Figura 21. Planta Subterránea -12m [Dibujo].....	35

Figura 22. Fachadas [Dibujo]	36
Figura 23. Corte por fachada [Dibujo].....	36
Figura 24. Corte por fachada [Dibujo].....	37
Figura 25 Maqueta Final Impresión 3D [Fotografía]	38
Figura 26 Maqueta Final Impresión 3D: prototipos estructura [Fotografía]	38
Figura 27. Láminas concepto [Dibujo]	39
Figura 28. Maqueta estudio procesos: Cumbayá [Fotografía].....	39
Figura 29. Maqueta concepto: agua+habitar II. [Fotografía].....	40
Figura 30. Maqueta concepto: agua+habitar [Fotografía]	40
Figura 31. Maqueta estudio de la forma: raíz-cilo (material: plastilina). [Fotografía]..	40
Figura 32. Maqueta estudio de la forma: raíz-cilo (material: plastilina y oasis). [Fotografía]	40
Figura 33. Maqueta escala: 750. Anteproyecto 1. [Fotografía]	41
Figura 34. Maqueta escala: 750. Anteproyecto 1. [Fotografía]	41
Figura 35. Implantación maqueta escala 750.Anteproyecto 1. [Fotografía]	41
Figura 36. Prototipo de maqueta en yeso con su molde en silicona. [Fotografía].....	42
Figura 37. Prototipo 2 de maqueta en yeso y resina dental. [Fotografía].	42
Figura 38. Prototipo 1 de maqueta en yeso y resina dental. [Fotografía].	42
Figura 39. Retiro de pieza de yeso de su molde de silicona. [Fotografía].....	42
Figura 40. Prototipo en oasis y yeso. [Fotografía].....	43
Figura 41. Entrega anteproyecto 1. [Fotografía].....	43
Figura 42. Prototipos de raíz en material "oasis". [Fotografía].....	44
Figura 43. Primeros prototipos en impresión 3D. [Fotografía].	44
Figura 44. Lámina 1: Anteproyecto 2. [Dibujo].	45
Figura 45. Lámina 2: Anteproyecto 2. [Dibujo]	45

Figura 46. Lámina 3: Anteproyecto 2. [Dibujo]	46
Figura 47. Planta baja: Anteproyecto 2 [Dibujo].....	46
Figura 48. Maqueta escala 750: Anteproyecto 2 [Fotografía].....	47
Figura 49. Maquetas prototipos en escala 750: Anteproyecto 2. [Fotografía].	47
Figura 50. Maquetas detalle de estructura y maqueta en corte: Anteproyecto 2. [Fotografía]..	48
Figura 51. Impresión 3D: Detalle de estructura/capas de muros y columnas [Fotografía].. ..	48
Figura 52. Diagramas: Anteproyecto 3 [Dibujo]	49
Figura 53. Implantación: Anteproyecto 3 [Dibujo]	49
Figura 54. Fachadas: Anteproyecto 3 [Dibujo]	50
Figura 55. Planta baja: Anteproyecto 3. [Dibujo].....	50
Figura 56: Planta -12m [Dibujo]	51
Figura 57. Plantas arquitectónicas -29m [Dibujo]	51
Figura 58 Corte transversal: Anteproyecto 3 [Dibujo]	52
Figura 59 Corte longitudinal: Anteproyecto 3 [Dibujo]	53

INTRODUCCIÓN

Este trabajo final plantea una propuesta integral para la regeneración del río Machángara, cuerpo de agua históricamente central en Quito pero actualmente degradado por la urbanización desordenada, la contaminación y la desconexión con su entorno. El diagnóstico parte del reconocimiento de su deterioro ambiental, social y urbano, lo que evidencia la necesidad de repensar su rol dentro de la estructura de la ciudad. En el contexto ecuatoriano, donde los ríos han sido marginados por el desarrollo urbano, el Machángara representa una oportunidad para aplicar enfoques sostenibles que restauren su función ecológica y simbólica. Desde el urbanismo y la arquitectura, el tema cobra relevancia por su potencial de transformación del paisaje y su capacidad de articular espacio público, biodiversidad y comunidad.

El plan maestro propuesto, *Machay: Ally Yaku*, se basa en tres enfoques —verde, azul y gris— e introduce el concepto de comunidades hídricas como estrategia de integración territorial. Este documento incluye un análisis del contexto del río, la formulación del plan maestro y una propuesta aplicada para la parroquia de Cumbayá, que incorpora una infraestructura biomimética diseñada para acelerar la recarga de acuíferos.

A partir de esta base, el trabajo desarrolla los elementos que permiten entender el vínculo entre agua, ciudad y habitabilidad, como punto de partida para una nueva forma de planificar el territorio.

DESARROLLO

a) El río Machángara

i. Geografía y ubicación.

El río Machángara nace en las laderas del Guagua Pichincha y recorre toda la ciudad de Quito, desde el sureste hacia el norte, conectando zonas rurales, urbanas, residenciales e incluso industriales. Tiene una longitud aproximada de 24 km y atraviesa 33 barrios, desde Solanda (sur) hasta Nayón (norte). Sus aguas se unen en la parte norte con el río San Pedro y dan origen al río Guayllabamba

1. Historia del río.

En el pasado, el río Machángara fue una fuente vital para las comunidades que vivían en sus alrededores, con la expansión urbana y la industrialización, perdió su valor simbólico y funcional, convirtiéndose en una alcantarilla abierta que recoge aguas residuales.

2. Componentes geográficos del río.

El río Machángara se encuentra entre dos formaciones geográficas predominantes: el Rucu Pichincha y el Ilaló. Nace en las laderas orientales del cerro Atacazo, drena las pendientes del volcán Pichincha y es alimentado por los caudales del río Grande y quebradas como Ortega y Rumipamba. A lo largo del tiempo, varios de sus afluentes y quebradas han sido rellenados o canalizados. Actualmente, se estima que existen aproximadamente 711 km de quebradas rellenas.

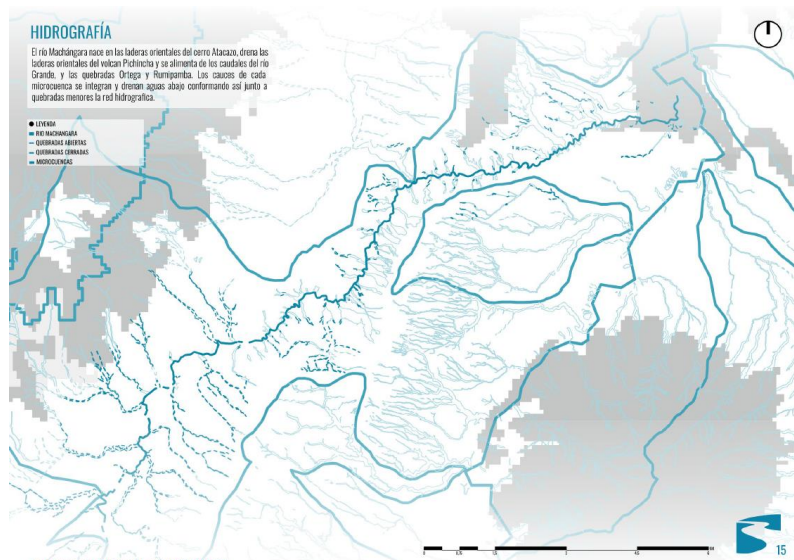


Figura 1. Afluentes del río Machángara. [Mapa]. Elaborado por López et al. (2024). Fuente: geoportalquito.gob.ec.

3. Interacción actual con la morfología de Quito.

El río Machángara refleja la historia y transformación de Quito. El crecimiento poblacional ha impactado su curso, por lo que se analizaron períodos clave para entender su relación con la ciudad. Se estudiaron tres zonas: A (Solanda-Villaflora), B (Centro-El Trébol) y C (Cumbayá-Nayón), mediante un mapeo morfológico desde 1888 hasta 2022, con planos históricos y Google Earth.

El desarrollo urbano a lo largo del río ha sido notable. En algunos sectores, el crecimiento ha sido tan acelerado que ha afectado su visibilidad y accesibilidad. Zonas que antes permitían observarlo ahora le dan la espalda. El Machángara se percibe como una barrera que divide Quito; muros, vías rápidas y canalizaciones separan sus riberas. Esta desconexión ha debilitado su vínculo con la población y ha hecho desaparecer su valor como espacio público, ecológico, cultural y recreativo. Por eso, el proyecto busca reintegrarlo a la memoria colectiva y a la morfología urbana.

ii. Estado actual.

Actualmente, el río Machángara se encuentra en condiciones críticas. Está contaminado principalmente por las descargas directas de aguas residuales domésticas, lixiviados e industriales.

1. Contaminación.

Aunque Quito cuenta con alcantarillado, muchos sectores aún vierten aguas sin tratamiento, deteriorando la calidad del río y su biodiversidad. Presenta altos niveles de contaminación por material fecal, metales pesados, sólidos y desechos domésticos, lo que impide su uso recreativo, agrícola y paisajístico. Por ello, su regeneración requiere estrategias de pretratamiento, biorremediación, control de descargas y soluciones basadas en la naturaleza.

2. Quebradas e inundaciones.

Las quebradas que alimentan el Machángara han sido progresivamente rellenadas y canalizadas, reduciendo su capacidad de absorción y de generar caudales base. Rellenarlas trae consecuencias graves como inundaciones. Es como tapar una vena: el agua busca otros caminos, causando daños en superficie y subsuelo. Además, se pierde capacidad de absorción y biodiversidad, y la erosión impide la infiltración hacia los acuíferos. El exceso de escorrentía afecta zonas no preparadas para recibir tanta agua.

3. Demanda.

La protección de los ríos ha ganado importancia en Ecuador desde la Constitución de 2008, que reconoció a la naturaleza como sujeto de derechos. En 2024, la Corte

Constitucional otorgó al río Machángara el derecho a ser protegido y ordenó su descontaminación con participación comunitaria. En 2022, también se dictaminó la recuperación del río Monjas. Estos precedentes dieron origen a la Ordenanza Verde-Azul, enfocada en restaurar los ríos de Quito mediante manejo sostenible del agua, participación ciudadana y sanciones por incumplimiento.

b) Plan maestro para la regeneración del río

Limpiar el río Machángara no es el único objetivo del proyecto. Se propone un plan integral enfocado en la recuperación de toda la cuenca hidrográfica del Machángara. Para mantener un río limpio, es indispensable que la ciudad y su desarrollo estén orientados a respetar el agua y aprender a habitar junto a ella.

i. Marco general.

1. Precedentes.

Los precedentes del plan maestro fueron el *Yamuna River Project* y el “*Los Ángeles River Master Plan*”. El “*Yamuna River Project*”, desarrollado en Nueva Delhi, fue un plan urbano-ecológico de restauración interdisciplinaria en una de las ciudades más contaminadas del mundo. Buscó recuperar el río como infraestructura social, cultural y ecológica. Su historia, similar a la del Machángara, inspiró ideas como: tratamiento descentralizado, espacios públicos como reactivadores, reconfiguración urbana, corredores ecológicos, visión a largo plazo e infraestructura híbrida. El “*Los Ángeles River Master Plan*” fue clave por su enfoque detallado en datos, cifras y análisis del entorno, base metodológica para este proyecto.

2. Metodología.

Asimismo, se utilizaron herramientas de Sistemas de Información Geográfica (GIS), que facilitaron la elaboración de mapas y la integración de datos espacialmente georreferenciados como topografía, tipo de suelo e infraestructura. Las herramientas empleadas fueron: ArcGIS Pro, QGIS y Google Earth Pro, lo que permitió el análisis mediante superposición de capas y una visualización clara de las interacciones entre elementos.

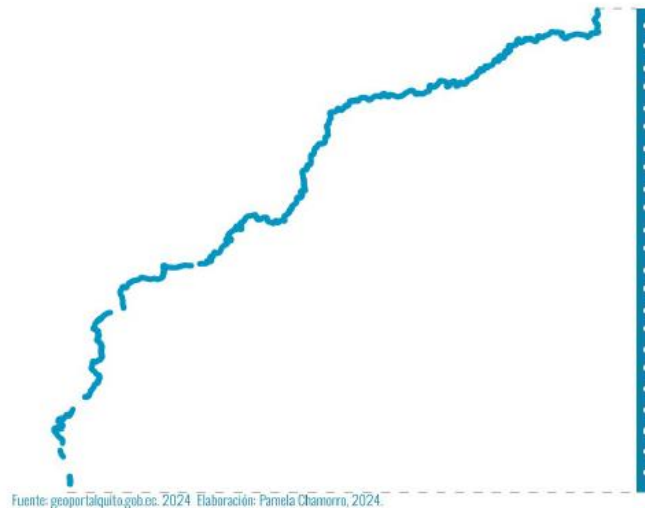


Figura 3. Regla del río. [Ilustración]. Elaborado por López et al. (2024). Fuente: LA River Master Plan.

Finalmente, se aplicó la metodología conocida como “Regla del Río”, inspirada en el Plan Maestro del Río de Los Ángeles. Esta técnica consiste en condensar la información, kilómetro por kilómetro, en una representación vertical continua. La regla proporciona una visión integral de las condiciones ambientales y sociales a lo largo de los 24 kilómetros del río, facilitando la identificación de variaciones y problemáticas a escala local.

3. Propuesta.

El plan maestro se llama *Machay: Ally Yaku*. Este plan cuenta con tres enfoques: el azul, que relaciona el agua como un servicio básico; el verde, que se refiere a los ecosistemas y la naturaleza; y el gris, que abarca a las personas e infraestructura. Todas las estrategias

El objetivo del sistema verde-azul es fortalecer la resiliencia de Quito frente a los eventos climáticos extremos mediante la implementación de un sistema de drenaje urbano sostenible, inspirado en el concepto de ciudad esponja. Las metas incluyen: disminuir el riesgo de inundaciones y sequías en poblaciones vulnerables, habitar con el agua, restaurar las riberas, gestionar de manera sostenible las aguas pluviales y mejorar la calidad del agua del río para cumplir con los estándares establecidos.

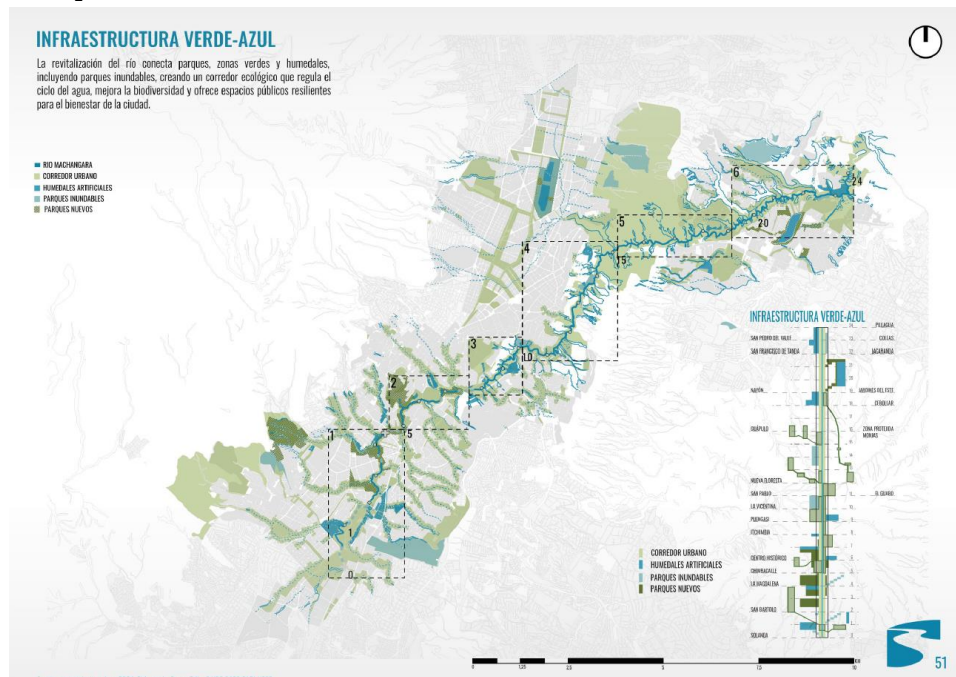


Figura 5. Sistema Verde-Azul: Propuesta plan maestro. [Mapa]. Elaborado por López et al. (2024). Fuente: geoportalquito.gob.ec.

El objetivo del sistema azul-gris es impulsar un modelo de gestión del agua en Quito que sea viable, socialmente inclusivo y ambientalmente sostenible. Las metas incluyen: reutilización de aguas grises y de lluvia, abastecimiento de agua potable a las comunidades, ciudad cero residuos, tratamiento de aguas residuales, integración de sistemas de bombeo y almacenamiento, e instalación de tuberías de doble circuito.

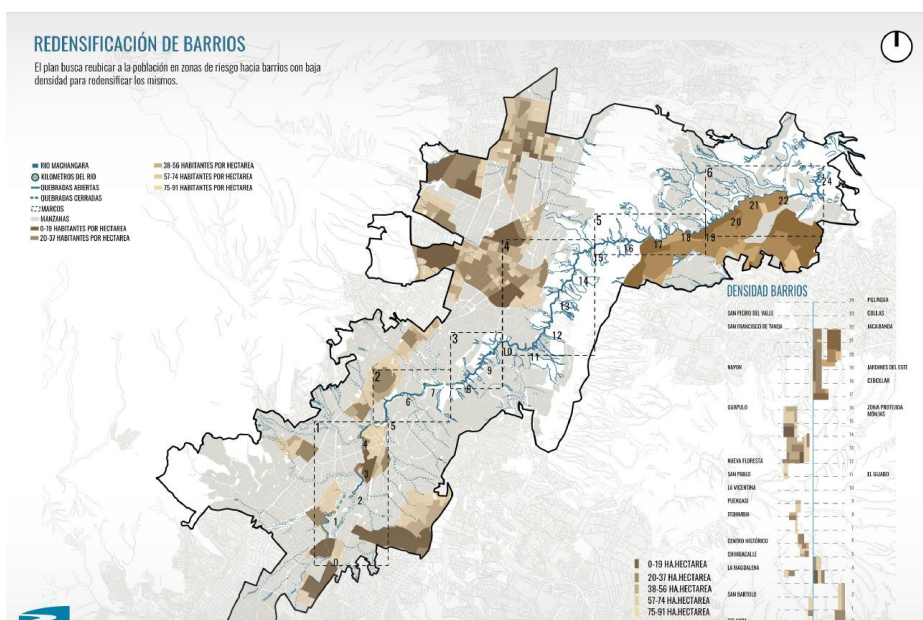


Figura 9. Barrios con baja densidad poblacional en Quito. [Mapa]. Elaborado por López et al. (2024). Fuente: geoportalquito.gob.ec.

También se analizó la accesibilidad desde la ciudad hacia el río, considerando el transporte público (paradas de bus, estaciones de transporte articulado y metro), puentes vehiculares y peatonales, y senderos urbanos potenciales a lo largo del río. Todo con el objetivo de mejorar la accesibilidad peatonal e interacción con el río.

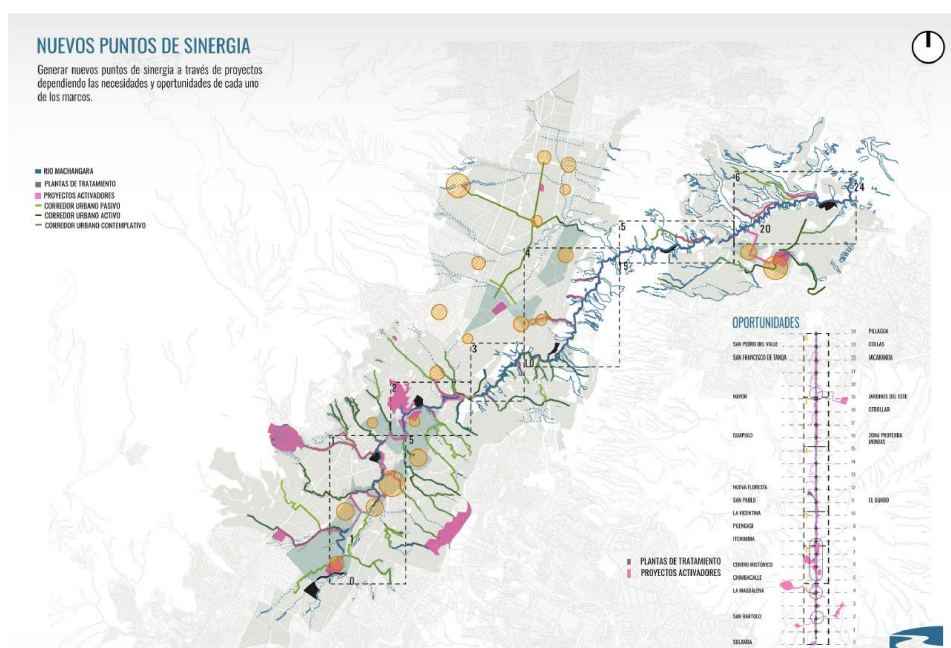


Figura 10. Zonas con potencial a ser zonas de sinergia en Quito. [Mapa]. Elaborado por López et al. (2024). Fuente: geoportalquito.gob.ec.

Dentro del plan maestro, los puntos de sinergia fueron clave, ya que se busca crear nuevos espacios de encuentro en zonas con potencial, aunque actualmente no se usan como tales. Estos puntos se mapearon según la cantidad de servicios y población beneficiada. Su desarrollo aprovechará las oportunidades de cada contexto: en algunos casos se reutilizará infraestructura deteriorada para generar proyectos híbridos; en otros, se ocuparán lotes vacantes para implementar iniciativas comunitarias.

Finalmente, se presenta el mapa final del plan maestro, que reúne todas las propuestas de los sistemas verde, azul, azul-gris, verde-azul y gris-verde-azul.

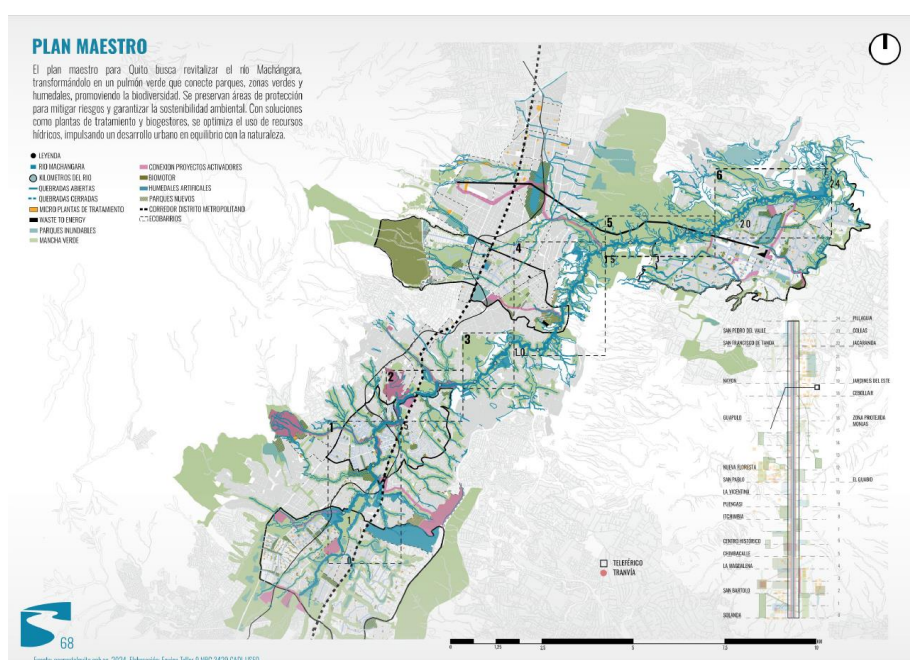


Figura 11. Plan maestro Machay [Mapa]. Elaborado por López et al. (2024). Fuente: geoportalquito.gob.ec.

iii. Comunidades Hídricas.

1. Concepto General.

Dentro del plan maestro se desarrolló el concepto de comunidades hídricas, entendidas como grupos que se articulan en torno al agua como eje del hábitat, la vida

cotidiana y la producción local. Estas comunidades no solo habitan un espacio físico, sino que coexisten de forma simbiótica con el agua y sus ciclos.

Su propósito es regenerar la relación entre personas y agua, promoviendo prácticas sostenibles y resilientes basadas en la naturaleza. Cada comunidad se adapta a su entorno, funcionando como una unidad dentro del plan. Es decir, hay comunidades hídricas en toda Quito, con respuestas distintas pero un mismo objetivo: reintegrar la protección y valor del agua en la vida diaria.

2. *Comunidad Cumbayá.*

La comunidad hídrica de Cumbayá cuenta con la presencia de dos ríos importantes: el río Machángara y el río San Pedro. Además, tiene varios afluentes que desembocan en el San Pedro. Aunque la mayoría de las quebradas no están rellenas, muchas no se perciben como parte del paisaje debido a que la mayoría de las viviendas dan la espalda a ellas, o porque están ocultas tras los muros de las urbanizaciones.



Figura 12. Corte transversal Cumbayá [Dibujo]. Elaborado por López et al. (2024). Fuente: Earth.pro

En Cumbayá, la integración de las personas con el río es casi inexistente. Su topografía encañonada impide un vínculo directo y no hay accesos adecuados hacia el cauce. Además, la forma orgánica y desordenada de los lotes genera tráfico vehicular, ya que solo existen dos rutas principales hacia el centro de la parroquia. Cumbayá también enfrenta una notable escasez de espacio público: predominan los conjuntos residenciales cerrados,

delimitados por muros visibles e invisibles, lo que dificulta el tránsito peatonal. Uno de los problemas más críticos es la falta de áreas verdes públicas. De los 131,5 m² existentes, apenas el 29 % es de acceso público, concentrado en El Chaquiñán y el parque del Reservorio; el resto corresponde a áreas privadas.

3. *Propuesta Cumbayá.*

Para la propuesta en Cumbayá se el sistema verde, se plantea un corredor continuo a lo largo de las quebradas y los bordes del río Machángara y San Pedro, generando un circuito que conecta ambos lados de la parroquia. Se incorpora además un sistema de separación de desechos y tratamiento descentralizado de aguas residuales mediante microplantas por manzana, complementadas con humedales y una planta central.

En cuanto al sistema verde-azul se trabajaron los jardines de agua lluvia basados en la topografía predominante dentro de Cumbayá, se analizó cada una de las pendientes de las calles por las cuales pasaran los jardines de agua lluvia para que por gravedad la escorrentía y lluvia desemboquen ya sean en humedales, parques inundables o en alguna planta de tratamiento para que sea lo más natural posible.

En el sistema azul-verde-gris, se propone descentralizar el manejo de desechos mediante microplantas en cada manzana. Además, se desarrollarán proyectos activadores en infraestructuras existentes y lotes vacantes, con un enfoque híbrido que combine funciones ambientales y sociales. Por ejemplo, espacios para el tratamiento del río Machángara que también operen como parque, museo o teatro. Esta estrategia se basa en el Plan Maestro del río Yamuna, tomado como referente.

Aquí se puede observar la propuesta final del plan maestro para Cumbayá.

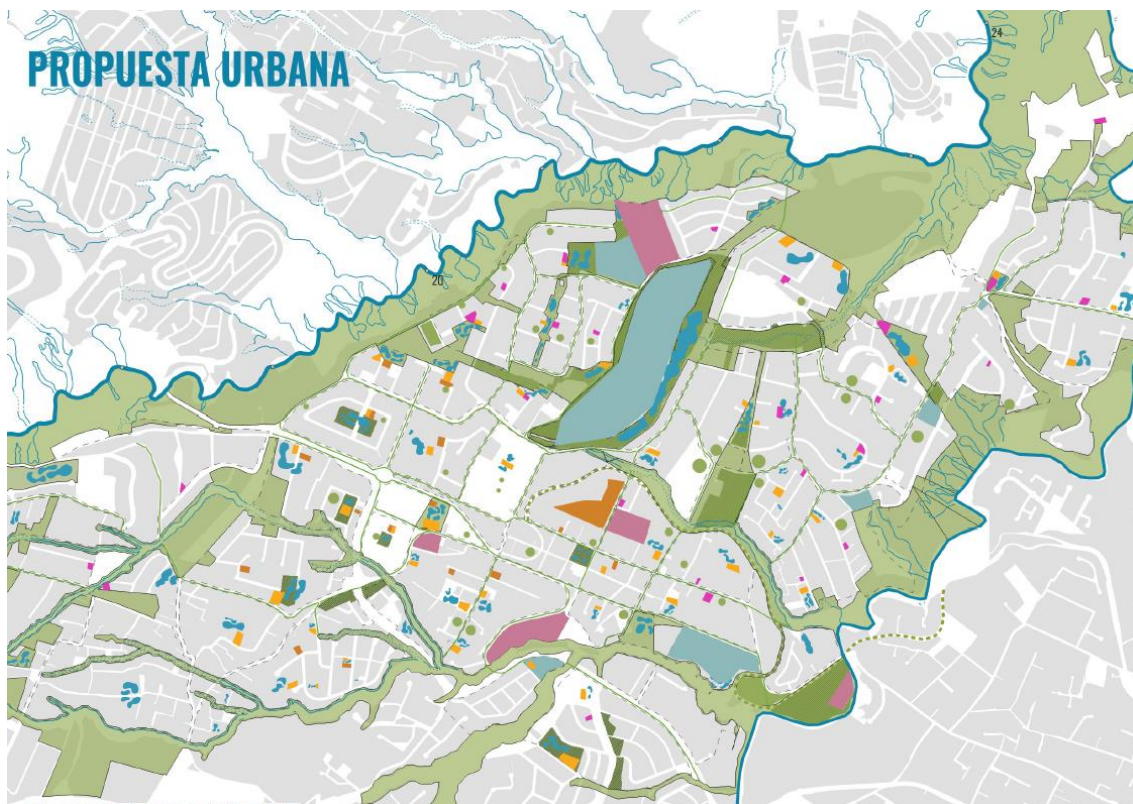


Figura 13 Propuesta urbana Cumbayá [Mapa]. Elaborado por López et al. (2024). Fuente: geoportalquito.gob.ec. 2024.

c) Infraestructura habitable: Agua + Habitar

i. Concepto.

1. Agua/Habitar.

El concepto de la infraestructura parte de entender qué es el agua en su definición más precisa: la sustancia central del ciclo hidrológico, donde se describe su transformación y cambios de estado. Este ciclo es un sistema dinámico y constante, cuyo orden no cambia, aunque sí las condiciones en que ocurre. Al añadir capas como la ciudad, la infraestructura y las personas, el equilibrio del ciclo sufre perturbaciones.



Figura 14 Ciclo Hidrológico vs. Ciudad [Diagrama]. Elaboración: Pamela Chamorro y María José Cárdenas, 2025.

Por otra parte, el habitar según Heidegger: es el modo esencial en el que los humanos existen en el mundo, este término está enraizado en el cuidado y pertenencia del ser.

Heidegger (1951) habla de que el habitar es estar en armonía con las cuaternidades: los divinos, el cielo, los mortales y la tierra. Es decir que para poder habitar debemos estar en simbiosis y en equilibrio en conjuntos a estos elementos. Heidegger menciona que solo quienes tienen una relación consciente con su entorno son aquellos quienes pueden habitar.

2. *Proceso ha acelerar.*

Para aplicar el concepto de *habitar el agua* en Cumbayá, se analizó el lugar, lo que permitió comprender que lo que sucede en la ciudad no ocurre únicamente en la superficie, sino también en el subsuelo, donde se encuentran cuerpos de agua como los acuíferos.

La geología de Cumbayá se caracteriza por su baja permeabilidad: los primeros 3 metros son sedimentos y los siguientes 10 están compuestos por cangagua, una piedra volcánica no permeable. Esto forma acuíferos confinados, es decir, entre capas impermeables y con baja recarga natural (Manciati, 2014). En este contexto, el acuífero Chiche tiene un proceso de recarga lento. Por eso, el objetivo es acelerar la infiltración de agua para mantener el balance hídrico, basado en el análisis de entradas y salidas en la comunidad.

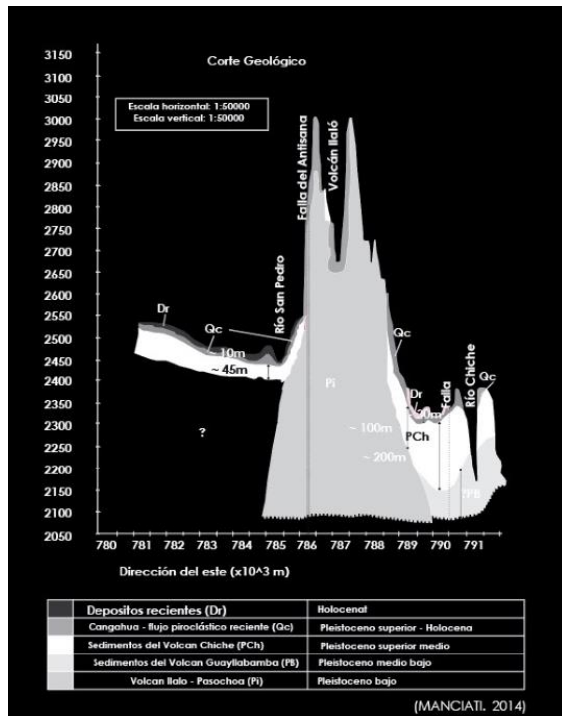


Figura 16 Capas Geológicas [Diagrama].
Elaboración: Pamela Chamorro y María José Cárdenas, 2025.

Por tanto, el objetivo de esta infraestructura es acelerar el proceso de infiltración, recolectando y tratando diferentes fuentes de agua (lluvia, aguas grises, escorrentía) para luego infiltrarlas y recargarlas en el acuífero. Así se mantiene un balance hídrico, reduciendo la dependencia de fuentes externas.

ii. Realización de la forma.

1. Justificación de la forma.

La infraestructura toma la forma de dos elementos naturales: el bosque (árboles) y la raíz. Las raíces, al crecer vertical y horizontalmente, inspiran una mimesis que permite romper la compactación del suelo como la capa de cangagua y generar canales naturales que facilitan la infiltración y recarga de acuíferos. En la superficie, la infraestructura imita la forma y altura de un árbol, capturando el agua lluvia tanto en su copa como en sus laterales.

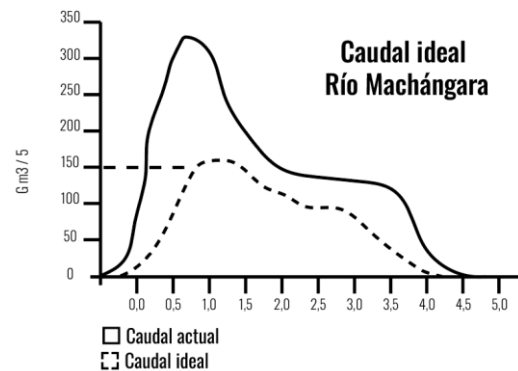


Figura 15 Caudal ideal del río [Diagrama].
Elaboración: Pamela Chamorro y María José Cárdenas, 2025.

Estas estructuras varían en altura, como ocurre en los bosques, para ampliar la superficie de captación de agua y sol.

2. Materiales y métodos utilizados para alcanzar la forma.

En el desarrollo de la forma de raíz, se comenzó con prototipos en bocetos (*sketches*) para definir su posible geometría y determinar las dimensiones necesarias según la profundidad requerida para atravesar la capa de cangahua. Posteriormente, se elaboraron maquetas con oasis floral, lo que permitió estudiar los llenos y vacíos en corte, simulando los huecos que conformarían la raíz. También se experimentó con materiales como plastilina, resina y yeso dental, con el objetivo de obtener una pieza tridimensional a partir del molde en oasis. Una vez finalizado este análisis, la raíz fue modelada digitalmente en Rhinoceros 8. Por otro lado, para la forma del árbol, se trabajó directamente en Grasshopper dentro de Rhinoceros, generando tanto el cuerpo como la copa del árbol a partir de parámetros específicos.

3. Resultados.

Modelo final en Rhinoceros 8, parte superficial en forma de árbol captador y forma subterránea de raíz con estructural modular Voronoi.

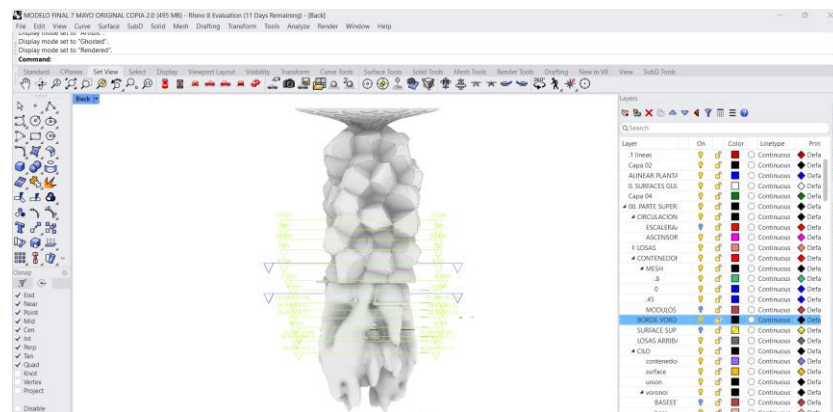


Figura 17 Interfaz modelo final Rhino-8 [Captura de Pantalla]. Elaboración: María José Cárdenas, y Pamela Chamorro, 2025.

iii. Otros Componente del diseño.

1. *Luz, recorrido, materialidad, estructura.*

Uso de materiales bio-miméticos de diferentes granulosis y disposición en capas para generar un procesos de filtración a través de los muros en las zonas de recarga del acuífero. Uso de materiales como: Biochar, fibra de carbono, y Etf. En estructura se utilizó la modulación de Voronoi generado a través de Grasshopper en Rhino8.



Figura 18 Patrón de Voronoi generado en Rhino 8 mediante Grasshopper [Captura de Pantalla] Elaboración: María José Cárdenas, y Pamela Chamorro, 2025.

2. *Implantación, recorrido espacial en planta, corte, etc.*

La implantación sigue una un análisis sobre evapotranspiración y precipitaciones que se realizaron en la zona de estudio para maximizar la cantidad de agua lluvia recolectada. El recorrido en corte se divide en 2 partes: lo habitable para los usuarios y el recorrido del agua. El recorrido del agua desde la copa de captación de agua de la infraestructura hacia la parte de recarga del acuífero es un recorrido ininterrumpido. Lo que sucede en la parte superior tiene conexión con la parte subterránea del edificio.

CONCLUSIONES

Este trabajo aporta una visión integral para la regeneración del río Machángara, proponiendo un plan maestro que combina estrategias urbanas, ecológicas y sociales enfocadas en recuperar su valor como eje estructurante de Quito. A través del análisis histórico, morfológico y territorial, se identificaron las causas de su deterioro y se plantearon soluciones concretas como la implementación de comunidades hídricas, sistemas descentralizados de tratamiento de agua y una infraestructura biomimética diseñada para acelerar la recarga de acuíferos. Entre los principales logros se encuentran la elaboración de una propuesta adaptable a distintos sectores de la ciudad, el uso de herramientas tecnológicas para el análisis espacial y la creación de modelos urbanos resilientes al cambio climático.

Finalmente, este trabajo abre el camino para futuros estudios que profundicen en la relación entre ciudad y agua, especialmente en otras cuencas urbanas de Quito y del país. Sería importante continuar explorando nuevas metodologías que permitan involucrar a la ciudadanía en estos procesos, así como investigar a fondo las dinámicas hídricas subterráneas y su relación con el desarrollo urbano. Regenerar el Machángara no es solo una necesidad ambiental, sino una oportunidad para repensar cómo habitamos el agua y el territorio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcaldía Metropolitana Quito. (2023). *Guía para la implementación de Soluciones Basadas en la Naturaleza en Quito*. Quito.
- Alday, I., Jover, M., Arcos, J. & Mesonero, F. (2023). *Cities and Rivers. aldayjover architecture and landscape*. Barcelona: Actar Publishers.
- Andréen, D. & Goidea, A. (2022). Principles of biological design as a model for biodesign and biofabrication in architecture. *Frontiers in Biomaterials Science*. Obtenido el 10 de febrero 2025 de <https://doi.org/10.1007/s44150-022-00049-6>
- Anhalzer, J. & Andrade, N. (Dirección). (2024). *La Vida de un Río* [Película].
- Empresa Pública Metropolitana de Agua, Fideicomiso Fondo para la Protección de. (2022). *Anuario hidrometeorológico 2021*. Quito.
- Erazo, J. & Fernando, C. (2012). La forma urbana de Quito: una historia de centros y periferias. *Bulletin de l'Institut Français d'Études Andines*, 41(2), 503–522.
- Gehry Partners. (2022). *LA River Master Plan*. Los Angeles: Los Angeles County and Los Angeles County Public Works.
- Gili, G. (1978). *La comunidad de arquitectos Van den Broek/Bakema*. Barcelona.
- Hardin, P. & Armstrong, P.J. (2012). *SynergiCity: Reinventing the Postindustrial City*. Illinois: University of Illinois Press.
- Heidegger, M. (1951). *Construir, habitar, pensar*. [Ensayo].
- Herrera, E. (2024). *Arsénico en el Ecuador*. Comisión Editorial de la Universidad de las Fuerzas Armadas–ESPE.
- Ilustre Municipio de Quito. (1992a). *Plan Distrito Metropolitano Quito: Plan Urbano. Tomo 1*. Quito: Ilustre Municipio de Quito, Dirección de Planificación.
- Ilustre Municipio de Quito. (1992b). *Plan Distrito Metropolitano Quito: Plan Urbano. Tomo 2*. Quito: Ilustre Municipio de Quito, Dirección de Planificación.
- INAMHI. (2014). *Introducción a la hidrogeología del Ecuador; Gad de Cumbayá (2019–2023)*. Quito.
- International Living Future Institute. (2024). *Living Building Challenge 4.1*. Portland: International Living Future Institute.
- Iñaki, A. & Gupta, P.V. (2018). *Yamuna River Project*. Virginia: Actar D.

- Izurieta, N. (2015). *Barrio Residencial de Cumbayá: Entre la modernidad y la tradición*. Quito: Universidad San Francisco de Quito.
- Kathi, S., Singh, S., Yadav, R., Singh, A.N. & Mahmoud, A.E.D. (2023). Wastewater and sludge valorization: A novel approach for treatment and resource recovery to achieve circular economy concept. *Frontiers in Chemical Engineering*, 5, 1129783. <https://doi.org/10.3389/fceng.2023.1129783>
- Kropf, K. (2018). *The Handbook of Urban Morphology*. UK: John Wiley & Sons, Incorporated.
- López, J., Cabrera, L., Cárdenas, M.J., Chamorro, P., Garófalo, D., Montenegro, V., Moya, M., Oyarte, R., Puga, D., Romo, J., Silva, M., Sinchiguano, S., Tamayo, M., Troya, P. & Villacís, M. (2024). *Machay Ally Yaku, Plan Maestro para la recuperación del río Machángara*. Trabajo de titulación de estudiantes de Arquitectura. Universidad San Francisco de Quito. Quito, Ecuador. In press.
- Manciati, C. (2014). *Estudio de la Interacción Superficie-Subterránea del sistema acuífero Tumbaco-Cumbayá en Ecuador, con un enfoque hidrodinámico y geoquímico*. Tesis doctoral, Universidad de Montpellier, Francia.
- McHarg, I. (1967). *Design with Nature*. New York: Natural History Press.
- MECN. (2009). *Ecosistemas del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ)*. Quito-Ecuador: Publicación Miscelánea No. 6. Serie de Publicaciones del Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales (MECN)–Fondo Ambiental del MDMQ. Imprenta Nuevo Arte.
- Napoleón, S. (2024). *Introducción a la hidrología del Ecuador*. Quito: INAMHI.
- Nowak, A. (s.f.). *Application of Voronoi diagrams in contemporary architecture and town planning*. Warsaw University of Technology, Faculty of Architecture. Poland.
- Viteri, A. (2017). *Caracterización hidrogeológica del macrodeslizamiento Guarumares*. Trabajo de titulación, Universidad Central del Ecuador.

ANEXO 1: PLANIMETRÍA: DIAGRAMAS, IMPLANTACIÓN, PLANTAS, CORTES Y FACHADAS



Figura 19. Implantación [Dibujo]. Elaboración: Pamela Chamorro, y María José Cárdenas (2025).

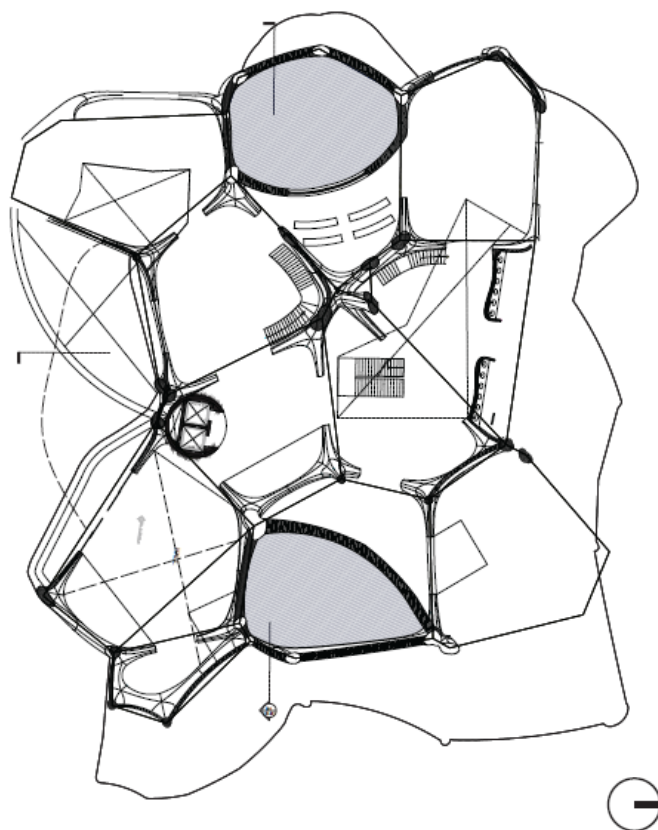


Figura 20. Planta Baja [Dibujo]. Elaboración: María José Cárdenas, y Pamela Chamorro (2025).

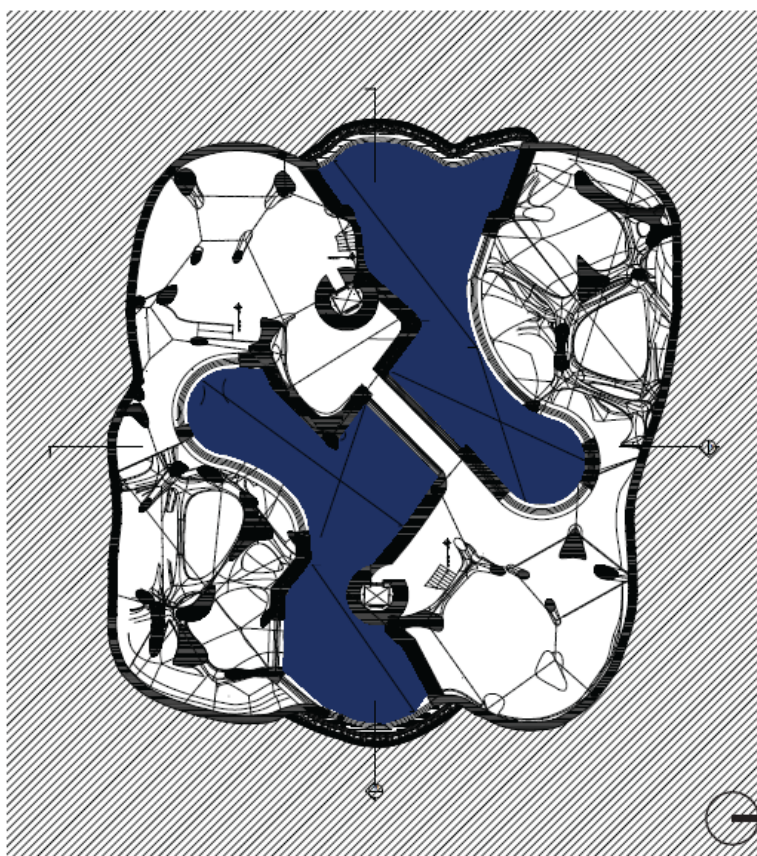


Figura 21. Planta Subterránea -12m [Dibujo]. Elaboración: María José Cárdenas, y Pamela Chamorro (2025).



Figura 22. Fachadas [Dibujo]. Elaboración: María José Cárdenas, y Pamela Chamorro, 2025.

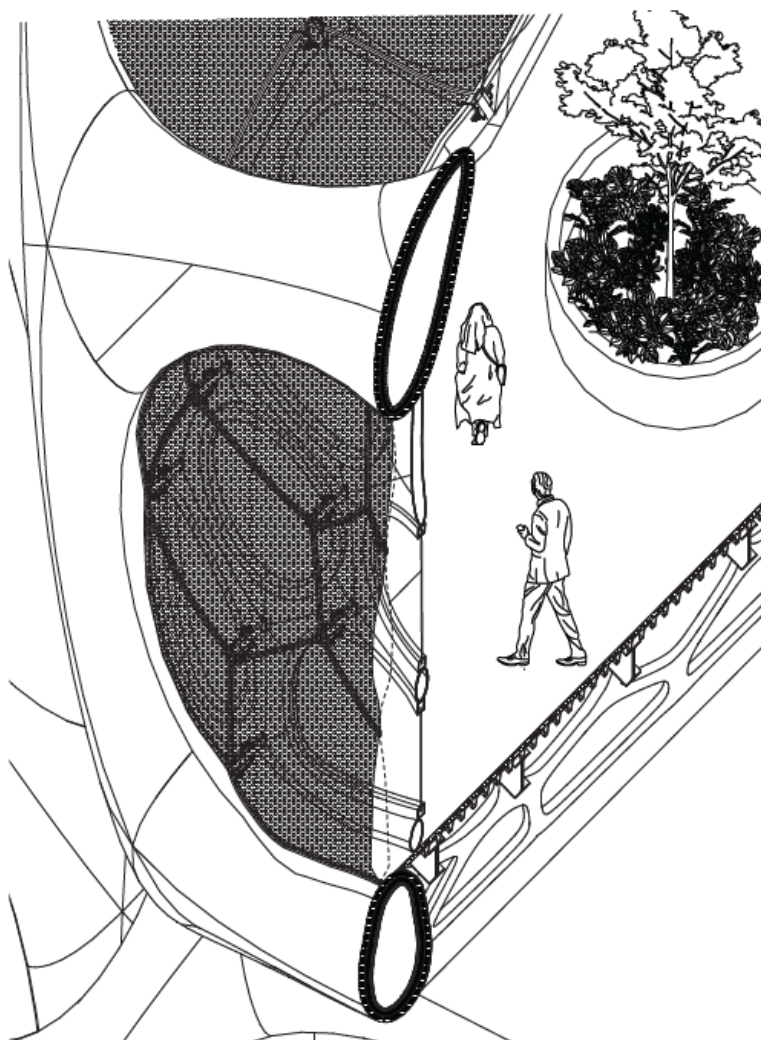


Figura 23. Corte por fachada [Dibujo]. Elaboración: María José Cárdenas, y Pamela Chamorro (2025).

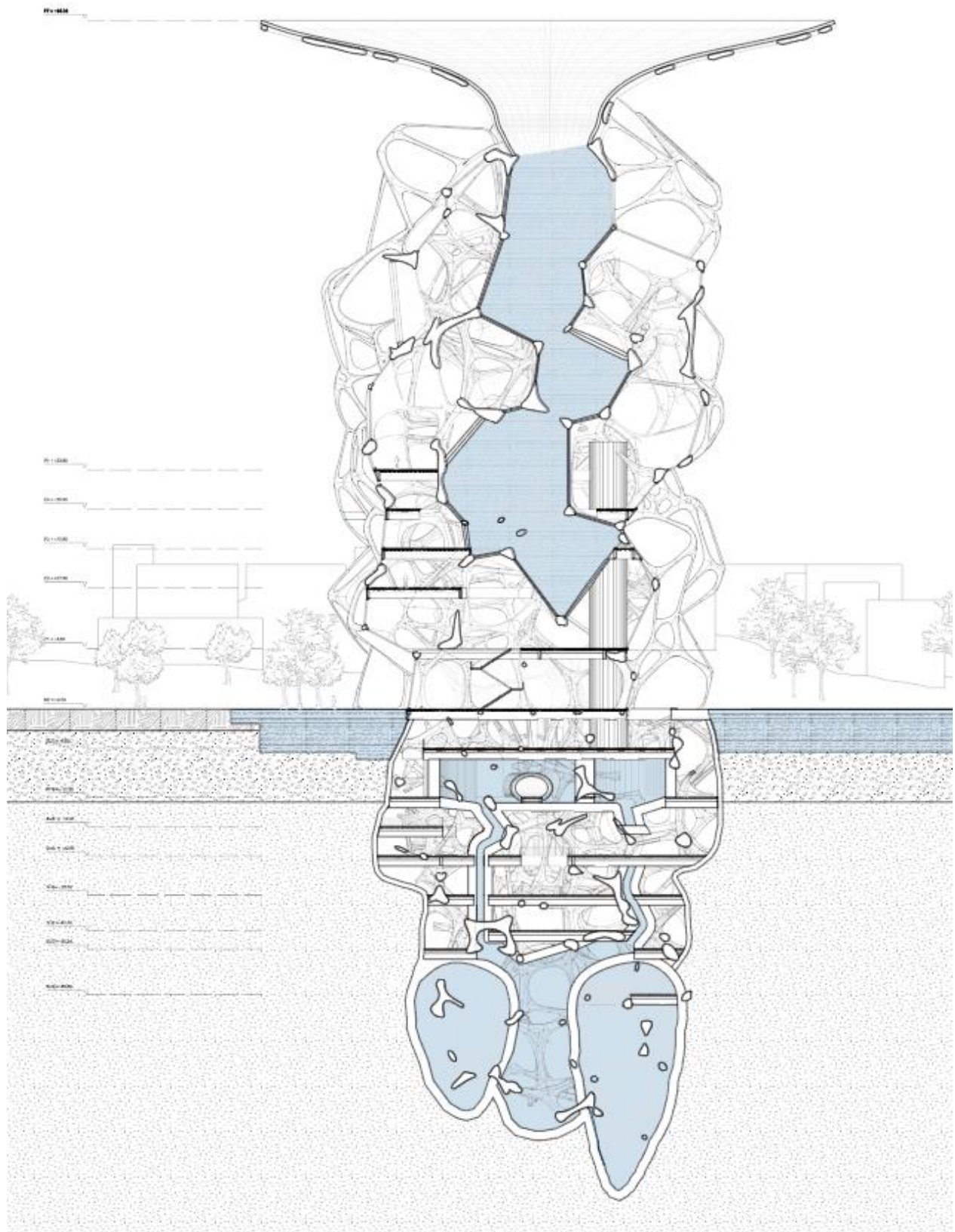


Figura 24. Corte por fachada [Dibujo]. Elaboración: María José Cárdenas, y Pamela Chamorro (2025).

ANEXO 2: MAQUETAS: FOTOGRAFÍAS DE LAS MAQUETAS FINALES SOBRE FONDO NEGRO



Figura 25 Maqueta Final Impresión 3D [Fotografía]. Elaboración: María José Cárdenas, y Pamela Chamorro (2025).



Figura 26 Maqueta Final Impresión 3D: prototipos estructura [Fotografía]. Elaboración: María José Cárdenas, y Pamela Chamorro (2025).

ANEXO 3: DOCUMENTACIÓN DEL PROCESO DE DISEÑO: FOTOGRAFÍAS Y PLANOS ANTERIORES ORGANIZADOS SECUENCIALMENTE DESDE EL INICIO HASTA EL FINAL

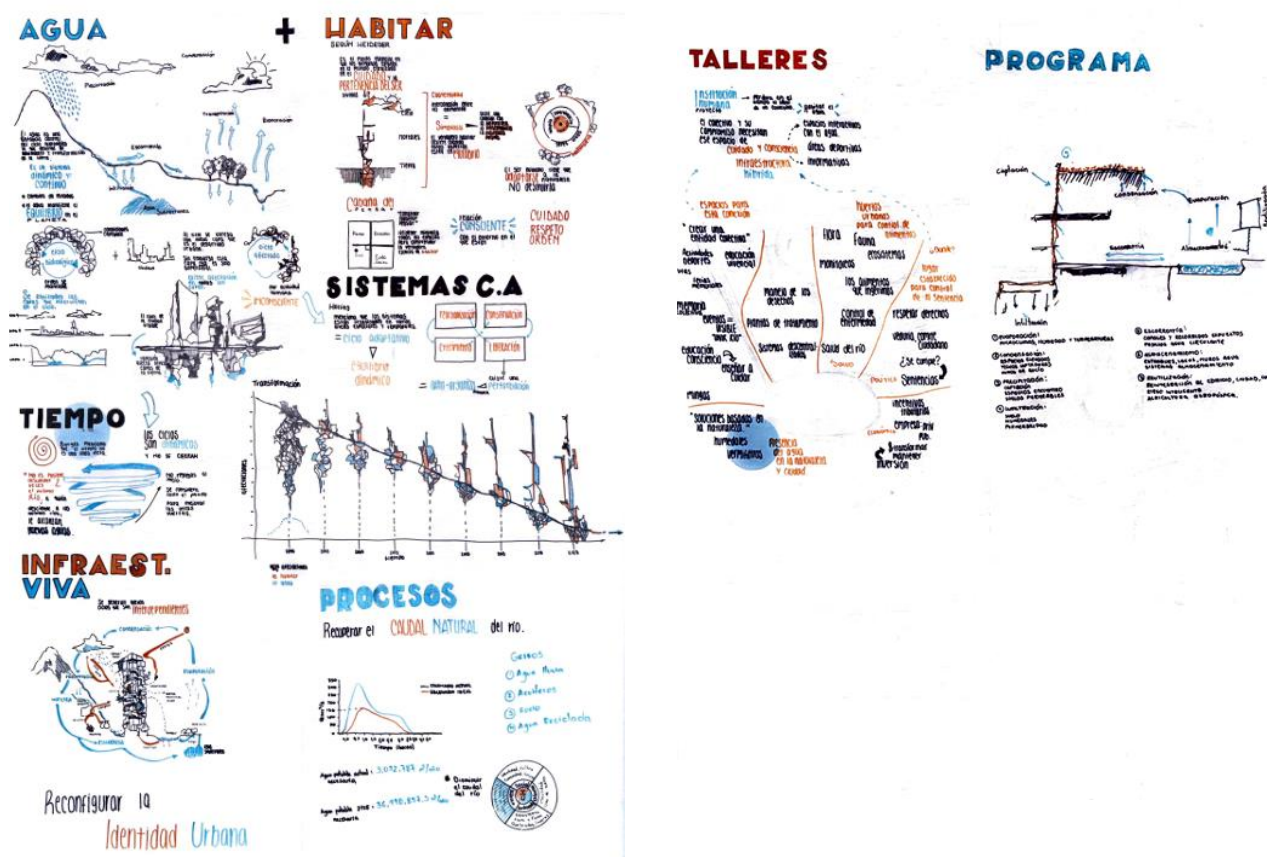


Figura 27. Láminas concepto [Dibujo]. Elaboración: María José Cárdenas, y Pamela Chamorro (2025).



Figura 28. Maqueta estudio procesos: Cumbayá [Fotografía]. Elaboración: María José Cárdenas, y Pamela Chamorro (2025).

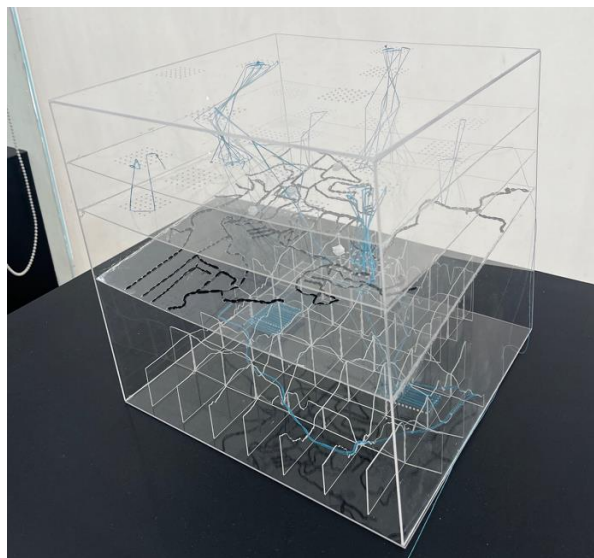


Figura 30. Maqueta concepto: agua+habitar [Fotografía]. Elaboración: María José Cárdenas, y Pamela Chamorro (2025).

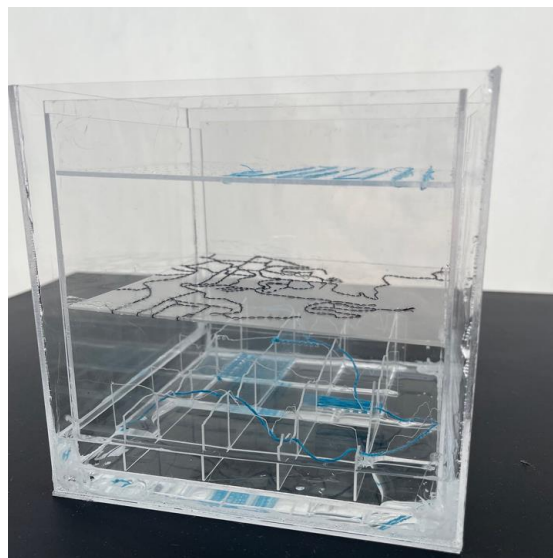


Figura 29. Maqueta concepto: agua+habitar II. [Fotografía]. Elaboración: María José Cárdenas, y Pamela Chamorro (2025).



Figura 31. Maqueta estudio de la forma: raíz-cilo (material: plastilina). [Fotografía]. Elaboración: María José Cárdenas, y Pamela Chamorro (2025).



Figura 32. Maqueta estudio de la forma: raíz-cilo (material: plastilina y oasis). [Fotografía]. Elaboración: María José Cárdenas, y Pamela Chamorro (2025).



Figura 34. Maqueta escala: 750.
Anteproyecto 1. [Fotografía]. Elaboración:
María José Cárdenas, y Pamela Chamorro
(2025).



Figura 33. Maqueta escala: 750.
Anteproyecto 1. [Fotografía]. Elaboración:
María José Cárdenas, y Pamela Chamorro
(2025).



Figura 35. Implantación maqueta escala 750. Anteproyecto 1. [Fotografía].
Elaboración: María José Cárdenas, y Pamela Chamorro (2025).



Figura 36. Prototipo de maqueta en yeso con su molde en silicona. [Fotografía].
Elaboración: María José Cárdenas, y Pamela Chamorro (2025).



Figura 38. Prototipo 1 de maqueta en yeso y resina dental. [Fotografía]. Elaboración: María José Cárdenas, y Pamela Chamorro (2025).



Figura 37. Prototipo 2 de maqueta en yeso y resina dental. [Fotografía]. Elaboración: María José Cárdenas, y Pamela Chamorro (2025).



Figura 39. Retiro de pieza de yeso de su molde de silicona. [Fotografía].
Elaboración: María José Cárdenas, y Pamela Chamorro (2025).



Figura 40. Prototipo en oasis y yeso. [Fotografía]. Elaboración: María José Cárdenas, y Pamela Chamorro (2025).



Figura 41. Entrega anteproyecto 1. [Fotografía]. Elaboración: María José Cárdenas, y Pamela Chamorro (2025).



Figura 42. Prototipos de raíz en material "oasis". [Fotografía]. Elaboración: María José Cárdenas, y Pamela Chamorro (2025).

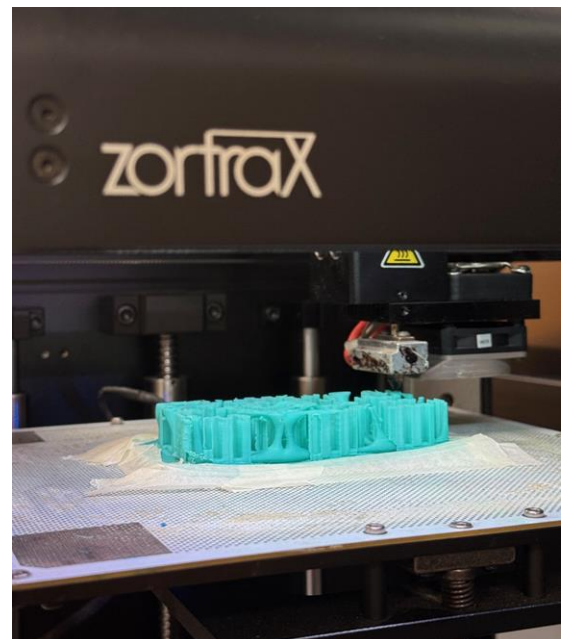


Figura 43. Primeros prototipos en impresión 3D. [Fotografía]. Elaboración: María José Cárdenas, y Pamela Chamorro (2025).

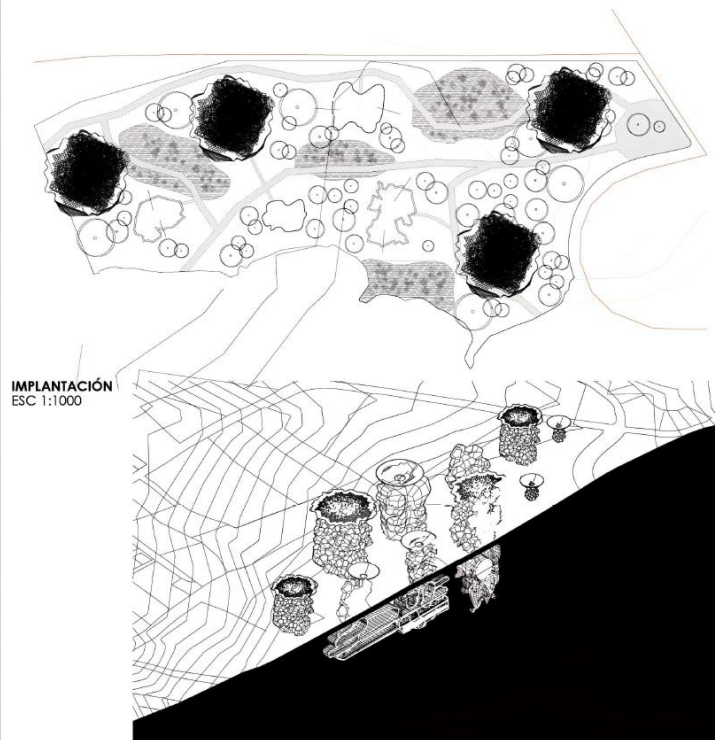
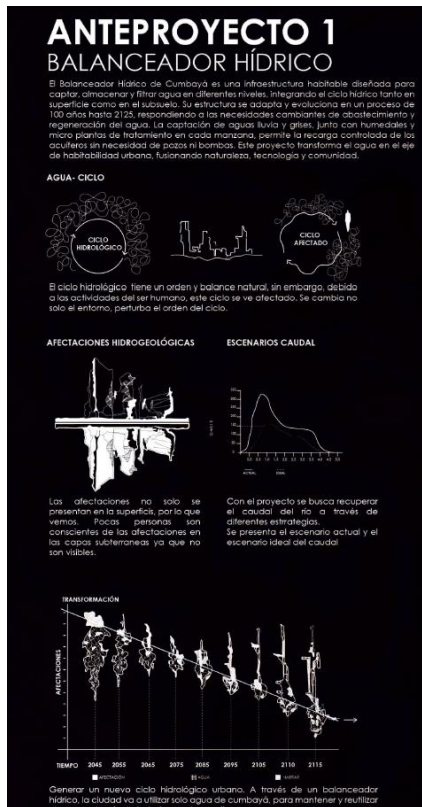


Figura 44. Lámina 1: Anteproyecto 2. [Dibujo]. Elaboración: María José Cárdenas, y Pamela Chamorro (2025).

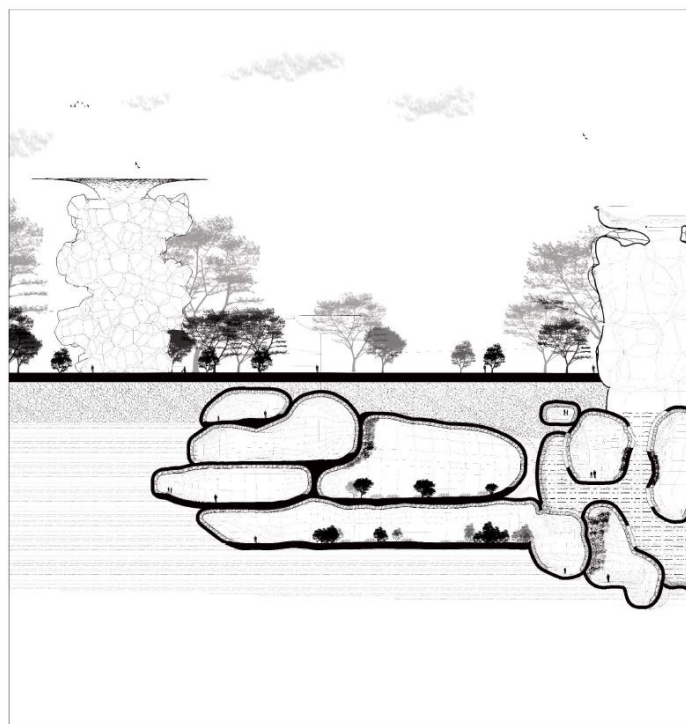
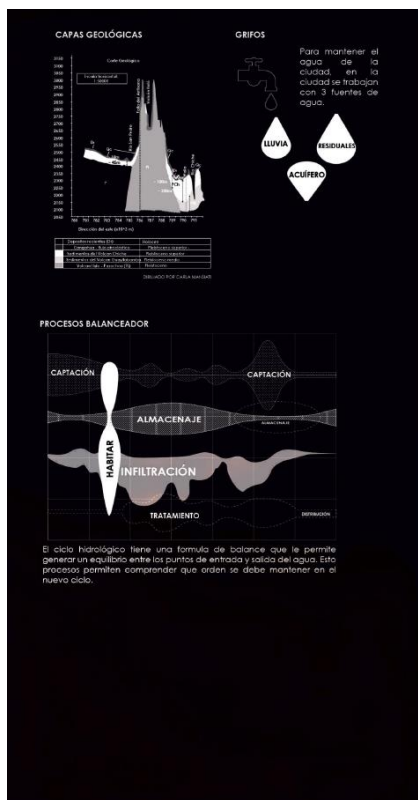


Figura 45. Lámina 2: Anteproyecto 2. [Dibujo]. Elaboración: María José Cárdenas, y Pamela Chamorro (2025).

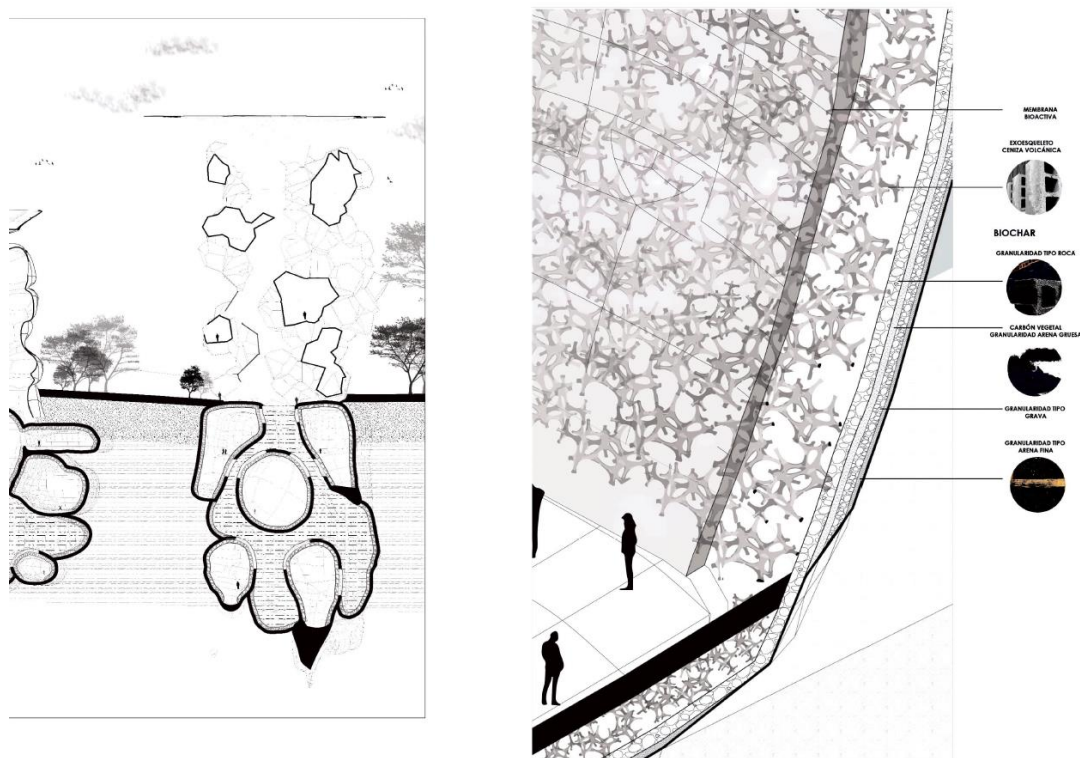


Figura 46. Lámina 3: Anteproyecto 2. [Dibujo]. Elaboración: María José Cárdenas, y Pamela Chamorro (2025).

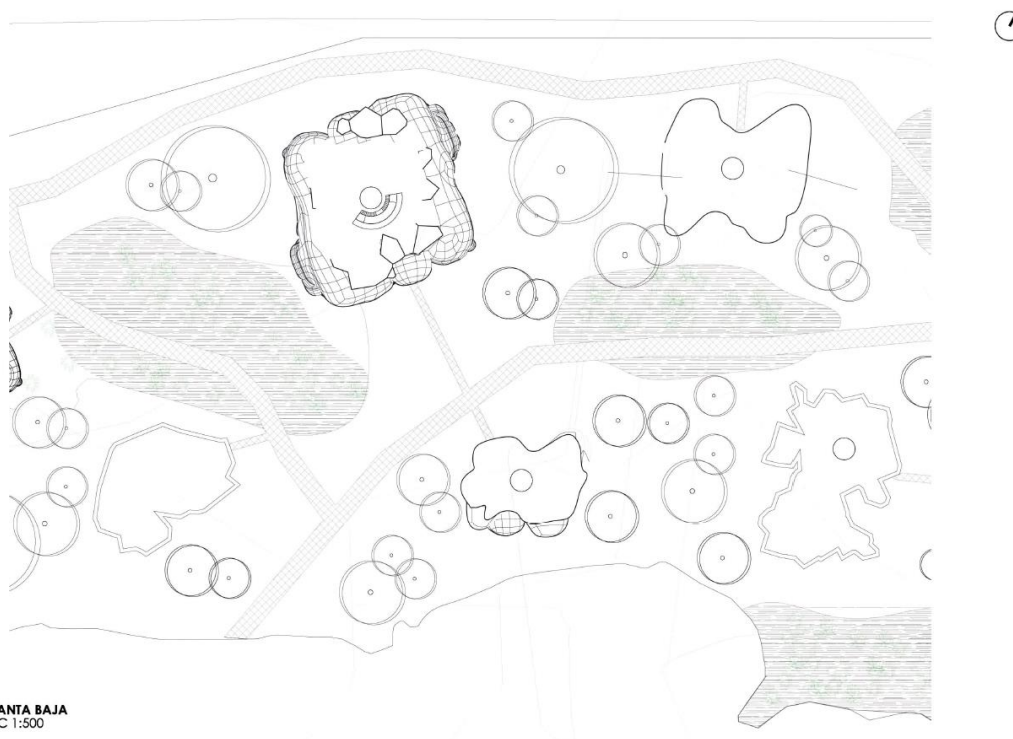


Figura 47. Planta baja: Anteproyecto 2 [Dibujo]. Elaboración: María José Cárdenas, y Pamela Chamorro (2025).



Figura 48. Maqueta escala 750: Anteproyecto 2 [Fotografía].
Elaboración: María José Cárdenas, y Pamela Chamorro (2025).



Figura 49. Maquetas prototipos en escala 750: Anteproyecto 2.
[Fotografía]. Elaboración: María José Cárdenas, y Pamela Chamorro (2025).



Figura 50. Maquetas detalle de estructura y maqueta en corte: Anteproyecto 2. [Fotografía]. Elaboración: María José Cárdenas, y Pamela Chamorro (2025).



Figura 51. Impresión 3D: Detalle de estructura/capas de muros y columnas [Fotografía]. Elaboración: María José Cárdenas, y Pamela Chamorro (2025).

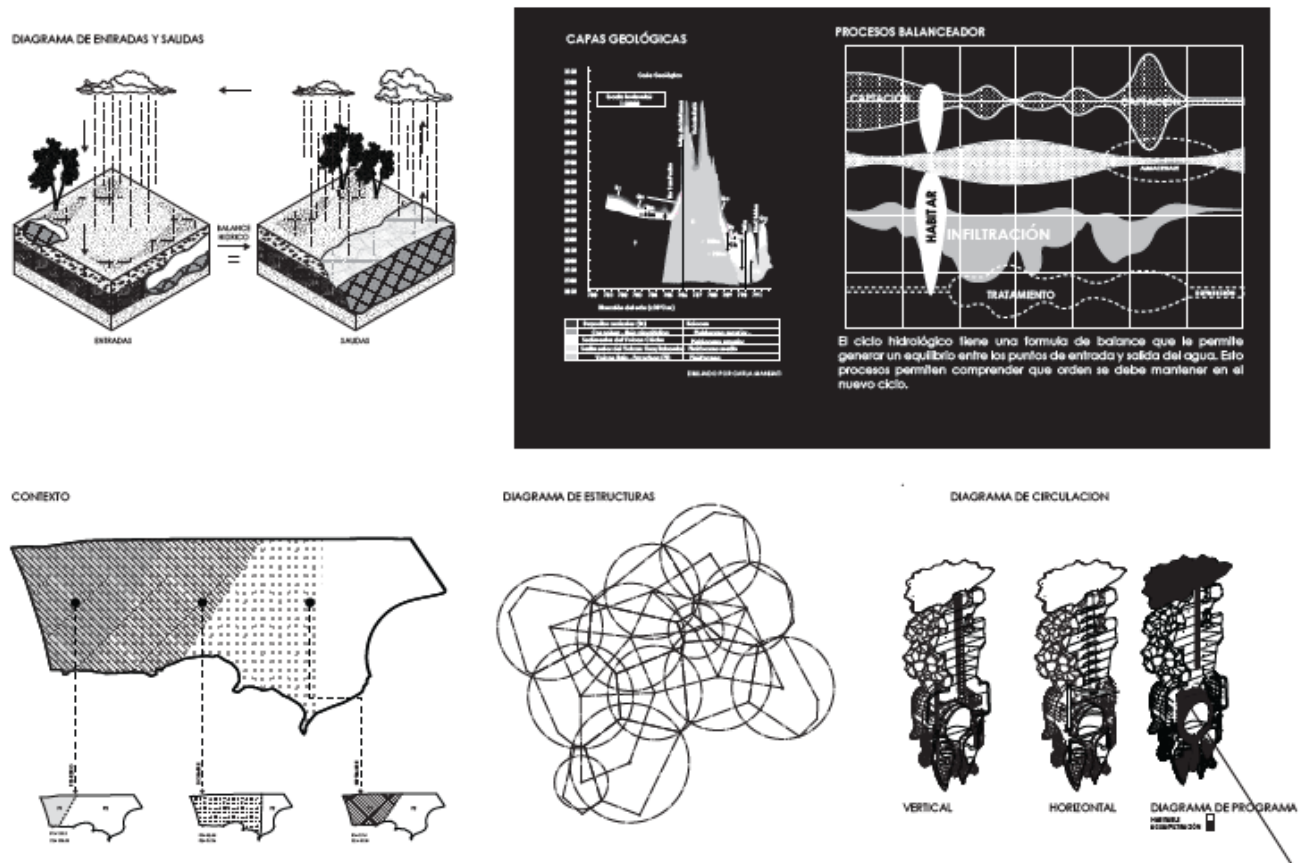


Figura 52. Diagramas: Anteproyecto 3 [Dibujo]. Elaboración: María José Cárdenas, y Pamela Chamorro (2025).

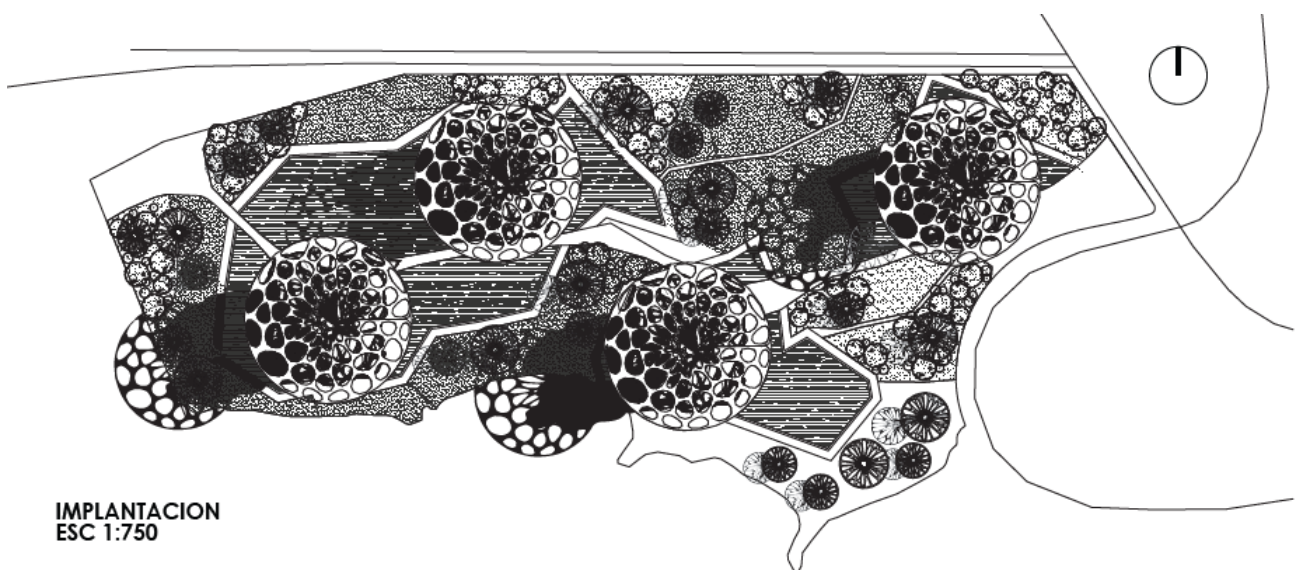
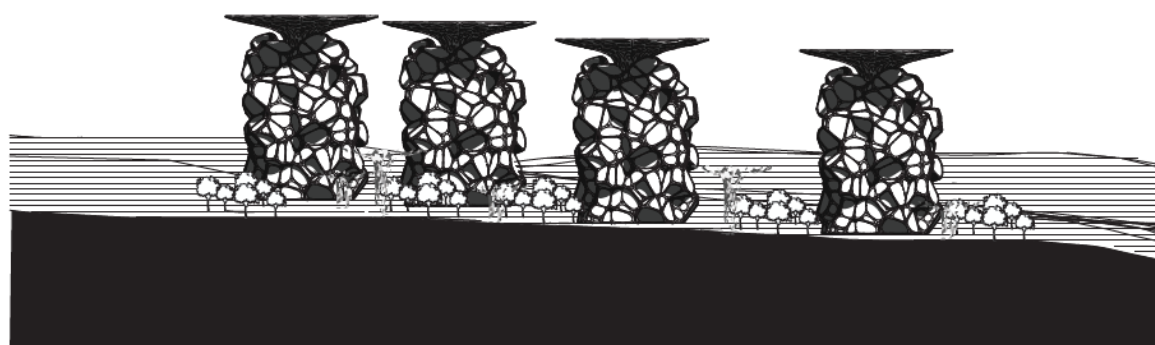


Figura 53. Implantación: Anteproyecto 3 [Dibujo]. Elaboración: María José Cárdenas, y Pamela Chamorro (2025).

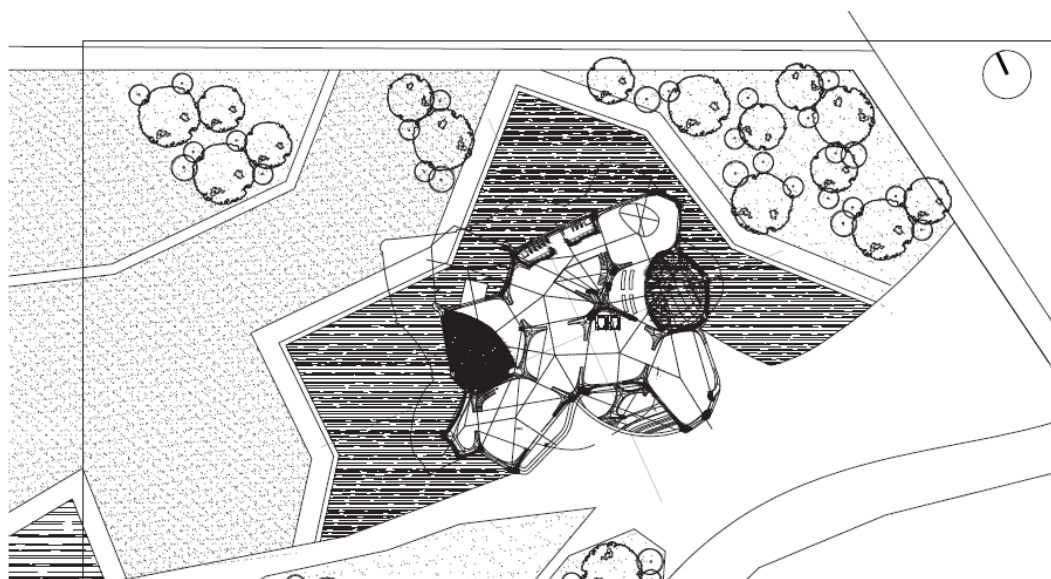


FACHADA FRONTAL
ESC 1:750



FACHADA TRANSVERSAL
ESC 1:750

Figura 54. Fachadas: Anteproyecto 3 [Dibujo]. Elaboración: María José Cárdenas, y Pamela Chamorro (2025).



PLANTA BAJA

Figura 55. Planta baja: Anteproyecto 3. [Dibujo]. Elaboración: María José Cárdenas, y Pamela Chamorro (2025).

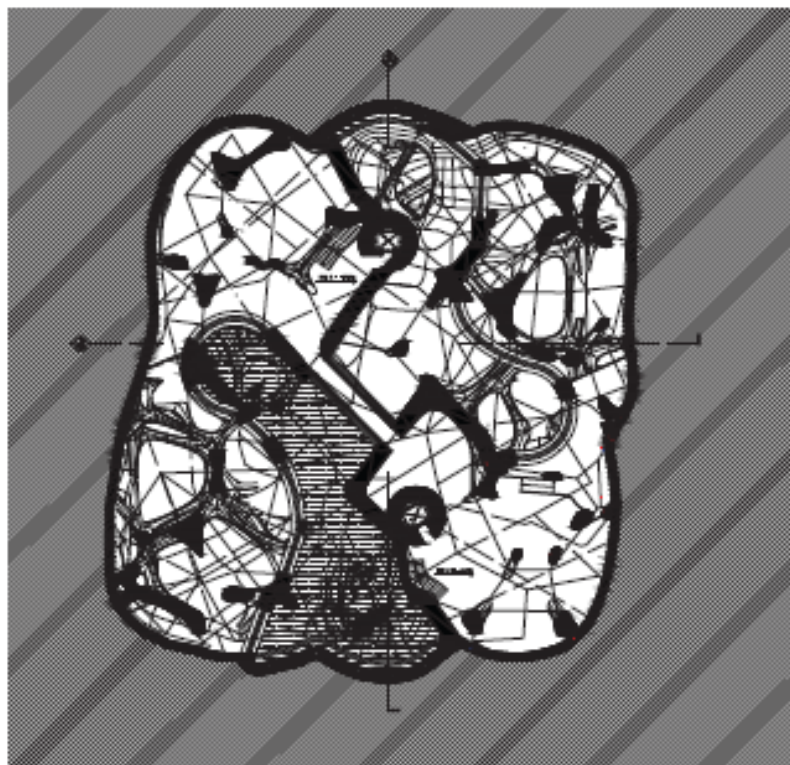


Figura 56: Planta -12m [Dibujo]. Elaboración: María José Cárdenas, y Pamela Chamorro (2025).

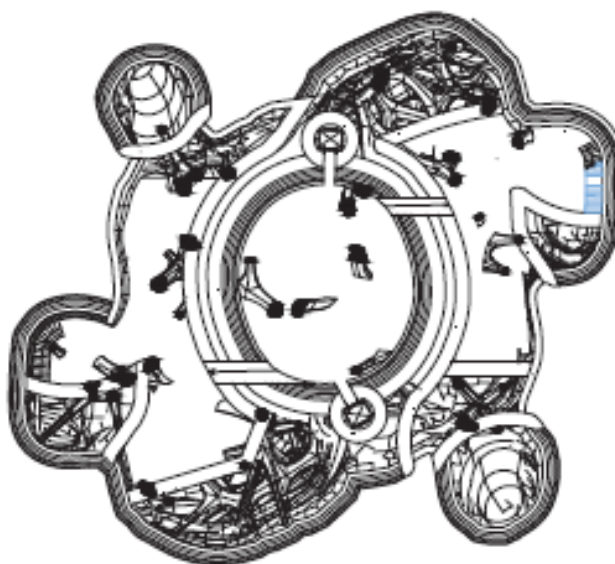
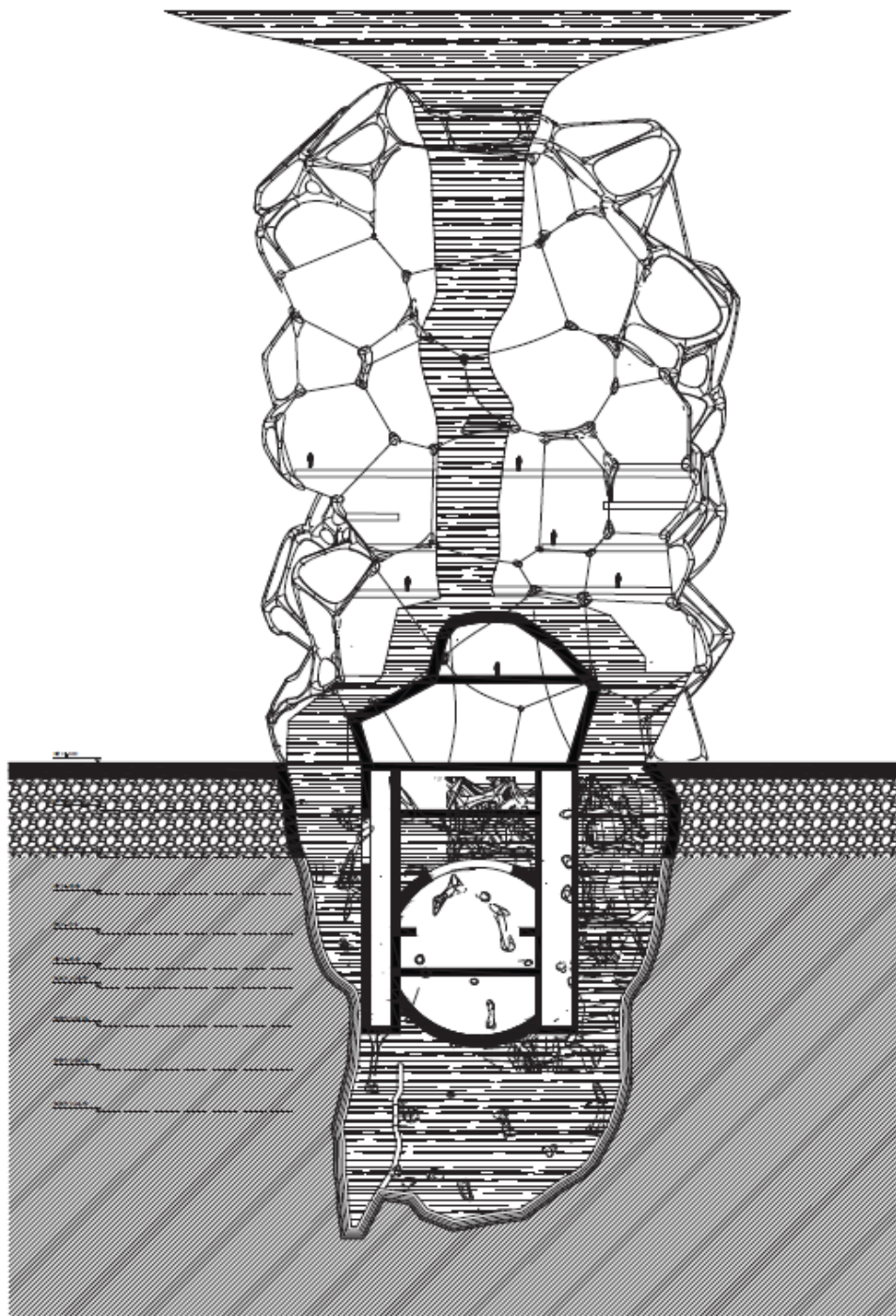


Figura 57. Plantas arquitectónicas -29m [Dibujo]. Elaboración: María José Cárdenas, y Pamela Chamorro (2025).



CORTE TRANSVERSAL
ESC 1:250

Figura 58 Corte transversal: Anteproyecto 3 [Dibujo]. Elaboración: María José Cárdenas, y Pamela Chamorro (2025).

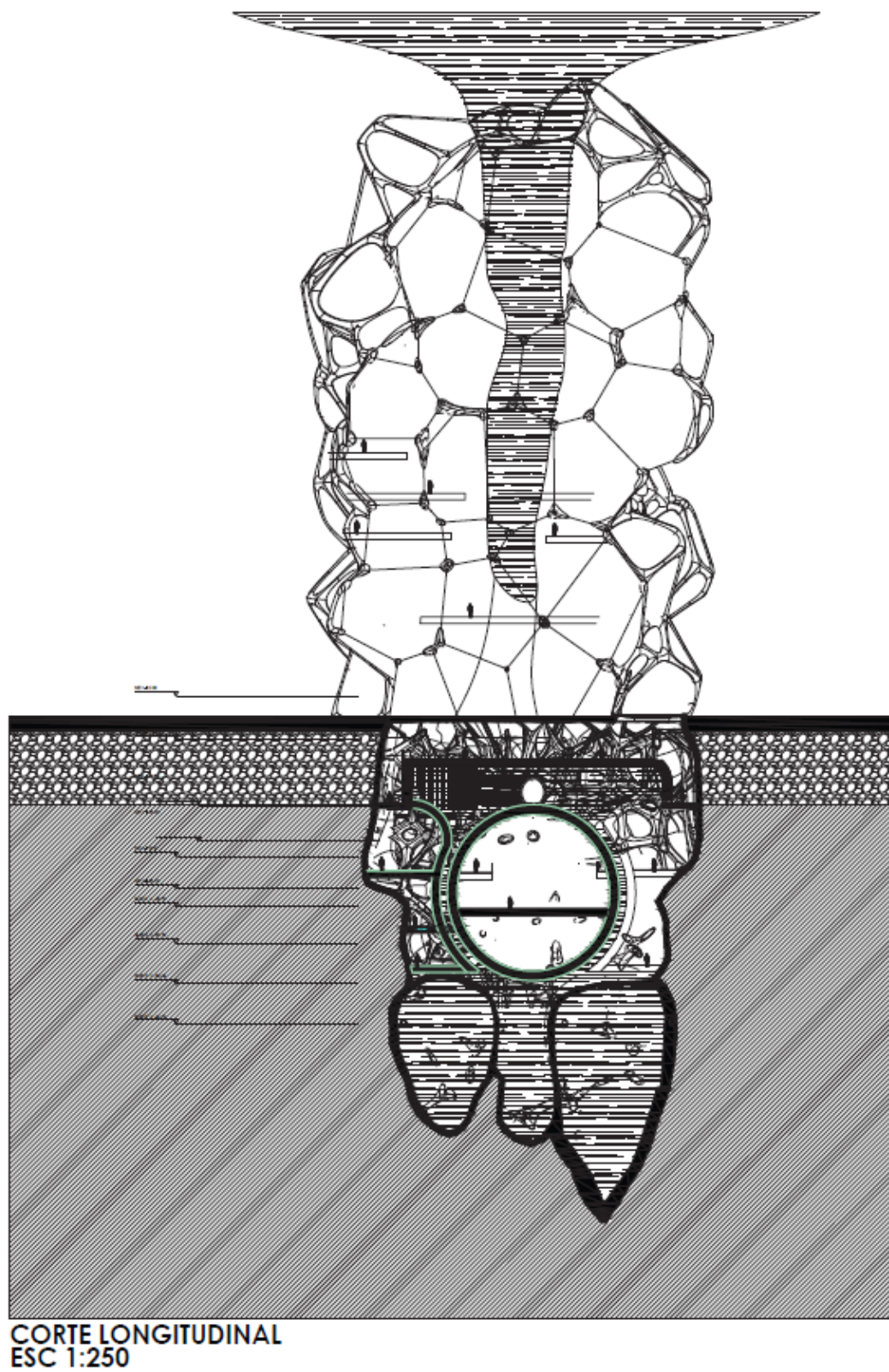


Figura 59 Corte longitudinal: Anteproyecto 3. E [Dibujo]. Elaboración: María José Cárdenas, y Pamela Chamorro (2025).