



TESINA PROYECTO DE TÍTULO

Módulos itinerantes para la remediación de cuerpos de agua.

alumno Maria Paz Avendaño Castillo

profesor Andrea Nazar Navarrete

mención Innovación y Emprendimiento

17.12.2025



TEMA: ARQUITECTURA COMO MÁQUINA DE RECUPERACIÓN AMBIENTAL.

CASO: MÓDULOS ITINERANTES PARA LA REMEDIACIÓN DE CUERPOS DE AGUA.

LUGAR: LAGO VILLARRICA.

POR: MARIA PAZ AVENDAÑO CASTILLO

**Tesina presentada a la Facultad de Arquitectura y Arte de la Universidad del Desarrollo
para optar al grado académico / título profesional de ARQUITECTA con mención en
Innovación y Emprendimiento.**

PROFESOR GUÍA

Arquitecto, MSc Renewable Energy and Architecture, ANDREA NAZAR NAVARRETE

PROFESOR MENCIÓN

**Arquitecto con Mención en Innovación y Emprendimiento, Magister en Ciencias del
Diseño, JOSÉ ÁNGEL BRUNEL CASTRO**

Junio, 2025

CONCEPCIÓN

TABLA DE CONTENIDOS

I. RESUMEN.	3
II. MARCO TEÓRICO.	4
1. Contaminación de entornos naturales en Chile.	4
2. Contaminación por eutrofización en lagos de Chile	5
2.1. Algas nocivas por agricultura y piscicultura.	7
2.2. Turismo sin conciencia.	7
2.3. Cambio climático.	7
3. Fitorremediación: el cultivo es una solución para cuerpos de agua en Chile.	8
3.1. Soluciones en Chile: Humedales de tratamiento flotantes (HTF).	9
4. Arquitectura modular, adaptabilidad e itinerancia.	9
4.1. Flotabilidad: pontones reciclados itinerantes.	9
4.2. Diseño adaptable.	10
4.3. Estructura dinámica.	11
III. TEMA: ARQUITECTURA COMO MÁQUINA DE RECUPERACIÓN AMBIENTAL.	13
IV. CASO: MODULOS ITINERANTES PARA LA REMEDIACION DE CUERPOS DE AGUA.	15
1. Programa.	17
2. Usuarios.	17
V. LUGAR: LAGO VILLARICA.	18
1. Situación del Lago Villarrica.	18
2. Fuentes de contaminación:	19
3. Consecuencias de la contaminación:	20
4. Plan de Descontaminación del Lago Villarrica.	20
5. Datos de la ubicación.	21
6. Emplazamiento.	23
VI. ESTRATEGIAS PROYECTUALES.	25
1. Estrategia máquina.	25
2. Estrategia de estructura base e instalaciones.	26

3. Estrategia módulos itinerantes	27
4. Estrategia de lugar	27
5. Borde construido.	28
6. Flotabilidad: pontones de vibra de vidrio.	28
VII. DESARROLLO PROYECTUAL.	29
VIII. BIBLIOGRAFÍA.	39
IX. Antecedentes académicos.	41
X. ANEXOS.	42
1. Referentes investigados para el Tema y Caso.	42

I. RESUMEN.

La génesis de esta investigación radica en la **búsqueda de nuevos enfoques para la conservación y puesta en valor de áreas naturales**. Esto se debe a que la **contaminación ambiental es un fenómeno impulsado por la inconsciencia de actividades humanas**.

Tomando como tema de investigación: Arquitectura como máquina de recuperación ambiental a causa de que, en Chile, hay problemáticas en aumento cuya evaluación no ha considerado las medidas necesarias para su resolución. Comunidades, agrupaciones y autoridades locales han tomado medidas legales para visibilizar el perjuicio al ecosistema, en concreto el foco está en los lagos y lagunas afectados por eutrofización, un fenómeno que deriva de la agricultura, industria y turismo con repercusiones en la salud de las personas, la biodiversidad y en la población de organismos vivos de un cuerpo de agua.

Como respuesta arquitectónica se toma el caso de: Módulos Itinerantes para la remediación de cuerpos de agua. Es un sistema basado en una estructura desplegable que la fitorremediación para actuar sobre cuerpos de agua. Para iniciar este proyecto se escogió el lago Villarrica, el lago más contaminado en Chile, para iniciar con un sistema de alcance nacional gradual. Estos sistemas aparte de ser itinerantes serán de carácter modular y adaptable, se trasladarán por distintos lagos y lagunas, potenciando desde la mención de innovación y emprendimiento un concepto clave: ser un proyecto que busca adaptarse y evolucionar según corresponda a su territorio y a sus usuarios. **Impulsando de esta manera la recuperación de cuerpos de agua gracias a la itinerancia del sistema arquitectónico.**

II. MARCO TEÓRICO.

Durante la última década, se ha observado un incremento constante de la contaminación de los entornos naturales, impulsado tanto por el cambio climático como por la influencia de actividades humanas como la urbanización desmedida y la industria. La contaminación de un entorno afecta directamente la salud de las personas y la biodiversidad del lugar. Las soluciones presentadas por los involucrados son iniciativas que no llegan a materializarse debido a los conflictos de intereses individuales.

1. Contaminación de entornos naturales en Chile.

El Instituto de Salud Pública, entidad perteneciente al Ministerio de la Salud del Gobierno de Chile, define a la contaminación ambiental como:

La presencia en el ambiente de cualquier agente (físico, químico o biológico), o bien de una combinación de varios agentes en lugares, formas y concentraciones tales que sean o puedan ser nocivos para la salud, la seguridad o para el bienestar de la población, o bien, que puedan ser perjudiciales para la vida vegetal o animal, o impidan el uso normal de las propiedades y lugares de recreación y goce de los mismos.

SPCH, Instituto de la Salud Pública Chile. (2025). Contaminación Ambiental.

El desafío de la contaminación ambiental en el planeta puede estar originado por procesos naturales o alternatively, por fuentes antropogénicas, las actividades humanas domésticas o industriales. El desequilibrio producido es causado por incorporar cantidades desmedidas de un componente que alteran negativamente la biodiversidad de un entorno.

Un ejemplo de esto es lo calificado por las Naciones Unidas como “emergencia medioambiental y social para el planeta” (Bartlett, 2023). El fenómeno de la moda rápida transformó al Desierto de Atacama en un colosal vertedero. Entre 2000 y 2014 un gran incremento en la producción de ropa al utilizar telas sintéticas de menor coste, la cantidad de personas que pueden adquirir una

prenda de ropa aumentó exponencialmente y además disminuyó el periodo de uso por esto mismo.

Así, Chile se encuentra con problemas similares a países del sur de Asia o África, esto representa un retroceso para el país después de la creación de leyes como la Ley de Bases Generales del Medio Ambiente en 1994 o la creación de la Superintendencia del Medio Ambiente y el Ministerio del Medio Ambiente en el 2010, entidades que evitan situaciones como la actualmente aconteciendo.

En la zona franca de Iquique, que es por donde ingresan los denominados desechos de otros países, se clasifican para la posterior reventa, pero por muy útiles que fueron los comercios de ropa usada en el pasado ahora no tienen abasto. La demanda ha disminuido, y como consecuencia toneladas de ropa terminan en el desierto.

Tomás Saieg, que dirige la oficina de economía circular del Ministerio de Medio Ambiente chileno, afirma que “lo más importante es cerrar el grifo, por así decirlo, para que esta ropa no siga acabando en el desierto” (Bartlett, 2023). Existen agentes que trabajan para resolver esto como lo es la empresa que gestiona la zona franca en Iquique y Dilara, una importadora de ropa de segunda mano. Asimismo, surgen empresas EcoFibra, que desliga lo textil de la ropa y crea paneles aislantes a partir de la fibra de estos residuos.

2. Contaminación por eutrofización en lagos de Chile

La problemática de la contaminación es amplia y se puede resolver de diversas formas, pero el punto de interés del proyecto está en los cuerpos de agua alterados por eutrofización, estos pueden ser: lagunas, lagos o mar. La contaminación por eutrofización se produce cuando en un cuerpo de agua hay exceso de nutrientes como fósforo y nitrógeno, lo que genera el florecimiento de algas; de estas, la más alarmante es la cianobacteria por las toxinas que contiene y su fácil proliferación en estaciones calurosas. Tal como nos explica el autor del artículo publicado en el Diario el Centro, las algas cambian el color del agua siendo esta la forma visible de detectarlas y la peor porque significa menos transparencia en el agua, al no llegar luz al fondo del lago las algas nativas no producen fotosíntesis, reduciendo aún más el oxígeno, afectando a la vida acuática y contribuyendo a las toxinas por la descomposición. Estas toxinas que representan un grave riesgo sanitario por sus efectos en la piel, hígado y sistema nervioso (Mora, 2025).

Así es el caso del lago Vichuquén que en el presente año 2025 vuelve a experimentar un florecimiento exponencial de algas, situación ya ocurrida en los años 2015 y 2022. En el artículo anteriormente mencionado se enfatiza que las autoridades locales preocupadas por escenarios adversos y la salud de la comunidad consideran clausurar momentáneamente el lago afectando a las actividades productivas que derivan de este. La municipalidad ya solicitó a la Seremi de Salud la toma urgente de muestras para evaluar una eventual prohibición del contacto con el agua (Mora, 2025).

El hecho se origina por el cierre derivado de causas naturales de la desembocadura del lago Vichuquén, que generó un incremento de los niveles de salinidad en el agua, sumado al ya problema de exceso de nutrientes desencadenó una propagación de microalgas verdes.

Los problemas de manejo ambiental se remontan a 2015, cuando se diseñó un protocolo para controlar artificialmente la barra de arena en el sector de Llico (Mora, 2025). Pero un grupo ambientalista cuestionó el planteamiento técnico del plan y los medios en que se estaba llevando a cabo, por lo que la Corte Suprema ordenó su cese con el 2023.

La comunidad está preocupada por las posibles consecuencias a su salud y la de la biodiversidad que habita en torno al lago. El turismo junto a la economía local va en declive por la persistencia de la situación.

En otra localidad, años son los que lleva la Municipalidad de Panguipulli y la empresa Suralis (ex Essal) en una disputa legal por el mejoramiento del sistema de alcantarillado. Las medidas de reparación y mitigación al medio ambiente contenidas en el Acuerdo de Conciliación al que se llegó, pero no se ha observado un impacto notable en la salud ambiental del Lago Panguipulli, la municipalidad tuvo que escalar la situación al Tercer Tribunal Ambiental. Esta situación ha cobrado relevancia en el país gracias a los múltiples organismos que hacen patente su inquietud.

En contraste, otra es la situación del lago Villarrica, como informa el Ministerio del Medio Ambiente, “por primera vez existirá en el país un plan para descontaminar un ecosistema acuático, que incluirá acciones concretas de control de la contaminación por nutrientes al agua con un enfoque ecosistémico y de cuenca hidrográfica” (Ministerio del Medio Ambiente, 2025). O eso es lo que promete el futuro Plan de Descontaminación de la Cuenca del Lago Villarrica.

Como explica el seremi de Medio Ambiente de La Araucanía, Félix Contreras, la finalidad del plan es equilibrar, según lo ya acordado en el 2013, los niveles de la calidad de las aguas consolidados en las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la Protección de las Aguas Continentales

Superficiales del Lago Villarrica. La ministra del Medio Ambiente, Maisa Rojas lo calificó como protección de su patrimonio natural, centrándose en la conservación de la biodiversidad y el desarrollo de actividades que potencien el turismo y al sector económico.

El plan publicado este 2025, además de proponer fiscalizaciones y monitoreos del cuerpo de agua, aspira a hacer partícipe a los ciudadanos lo que podría por fin sincronizar a las diversas asociaciones interesadas en el cuidado de lagos, al sector privado y a los agentes estatales.

2.1. Algas nocivas por agricultura y piscicultura.

Uno de los orígenes de la eutrofización radica en que los fertilizantes utilizados en las plantaciones agrícolas no son absorbidos en su totalidad por lo que las lluvias y riegos los desplazan hacia los cuerpos de agua. Por otro lado, la carga de nutrientes de los alimentos, medicamentos y heces de la piscicultura aporta significativamente a las emisiones de fosfato. Como es el caso del lago Villarrica que tiene este sector productivo a sus alrededores.

2.2. Turismo sin conciencia.

Por un lado, la parcelación exponencial de los últimos años está directamente relacionada con la contaminación del lago Villarrica, el aumento de las actividades humanas domiciliarias y la falta de tratamiento adecuado de aguas servidas de las viviendas con fosas sépticas provoca filtraciones hacia el subsuelo y, finalmente, al lago. El ministerio del Medio Ambiente declara que: “el Plan que se llevara a cabo dispone de un programa de implementación de soluciones sanitarias para viviendas rurales” (Ministerio del Medio Ambiente, 2025).

Por el otro lado, está la falta de regularización de plantas de tratamiento de aguas servidas cercanas al lago Villarrica, y en el caso del lago Panguipulli, en el que, si bien se mejora el alcantarillado, no se consideran las depuraciones de los coliformes fecales en el cuerpo de agua.

2.3. Cambio climático.

Al aumentar la temperatura del agua por el cambio climático se crean las condiciones favorables para la proliferación de algas cianobacterias (algas nocivas), las que tienden a multiplicarse rápidamente en aguas cálidas, como consecuencia se intensifican y prolongan los florecimientos causando desequilibrios en los ecosistemas propios de un cuerpo de agua.

Según un estudio del Instituto de Geografía y Limnología de Nanjing de la Academia China de Ciencias publicado en la revista Science Advances, el calentamiento climático contribuye al 55% de la desoxigenación superficial global de los lagos. En primer lugar, al aumentar la temperatura del agua disminuye su capacidad de retener oxígeno disuelto. En segundo lugar, los lagos se suelen calentar superficialmente, el agua cálida y menos densa que el agua fría se disponen en capas. Esto dificulta la circulación del oxígeno desde la superficie hacia zonas inferiores, se crean zonas anóxicas en capas más profundas, limitando la existencia de vida acuática.

3. Fitorremediación: el cultivo es una solución para cuerpos de agua en Chile.

Dado que la problemática es que los contaminantes vertidos en cuerpos de agua de Chile han causado un exceso de nutrientes y sobrecrecimiento de algas, proceso denominado como eutrofización desencadenando la muerte de peces, problemas de olor y liberación de toxinas potencialmente tóxicas para el ser humano. Sería contradictorio utilizar técnicas que no estén alineadas con la naturaleza, es por eso por lo que se selecciona a la fitorremediación por ser una solución no invasiva.

En este procedimiento se utilizan macroalgas para transformar materia orgánica de aguas residuales. En específico las algas diatomeas bentónicas son útiles porque son propias de los humedales. En el capítulo “Fitorremediación de lagos eutróficos mediante algas diatomeas”, del libro “Ciencias de los lagos y cambio climático”, se describen a las diatomeas bentónicas como moduladores químicos en los ecosistemas acuáticos (Thomas Kiran et al., 2016, p. 104). Asimismo, en este capítulo se hace referencia a que: son responsables de entre el 20 % y el 25 % de la fotosíntesis de la Tierra (Thomas Kiran et al., 2016, p. 107).

Además de las diatomeas, existen diversas plantas acuáticas endémicas, como lo son el potamogeton, ceratófilo y la cola de zorro acuática, que disminuyen la proliferación de algas verdeazuladas (las principales causantes de que el agua pierda su transparencia) al almacenar metales pesados y captar nitrógeno y fósforo, los nutrientes que han afectado al lago Villarrica.

3.1. Soluciones en Chile: Humedales de tratamiento flotantes (HTF).

Durante el evento Global Pucón del año 2022, una instancia para impulsar soluciones innovadoras se dio a conocer EcoFibra un emprendimiento enfocado en los biofiltros para distintas situaciones una de esas es la restauración de ecosistemas acuáticos contaminados o dañados. Tal como se plantea en su página web, se trata de una solución innovadora diseñada para mejorar el proceso natural que se produce entre el agua, las plantas y los microorganismos con el fin de eliminar los contaminantes de las aguas residuales y las aguas pluviales de forma pasiva y natural (EcoFiltros.cl).

Este sistema está formado por dos componentes:

- La matriz, una estructura permeable que contiene las plantas y sus raíces que generan un manto donde se alojan microbios y bacterias.
- Las plantas, que mediante la fotosíntesis le dan oxígeno a los microbios y bacterias encargados de captar fósforo y nitrógeno, método denominado fitorremediación.

4. Arquitectura modular, adaptabilidad e itinerancia.

En virtud del foco de esta investigación son los cuerpos de agua contaminados se debe analizar estructuras flotantes que sean compatibles con el medio ambiente para entender cómo se emplazan y cómo se relacionan con este. Además de distintos formatos que cuenten con la característica de ser adaptables, dado que este es una problemática trascendental a solo un lugar.

4.1. Flotabilidad: pontones reciclados itinerantes.

Considerando que la problemática gira en torno al agua se debe saber cómo la arquitectura se emplaza en este medio, por ejemplo, está el proyecto “medusa flotante”, el cual es un módulo que sirve de invernadero para comunidades vulnerables, se describe en el artículo de ArchDaily

escrito por Walker, es un octógono de 70m² flotando encima de bidones de plástico reciclados. Estos tambores se unen directamente a la terraza de madera sobre ellos y se mantienen estables por vigas de madera a lo largo de los radios reticulares del octógono (Walker, 2014). En este referente se utilizan dos componentes para que la estructura flote: una red en forma de octógono a la cual se le van sumando módulos y dentro de esta red están los bidones reciclados de plástico (el segundo elemento) que es el que le da la capacidad de flotar.

Siguiendo con la premisa de módulos itinerantes está el caso de “la tierra sobre el agua”, en el que se exploran soluciones más flexibles que los populares portones de plástico o hormigón con poliestireno a fin de ser sostenibles y adaptables. Según lo indicado en la publicación del proyecto dentro del sitio web de la oficina, mientras que los cimientos de acero y hormigón suelen tratarse con pinturas antiincrustantes tóxicas, La tierra sobre el agua ofrece un hábitat ideal para peces y crustáceos, así como un punto de anclaje para moluscos y algas (Mast.dk).

El prototipo de proyecto se sintetiza en un sistema de cimientos flotantes inspirado en los gaviones (muros hechos de jaulas metálicas rellenas de escombros) tal como establece la descripción publicada en la plataforma Archdaily, en este caso, las jaulas de paquete plano, hechas de plástico reciclado reforzado, están llenas de materiales de flotación reciclados de origen local que pueden soportar el peso de la estructura en la parte superior (Florian, 2022).” El beneficio adicional es que el material de flotación se puede ajustar según el peso del edificio.

En estos dos referentes independientemente con el presupuesto que contemplan en construcción busca dejar los mínimos residuos, además de que la naturaleza prospere en ellos a través de un formato que es un sistema modular transportable que se puede ensamblar de diversos modos y configuraciones impulsando un desarrollo orgánico y dinámico e independiente al programa de la edificación que tienen sobre.

4.2. Diseño adaptable.

Lo importante del módulo es sea adaptable, por ejemplo, en el proyecto “Oculto a la Vista” de la arquitecta Nerea Feliz, se expone que la urbanización a desplazado a los insectos de su habitat es por eso plantea un mobiliario urbano que aplica tácticas visuales para construir una sensación de camuflaje para así integrar a distintas especies, a la vez el módulo debe cambiar de forma y amoldarse a actividades que promuevan la interacción, como los son espacios de reunión,

exposición o simplemente contemplación, estas variaciones en el diseño que se muestran en la figura 1.

FIGURA 1. “Oculto a la Vista”.



FUENTE: “Oculto a la Vista”, redactado por Feliz, N. 2019, nereafeliz.com. Extraído de <https://www.nereafeliz.com/hidden-in-plain-sight>

4.3. Estructura dinámica.

Para dar termino a esta búsqueda arquitectónica, falta un componente ligado a cómo un módulo opera en su unidad, a diferencia de los referentes anteriores que actúan como un conjunto. Para esto se recurre a un texto publicado en la revista Rita que es una reflexión donde los autores ven reflejada la totalidad de la obra de un arquitecto en un pequeño objeto de mobiliario, se trata del perchero en la casa de Miguel Fisac en el que el arquitecto a establecido y sintetizado al máximo su manera de hacer a un par de movimientos exactos e identitarios. Los autores del artículo: No hay arquitectura pequeña. Un perchero en la casa de Miguel Fisac en el Cerro del Aire expresan que la singularidad del perchero permite esconder o enseñar las prendas en él colgadas y que el vestíbulo nunca sea igual, tanto por los diferentes sombreros y abrigos almacenados en él como por las múltiples combinaciones de las posiciones que pueden adoptar las tres puertas (Martínez Arroyo & Pemjean Muñoz, 2021, p. 78). Se habla de un módulo cambiante en el que todo un sistema se sintetiza en un giro, y este dinamismo no convencional para este tipo de mobiliario consigue mantener un orden funcional.

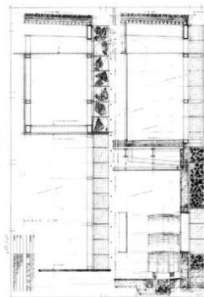
Los elementos que conforman el diseño del perchero son los precisos: seis travesaños en voladizo empotrados en el muro, tres superiores para soportar la pieza de sombreros, y tres inferiores para sujetar los paneles verticalmente y en paralelo al muro. El sistema de giro de estos paneles se basa en la unión de un tubo hueco (fijado a la madera) que gira sobre un tubo macizo de acero (fijado a los travesaños mediante pletinas). Este uso de planos en lugar de volúmenes macizos hace que la pieza se lea como algo transparente que a su vez este fundido con su medio que es el vestíbulo. La introducción del movimiento en la pieza transforma el perchero en una máquina para la vida cotidiana (Martínez Arroyo & Pemjean Muñoz, 2021, p. 78).

III. TEMA: ARQUITECTURA COMO MÁQUINA DE RECUPERACIÓN AMBIENTAL.

La contaminación de las áreas naturales se ha establecido como uno de los problemas crecientes en Chile, haciendo de la recuperación ambiental una necesidad urgente, que debe dejar de postergarse por las instituciones estatales, regionales y privada, y que a pesar de que se tomen medidas para mitigar los daños futuros no se considera resolver la problemática actual. El tema arquitectura como máquina de recuperación ambiental es una inquietud, es la búsqueda de una solución significativa a problemáticas ambientales complejos mediante intervenciones arquitectónicas mínimas. El proyecto en concreto va a estar enfocado en la contaminación por eutrofización la que generalmente tiene un origen antrópico, esencialmente la solución radica en un principio fundamental: restaurar el ciclo natural.

Para entender cómo es que funciona una máquina arquitectónica y comprender su relación inseparable entre materialidad, función y fundamento está el ejemplo la *Bodega 137 Dominus* de los arquitectos Jacques Herzog y Pierre de Meuron en vez de tener muros sólidos tiene gaviones de piedra, pequeñas en la sección inferior y más grandes en la sección superior (figura 2) para que el aire circule. Cuando baja la temperatura por la noche la masa de la piedra absorbe y retiene el aire frío y por el día la masa térmica de los muros libera lentamente el frío acumulado, mantiene el interior de la bodega a una temperatura estable e ideal para la conservación del vino.

FIGURA 2. Sección de detalle de la estructura del muro. En la parte superior rocas grandes y en la inferior rocas pequeñas.



FUENTE: Dominus Winery 137, por Herzog & de Meuron, [s.f.], recuperado de <https://www.herzogdemeuron.com/projects/137-dominus-winery/>.

La crisis ambiental exige un cambio de paradigma hacia soluciones que se integren y regeneren el entorno, dado que son varios entornos con distintas ubicaciones la arquitectura tradicional debe mutar a una propuesta dinámica y mínima que se materializa en un prototipo móvil fácil de transportar. Una máquina para la recuperación ambiental se traduce en una forma arquitectónica que se sintetiza en un giro que convierte un espacio mínimo en uno capaz de albergar a personas consiguiendo dos órdenes funcionales, el itinerante y el de remediación, en un mismo sistema. Este enfoque flexible y sistémico es decisivo, ya que la máquina no debe generar más contaminación y su funcionamiento debe utilizar recursos naturales sin dejar residuos; es decir, de bajo impacto negativo. Además de la remediación activa, su diseño contempla la posibilidad de que la propia naturaleza prospere en ellos, creando microhábitats y simulando ser zona litoral para impulsar un desarrollo orgánico, clave para la resiliencia del ecosistema intervenido.

De esta manera, la mención innovación y emprendimiento se materializa al desarrollar un tema enfocado en la contaminación por eutrofización, que suele ser invisible desde una mirada arquitectónica, y proyectarlo a un futuro en el que cada lugar tenga la posibilidad de ser recuperado, es así como la arquitectura trasciende la mera función de ser habitable para convertirse en un sistema que trabaja para la recuperación ambiental. Se propone no solo un dispositivo de monitoreo y estabilizador de nutrientes, sino un modelo escalable de intervención que redefine el papel del diseño en contra la contaminación ambiental.

IV. CASO: MODULOS ITINERANTES PARA LA REMEDIACION DE CUERPOS DE AGUA.

Lagos y lagunas se evalúan constantemente de forma individual, aun teniendo los mismos problemas. La Dirección de Aguas (DGA) monitorea constantemente y la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA) fiscaliza cuando es necesario. Es por esto por lo que los módulos itinerantes son el dispositivo que reúne lugares con una misma problemática en una única solución.

La arquitectura para la recuperación ambiental es la que está completamente fundamentada por estudios que comprueban su necesidad de existir y generar soluciones a través del diseño para socorrer y posteriormente prevenir situaciones desfavorables en entornos naturales o urbanos.

Este tipo de arquitectura se puede dividir en dos partes, la primera tiene que ver con el análisis y la segunda con la acción. Para el análisis la exposición del pabellón libanés en la Biennale di Venezia de año 2025, "The Land Remembers" es la presentación del ecocidio y el camino hacia la recuperación ambiental. "Ministerio de Inteligencia Territorial" es el nombre que se le da a la institución ficticia que reprenda el pabellón, como tal se compone por departamentos encargados en los procesos evolutivos de la recuperación ambiental: el forense del ecocidio, el geógrafo de paisajes borrados, el recopilador de especies nativas y el reactivador de ecosistemas dañados.

Por el otro lado, un ejemplo de acción es la estructuración de un paisaje desértico y de escasez, "*Casa para Mahouts y sus Elefantes*" de la oficina de arquitectos RMA Architects desarrolla una secuencia de cuerpos de agua que recolectan la lluvia, el sistema de drenaje está diseñado para que la vegetación se propague naturalmente. Además de la recuperación ambiental el foco está en la esfera cultural, son casas para elefantes y sus cuidadores que tienen como ritual el proceso del baño, que estén tan cercanos a cuerpos de agua fortalece el vínculo.

FIGURA 3. Interpretación de referente análisis.



FUENTE: "The Land Remembers, el pabellón del Líbano en la Bienal de Venecia 2025: Confronte el ecocidio a través de la arquitectura", por R. Qureshi, 2025, ArchDaily Chile. Recuperado de <https://n9.cl/rtnna>

FIGURA 4. Interpretación de referente acción.



FUENTE: "Casa para Mahouts y sus Elefantes / RMA Architects", por D. P. Qureshi, 2010, ArchDaily Chile. Recuperado de <https://n9.cl/xgvei>

Teniendo en consideración estos dos factores, el de análisis y el de acción, el proyecto se resuelve en cuatro módulos: control y análisis, personal, cultivo y despliegue. La estructura del módulo es la misma pero los paneles varían dependiendo la acción que se realice en el módulo.

1. Programa.

El programa dentro del módulo de control y análisis hasta orientado a la planeación del despliegue de los HAF, análisis de los cultivos y calidad de agua, y del control de la estructura flotante. Se compone de:

- Tres nichos con escritorios
- Dos bodegas de almacenamiento de semillas y muestras.
- Espacio para reuniones de equipo.

A continuación, el módulo del personal es para cumplir con las necesidades del confort de las personas:

- Cocina
- Área de descanso.
- Comedor.
- Almacenamiento objetos personales.
- Baño completo.
- Baño accesible.

Los dos siguientes módulos están enfocados en la ejecución, contemplan un programa húmedo:

- Mesa de división: espacio para multiplicar las plantas.
- Almacigar
- Mesón de trabajo y herramientas: donde se preparan los HAF.
- Bandejas de fitorremediación adosadas.

2. Usuarios.

Los usuarios principales serán un biólogo o ingeniero ambiental, encargado del cultivo de los fitorremediadores, monitoreo y análisis de los nutrientes del lago, contará con un ayudante técnico universitario en biotecnología. Adicionalmente se incluye a dos técnicos responsables del control de los módulos y mantenimiento de los pontones flotantes e instalaciones.

V. LUGAR: LAGO VILLARRICA.

En particular la contaminación de cuerpos de agua tiene graves consecuencias para la salud humana, la biodiversidad y, en un futuro al turismo. Al ser un proyecto itinerante se busca remediar diversos cuerpos de agua en el país, empezando por una etapa de análisis, luego una de acción, y posteriormente, una de mantenimiento según los avances que se presenten en la calidad del agua. En una primera instancia los Nodos serán instalados en el Lago Villarrica por ser una cuenca con problemas de eutrofización persistente a lo largo de los años.

1. Situación del Lago Villarrica.

FIGURA 5. Foto satelital del lago Villarrica el día 20 de enero de 2024.



FUENTE: "Sigue el problema: Nuevo bloom de algas en lago Villarrica alerta a la comunidad", por Redacción Ladera Sur, 2023, Ladera Sur. Recuperado de <https://n9.cl/kx7zm>

Siendo uno de los destinos turísticos más relevantes en el sur de Chile, el lago Villarrica ha enfrentado durante años la interacción con contaminantes que desequilibran el sistema y dan lugar a un deterioro gradual de la biodiversidad. El fenómeno de la eutrofización por exceso de nutrientes ha provocado “blooms de algas” en temporada de altas temperaturas. En específico son las cianobacterias las que provocan preocupación en las personas que viven a las cercanías porque durante la descomposición de estas algas se liberan toxinas.

El episodio vivido en mayo del 2023 generó preocupación en los ciudadanos porque usualmente los blooms suceden en verano, esto indica que el problema va en evolución, el alga tiene mayor

resistencia. En esta ocasión el lago adquirió un color celeste blanquecina (figura 6). La presidenta de la Fundación Raíces de Pucón Loreto Lagos explica que eso se debe a que la situación del lago se está agravando porque está viendo procesos de anoxia (Núñez, 2023), lo que **significa que no hay oxígeno en el borde del lago, que es donde suelen estar las algas, pero lo preocupante aquí es que esa franja se está extendiendo de 200 a 400 metros al interior del lago.**

FIGURA 6. Cambio de color en las aguas del lago Villarrica, mayo 2023.



FUENTE: "Sigue el problema: Nuevo bloom de algas en lago Villarrica alerta a la comunidad", por Redacción Ladera Sur, 2023, Ladera Sur. Recuperado de <https://n9.cl/kx7zm>

La cuenca del lago Villarrica fue designada como “zona saturada” en el año 2017, junto al lago Llanquihue son las únicas zonas lacustres que poseen una Norma Secundaria de Calidad Ambiental desde el año 2013 bajo el Decreto N°19. Cuando se evidencia que los límites de los valores de: la transparencia, la clorofila y el fósforo disuelto, eran superiores a lo estipulado en la Norma Secundaria de Calidad Ambiental y bajo la presión social se puso en marcha la elaboración de un plan de descontaminación.

2. Fuentes de contaminación:

En virtud de la geomorfología del territorio (cuenca) el lago recibe una gran cantidad de nutrientes de forma natural, sin embargo, el factor determinante que provoca la eutrofización es la

intervención humana. Respecto a las fuentes de contaminación, como indica Loreto Lagos, presidenta de la Fundación Raíces de Pucón: un factor importante es la industria, que en este caso es la piscicultura, la ganadería y también en cierta parte la agricultura y el área forestal (Núñez, 2023). De igual forma el aumento acelerado de las parcelas de agrado entre Villarrica y Pucón juegan un papel fundamental cuando no hay una red de saneamiento para aguas residuales.

El líder el proyecto Vigilantes del Lago y socio fundador Fundación Red de Nuevas Ideas, Víctor Duran evidencia que:

De acuerdo con el anteproyecto plan descontaminación la capacidad de carga del fósforo (ha sido declarado saturado por fosfato no por nitrato), es de 200 toneladas anuales. Sin embargo, al lago ingresan sobre 300 toneladas anuales fósforo. 134 toneladas son de origen natural y 164 de origen artificial. De la fracción artificial el 70% lo aportan las pisciculturas, 20% actividades agropecuarias-forestales y 10% urbanizaciones

Núñez T. (2023). Sigue el problema: Nuevo Bloom de algas en el lago Villarrica alerta a la comunidad.

3. Consecuencias de la contaminación:

Cada vez que hay un florecimiento algar, disminuye la riqueza, la presencia y la variedad de organismos vivos. La exposición a las toxinas denominadas “microcistina” propias de las cianobacterias pueden provocar distintas patologías según el tiempo de contacto y el canal de transmisión (piel o ingesta), dado que estas toxinas impactan mayoritariamente el sistema nervioso e hígado.

4. Plan de Descontaminación del Lago Villarrica.

Después de 6 años siendo discutido por la SEREMI de Medio Ambiente de la Región de la Araucanía y más 2 años en consulta indígena, en enero del año 2025 el Consejo de Ministros para la Sustentabilidad y el Cambio Climático aprueba el anteproyecto del Plan de Descontaminación del Lago Villarrica.

En el anteproyecto del plan, el principal objetivo es reducir en 100 toneladas de los fosfatos de origen antrópico en un periodo de 15 años, lo que equivale al estado que tenía el lago en el año 2000. El Ministerio del Medio Ambiente de Chile hace saber que la elaboración de la normativa incluyó la participación de científicos, comunidades locales e indígenas, servicios públicos competentes y de los municipios, sector privado (Ministerio del Medio Ambiente, 2025).

Según la información proporcionada por el Ministerio del Medio Ambiente de Chile, por un coste 104,15 millones de dólares norteamericanos, el plan propone:

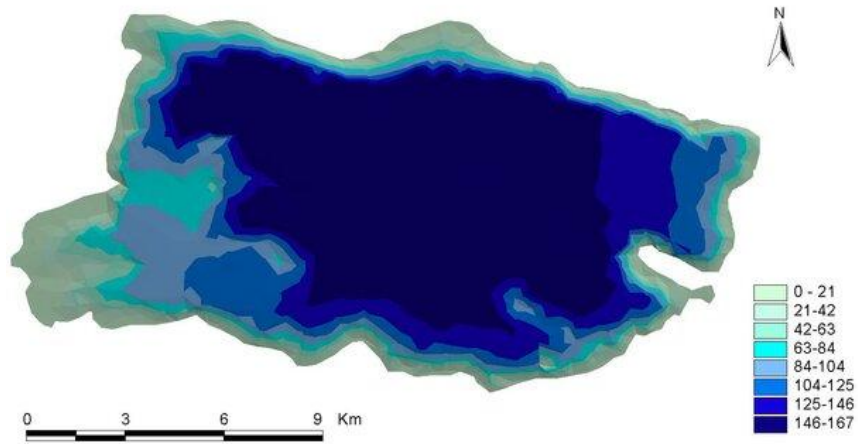
- Norma de emisión por carga anual para pisciculturas.
- Regulación a plantas de tratamiento de aguas servidas en la cuenca.
- Programa de implementación de soluciones sanitarias para viviendas rurales.
- Forestación, reforestación y restauración de la vegetación nativa de la ribera de la cuenca.
- Programas de fiscalización.
- Capacitación para un turismo sustentable.
- Compensación de emisiones para proyectos nuevos y/o modificaciones que aporten fósforo en la cuenca.
- Planes operacionales frente a eventos de florecimiento de algas.
- Involucramiento ciudadano.
- Programas complementarios como red de monitoreo fuentes difusas, estudios o la actualización del inventario de emisiones.

Ministerio del Medio Ambiente (2025). Histórico: Consejo de Ministros aprueba plan de descontaminación para la cuenca del lago Villarrica

5. Datos de la ubicación.

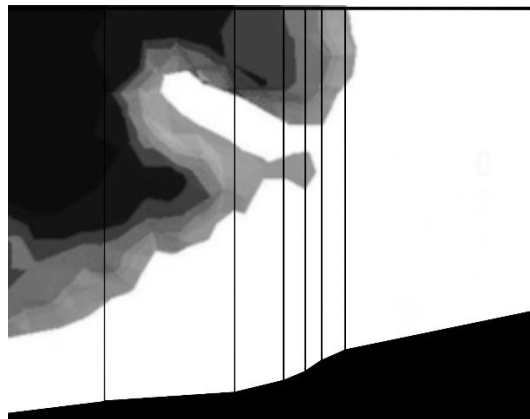
El lago Villarrica tiene un perímetro de 71 km y por carretera hay 25,4km entre Villarrica y Pucón, con una profundidad máxima de 167 metros.

FIGURA 7. Batimetría del Lago Villarrica (IGM, 1998).



FUENTE: "Sigue el problema: Nuevo bloom de algas en lago Villarrica alerta a la comunidad", por Redacción Ladera Sur, 2023, Ladera Sur. Recuperado de <https://n9.cl/kx7zm>

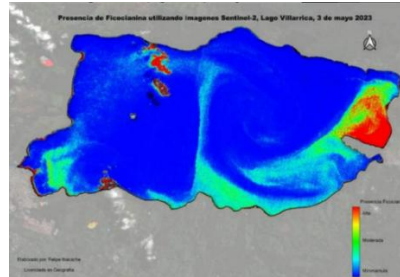
FIGURA 8. Profundidad desde la playa.



FUENTE: AUTOR, María Paz Avendaño.

En la figura 9 se muestran los sectores más comprometidos por alga verdeazulada dependiendo el nivel de pigmento (ficocianina) que hay en el cuerpo de agua:

FIGURA 9. Presencia de Ficocianina utilizando imágenes Sentinel-2, lago Villarrica, 3 de mayo 2023.



FUENTE: "Sigue el problema: Nuevo bloom de algas en lago Villarrica alerta a la comunidad", por Redacción Ladera Sur, 2023, Ladera Sur. Recuperado de <https://n9.cl/kx7zm>

Las medidas propuestas en el plan que fiscalizan a las pisciculturas no revierten el estado ya constante del lago, como se ve en la figura 10, 15 son las pisciculturas cercanas lago.

FIGURA 10. Pisciculturas cercanas al lago.



FUENTE: AUTOR, Maria Paz Avendaño.

6. Emplazamiento.

El proyecto es emplazado en el área más contaminada que paradójicamente es un balneario.

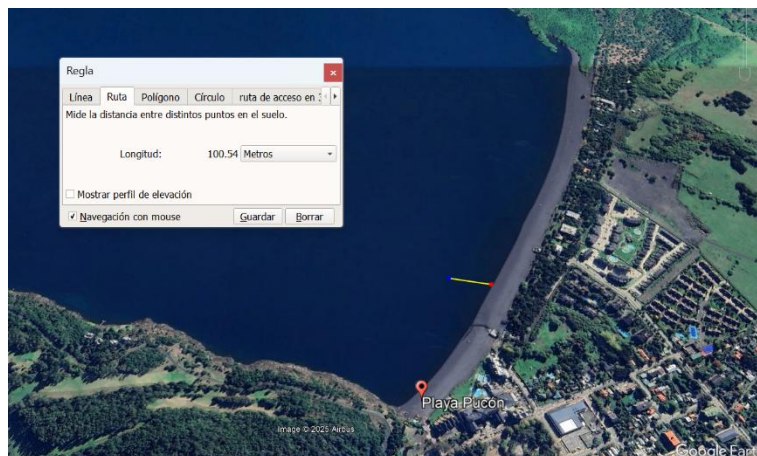
FIGURA 11. Contaminación en playa Pucón y playa Colo Colo.



FUENTE: AUTOR, Maria Paz Avendaño.

Dado que la vegetación que se utilizará es de borde, se plantea una distancia de 100 metros desde la línea del borde lacustre.

FIGURA 12. Contaminación en playa Pucón y playa Colo Colo.

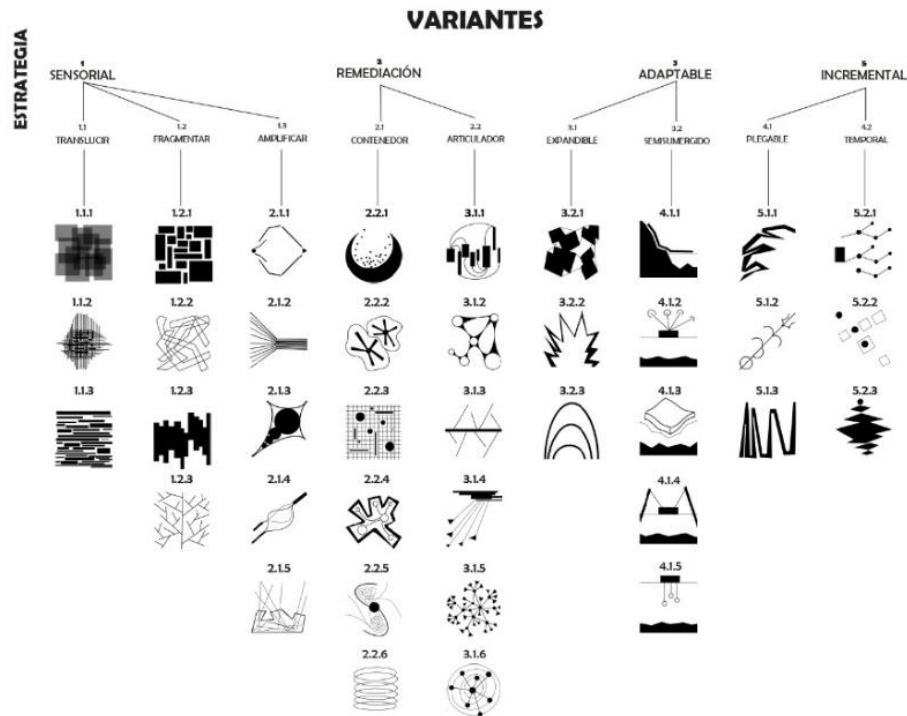


FUENTE: Google Earth Pro.

VI. ESTRATEGIAS PROYECTUALES.

Tras este experimento visual (figura 13) que consta de asociar un concepto que proviene de una problemática y traducirlo en un dibujo 2D se establecen las estrategias correspondientes al tema, caso y lugar.

FIGURA 13. Variantes de estrategias.



FUENTE: AUTOR, María Paz Avendaño.

1. Estrategia máquina.

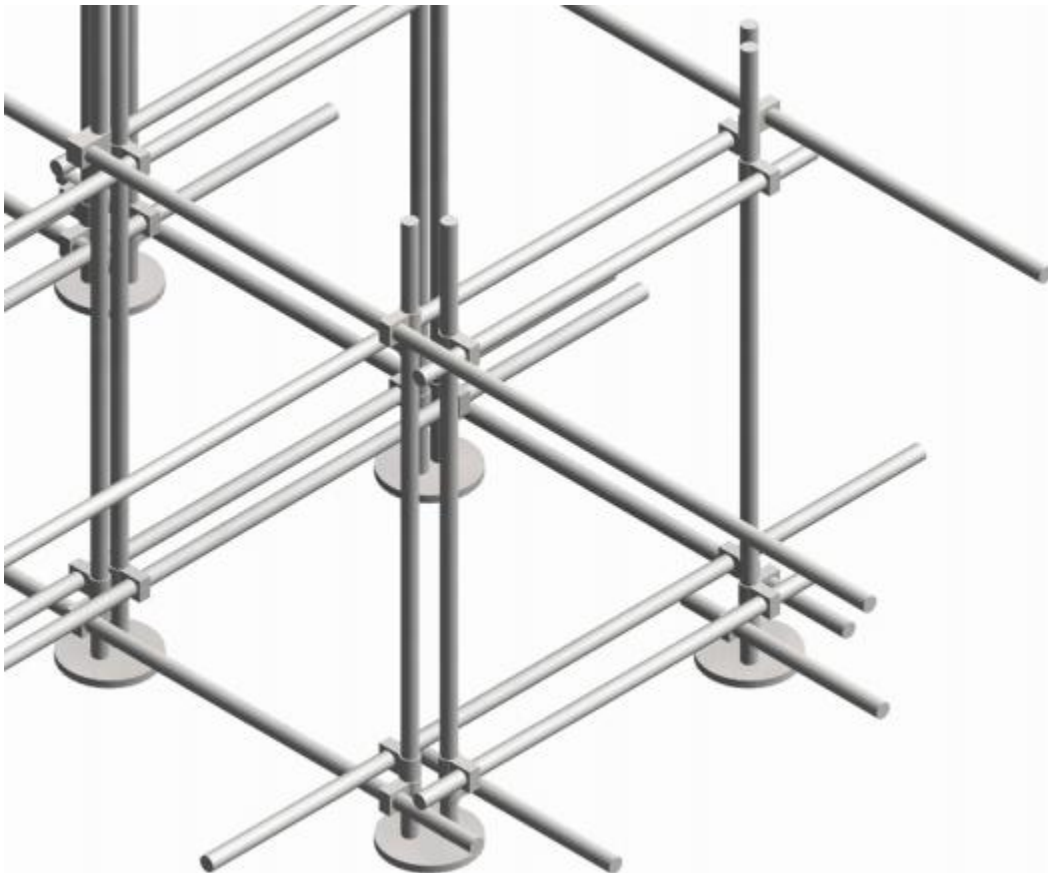
Dado que es un proyecto que busca estar en varios lugares tiene que contar con cierto dinamismo frente al clima sin perder relación con el exterior, es por esto por lo que se conforma por paneles

que pivotean y albergar distintos usos. A la hora de un mal clima estos paneles se cierran y las actividades del módulo poder seguir siendo ejecutadas.

2. Estrategia de estructura base e instalaciones.

Se utiliza una estructura metálica base transversal a la actividad que se desarrolla en los dos módulos, fácil de montar y desmontar con medidas que entran en el largo de 6m de los perfiles metálicos (6, 4.5, 3 y 1.5). La estructura base se fijará con abrazaderas de acero galvanizado.

FIGURA 14. Estructura base.



FUENTE: AUTOR, Maria Paz Avendaño.

3. Estrategia módulos itinerantes

Los módulos se compactan para ser trasladados a otra ubicación, el kit básico compuesto por el módulo de control y el técnico caben dentro de un contenedor high cube, al plegarse los paneles y ser trasladados no es necesario volver a construir un mismo dispositivo para cada cuerpo de agua contaminado.

4. Estrategia de lugar

El proyecto se emplaza a una distancia de 100 metros del borde de la playa, distancia segura para conservar su integridad y correcto funcionamiento de los HAF (humedales artificiales flotantes).

FIGURA 15. Emplazamiento.



FUENTE: AUTOR, Maria Paz Avendaño.

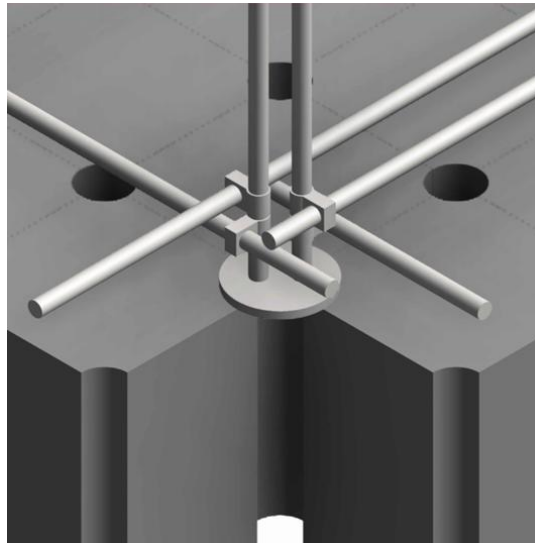
5. Borde construido.

El objetivo final del proyecto de arquitectura es reconstruir un borde de juncos a través de humedales artificiales flotantes.

6. Flotabilidad: pontones de vibra de vidrio.

El mecanismo que mantendrá a la estructura flotando serán los pontones de vibra de vidrio dado que la estructura es liviana.

FIGURA 16. Unión estructura y pontón.

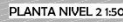
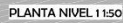


FUENTE: AUTOR, María Paz Avendaño.

VII. DESARROLLO PROYECTUAL.



PLANTAS ARQUITECTURA

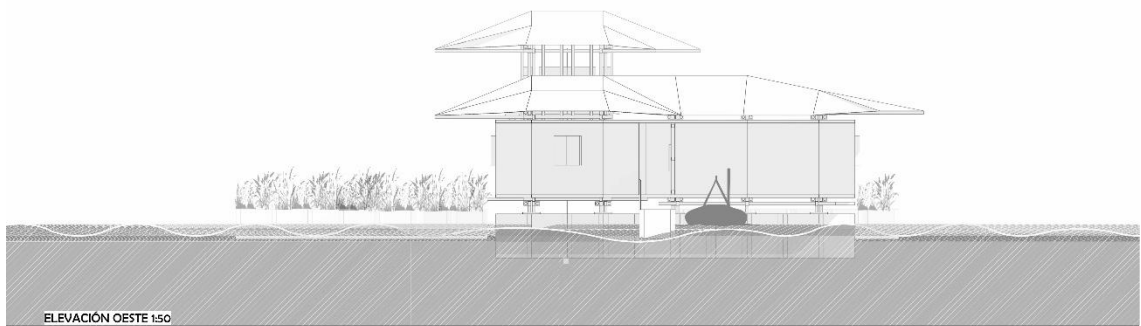
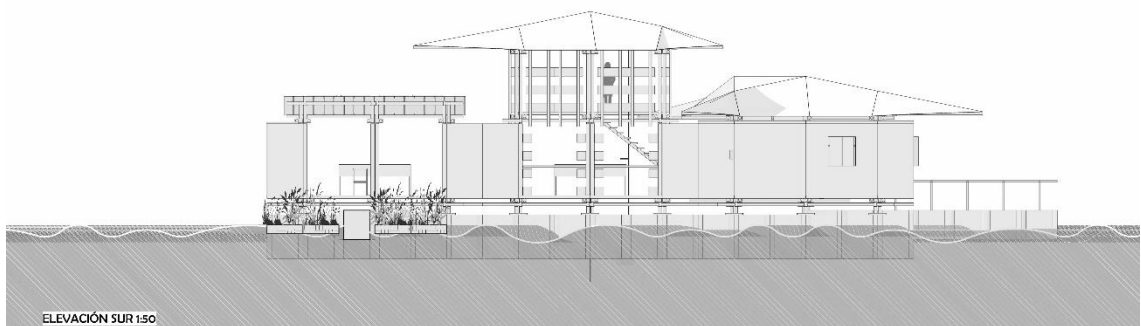
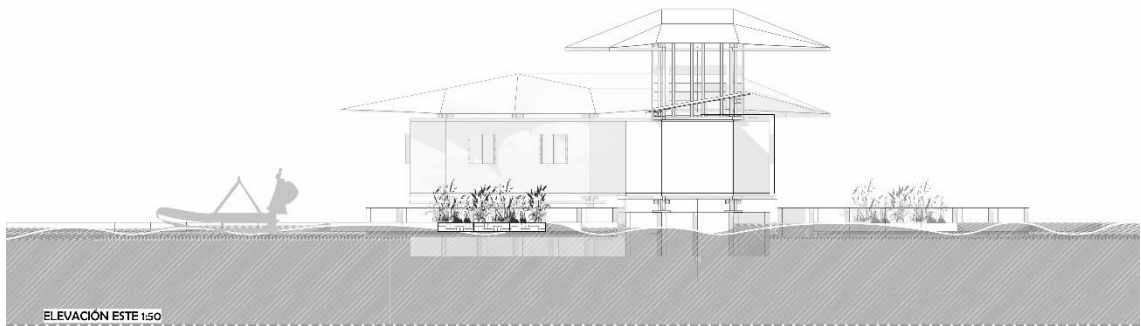
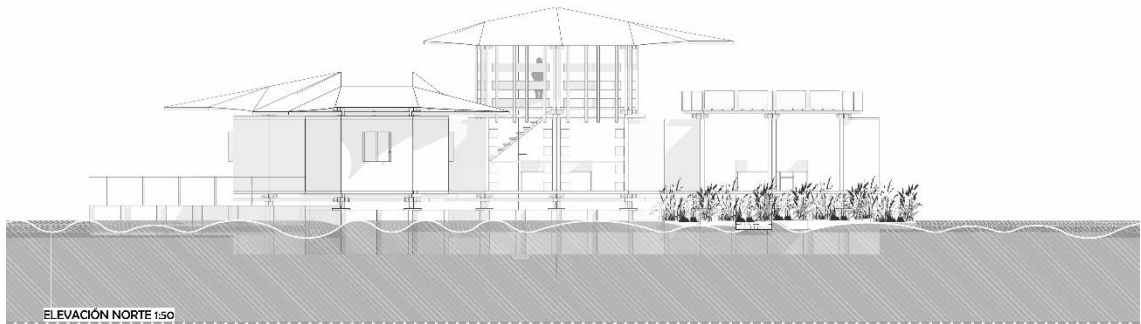


MENTIÓN INNOVACIÓN Y EMPRENDIMIENTO
ANTEPROYECTO DE TÍTULO

MARIA PAZ AVENDAÑO
PROFESOR GUÍA: ANDREA NAZAR

ARQUITECTURA
SURSUR

ELEVACIONES ARQUITECTURA



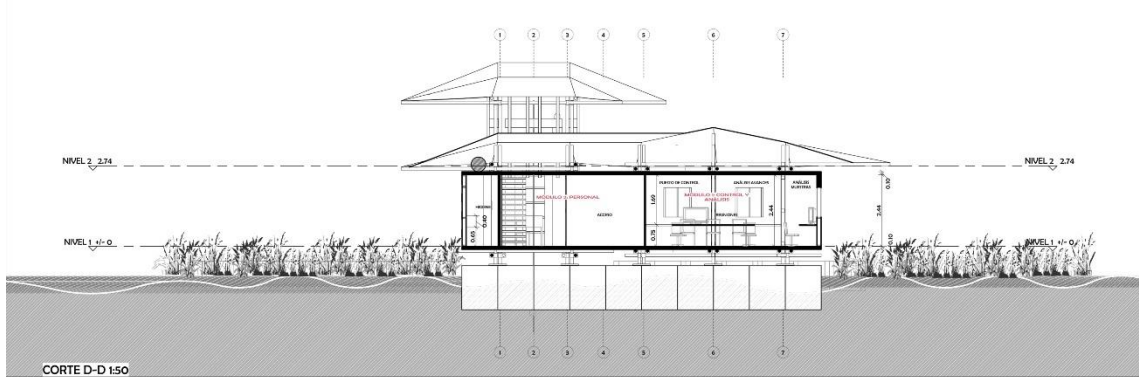
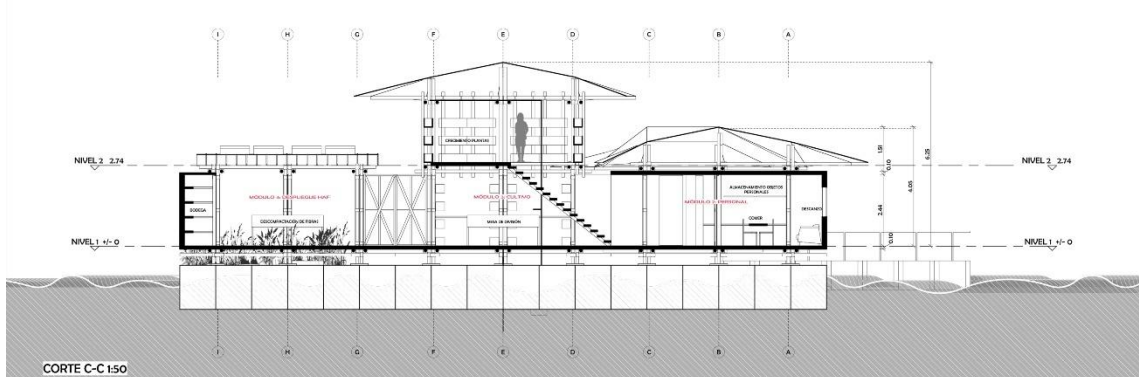
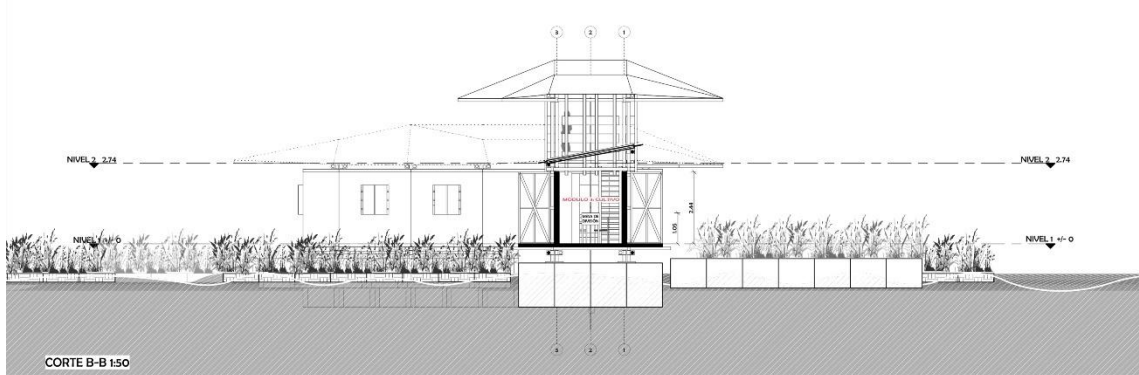
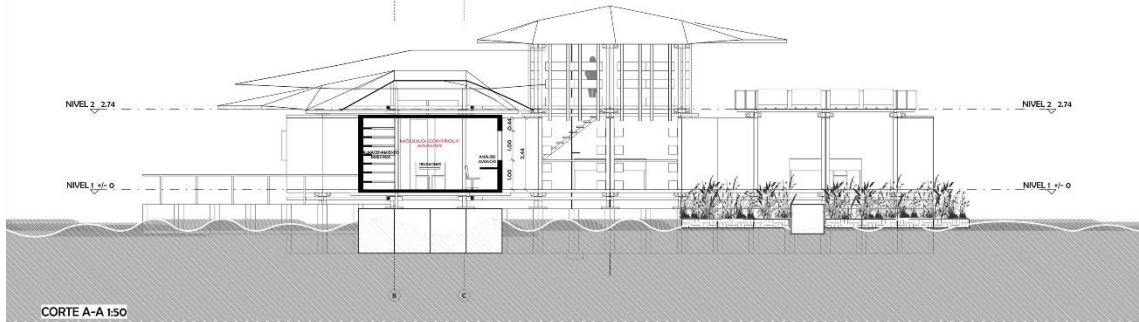
MENTIÓN INNOVACIÓN Y EMPRENDIMIENTO
ANTEPROYECTO DE TÍTULO

MARIA PAZ AVENDAÑO
PROFESOR GUÍA: ANDREA NAZAR

ARQUITECTURA
SUFUR



CORTES ARQUITECTURA



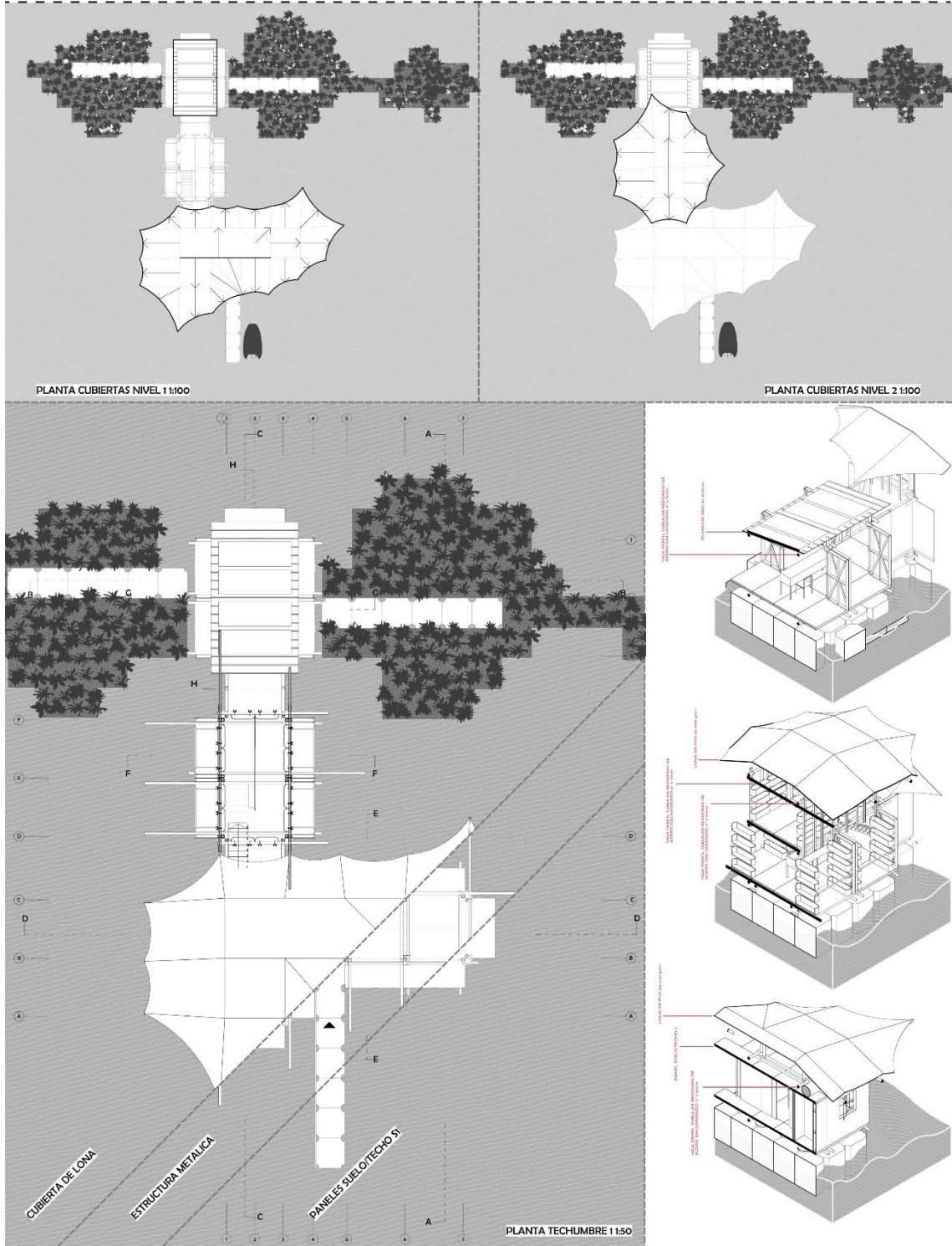
MENTIÓN INNOVACIÓN Y EMPRENDIMIENTO
ANTEPROYECTO DE TÍTULO

MARIA PAZ AVENDAÑO
PROFESOR GUÍA: ANDREA NAZAR

ARQUITECTURA
SURFUR

UB

PLANTAS TECHUMBRES Y CUBIERTAS



MENCION INNOVACION Y EMPRENDIMIENTO
ANTEPROYECTO DE TITULO

MARIA PAZ AVENDAÑO
PROFESOR GUÍA: ANDREA NAZAR

ARQUITECTURA
SURFUR
DE LA ESCUELA DE DISEÑO

UB

ESPECIALIDAD ESENCIAL: CONSTRUCCIÓN

MENTIÓN INNOVACIÓN Y EMPRENDIMIENTO ANTEPROYECTO DE TÍTULO	MENTIÓN INNOVACIÓN Y EMPRENDIMIENTO ANTEPROYECTO DE TÍTULO
--	--

MARIA PAZ AVENDAÑO
PROFESOR GUÍA: ANDREA NAZAR

ISOMETRICA EXPLOTADA 1:75

CUBIERTAS

REVESTIMIENTO MUROS

ESTRUCTURA MUROS

ESTRUCTURA SOPORTANTE

PONTONES

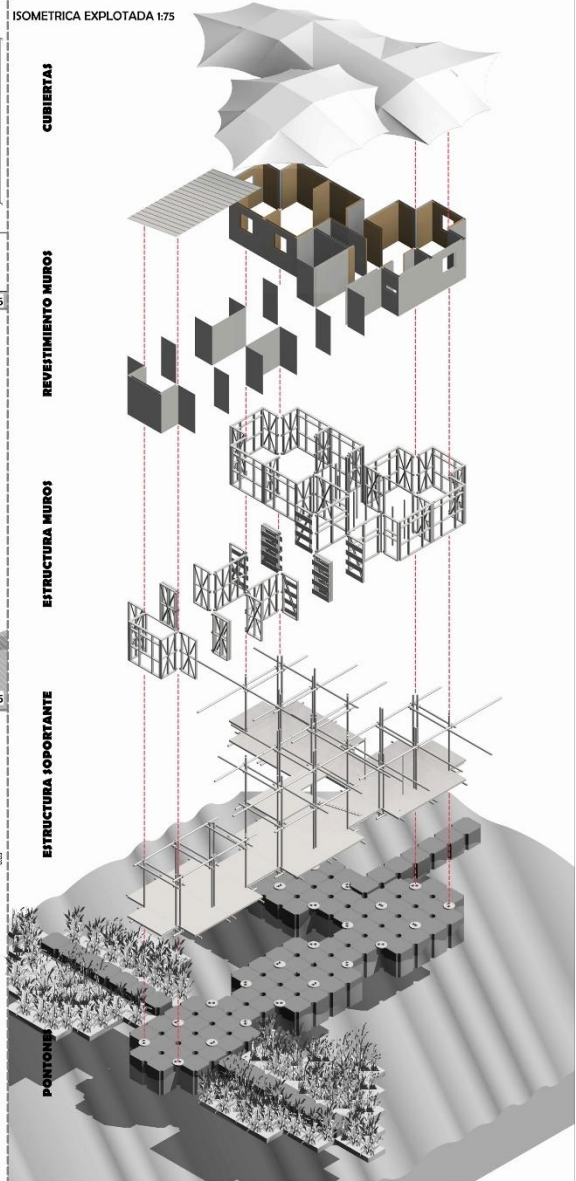
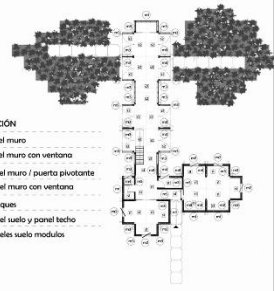


TABLA DE PANELES DE MUROS y SUELO:

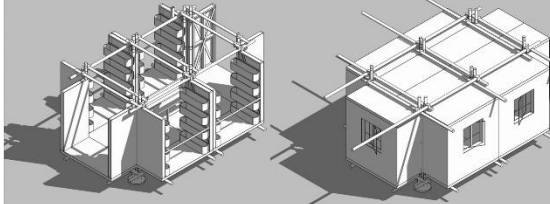
CATEGORÍA	SIMBOLOGÍA	MEDIDAS largura x espesor x alto.	CANTIDAD	FUNCIÓN
MURO		2,14 x 0,15 x 2,44	5	panel muro
MURO		2,14 x 0,15 x 2,44	5	panel muro con ventana
MURO		1,22 x 0,15 x 2,44	46	panel muro / puerta pivotante
MURO		1,22 x 0,15 x 2,44	2	panel muro con ventaneta
MURO		variado x 0,10 x 2,44	4	tabiques
SUELO/TECHO		1,22 x 0,10 x 2,44	40	panel suelo y panel techo
SUELO		1,22 x 0,10 x 2,44	23	paneles suelo modulos

ARQUITECTURA
SURSUR

LD

ESPECIALIDAD ESENCIAL: GESTIÓN

TEMA: ARQUITECTURA COMO MÁQUINA DE RECUPERACIÓN AMBIENTAL.



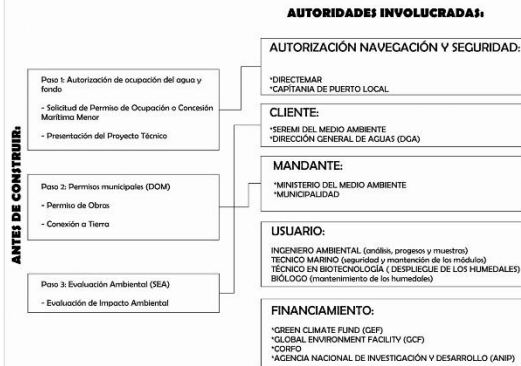
Máquina: un mismo diseño estructural se adaptará a distintas funciones: una variedad de paneles estandarizados se armarán de distintas formas en cualquier parte del mundo y en distintos materiales.

CASO: MÓDULOS ITINERANTES PARA LA REMEDIACIÓN DE CUERPOS DE AGUA.



Humedales flotantes: la finalidad de los módulos es recrear un paisaje dañado; en este caso, se busca reproducir un ecosistema desplazado.

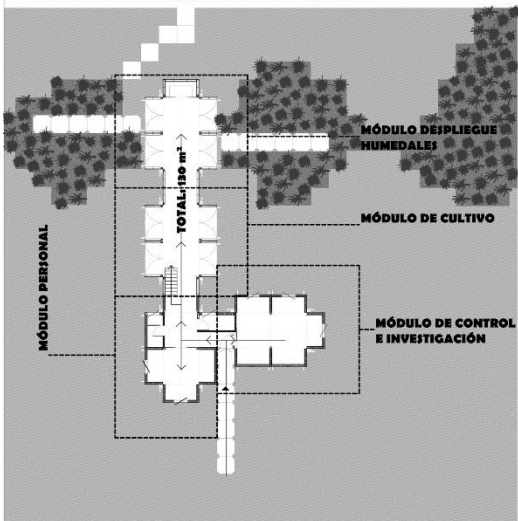
Flotabilidad: los módulos estarán soportados por pontones de polietileno de alta densidad, con una medida estándar de 1.50 x 1.22 x 1.22.



PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DE LOS MÓDULOS ITINERANTES:

- 1- SELECCIONAR EL CUERPO DE AGUA CONTAMINADO.
- 2- COMPRAR LOS MATERIALES EN EL COMERCIO LOCAL O MANDAR A PEDIR.
- 3- ARMADO Y ADAPTACIÓN DE LOS PANELES Y PERFILES CIRCULARES DE ACERO.
- 4- EMPLAZAR EN EL LAGO POR UN PERIODO DETERMINADO A PARTIR DEL ANÁLISIS.
- 5-FUNCIONAMIENTO DE LOS MÓDULOS JUNTO AL PERSONAL.
6. EXTRAER LOS MÓDULOS DEL CUERPO CUMPLIDA YA SU FUNCIONALIDAD.
7. DESARMAR LA ESTRUCTURA Y TRANSPORTAR HACIA UN CUERPO DE AGUA CERCAÑO CON LA MISMA PROBLEMÁTICA.

DISTRIBUCIÓN DE LOS MÓDULOS EN EL LAGO VILLARRICA:



VARIEDAD MÓDULOS ITINERANTES:



PERIODO DE PERMANENCIA DE LOS MÓDULOS ITINERANTES

TIEMPO POR CUERPO DE AGUA	SEM. 1	SEM. 2	SEM. 3	SEM. 4	SEM. 5	SEM. 6	SEM. 7	SEM. 8	SEM. 9	SEM. 10	SEM. 11	SEM. 12
LAGO VILLARRICA 170km²												
LAGO VICHUQUÉN 40km²												
LAGO PANQUEPULI 110km²												
LAGUNA CISNES 0.253 km²												
LAGUNA VERDE 16km²												
LAGUNA LO MENDOZA 39.73km²												
LAGO LANALHUE 32.09km²												
LAGUNA GRANDE 1.55km²												
LAGO BUDI 54.3km²												

ETAPAS CONSTRUCCIÓN EN EL LAGO VILLARRICA :

- 1- ENSAMBLADO DE LOS PANELES EN LA ESTRUCTURA.
- 2- EMPLAZAR EN LA PLAYA.
- 3- INSTALAR CUBIERTA Y ABASTECER RESERVA DE AGUA POTABLE.
- 4- CON UNA LANCHAS REMOLCAR LOS MÓDULOS A UNA DISTANCIA DE 100 METROS DENTRO DEL LAGO.
- 5-TERMINADA LA FUNCIÓN DE LOS MÓDULOS, REMOLCAR DE VUELTA A LA PLAYA
6. DESARMAR LA ESTRUCTURA.
7. TRANSPORTAR HACIA DEL SIGUIENTE CUERPO DE AGUA.

ETAPAS POR SEMESTRE EN EL LAGO VILLARRICA:

FASE	SEM. 1	SEM. 2	SEM. 3	SEM. 4	SEM. 5	SEM. 6	SEM. 7	SEM. 8	SEM. 9	SEM. 10	SEM. 11	SEM. 12
INSTALACIÓN MÓDULOS												
ESTABLECIMIENTO FITORREMEDIADORES												
CULTIVO ACTIVO												
MANTENIMIENTO CUERPO DE AGUA												
PERMANENCIA MÓDULOS												
PERMANENCIA HUMEDALES												

MENTION INNOVACIÓN Y EMPRENDIMIENTO
ANTEPROYECTO DE TÍTULO

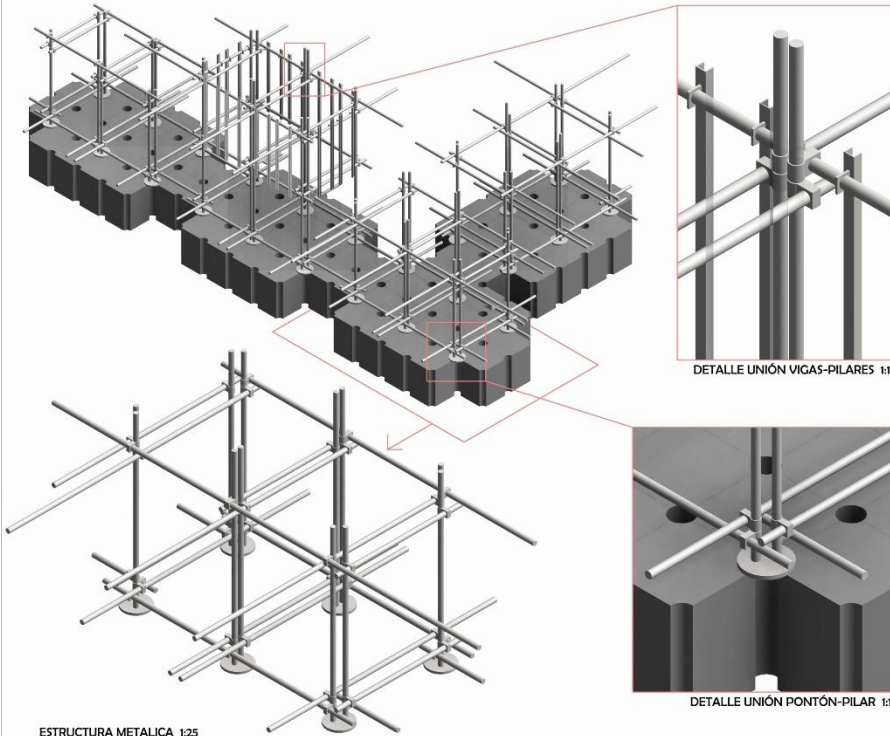
MARIA PAZ AVENDAÑO
PROFESOR GUÍA: ANDREA NAZAR

ARQUITECTURA
SURFUR

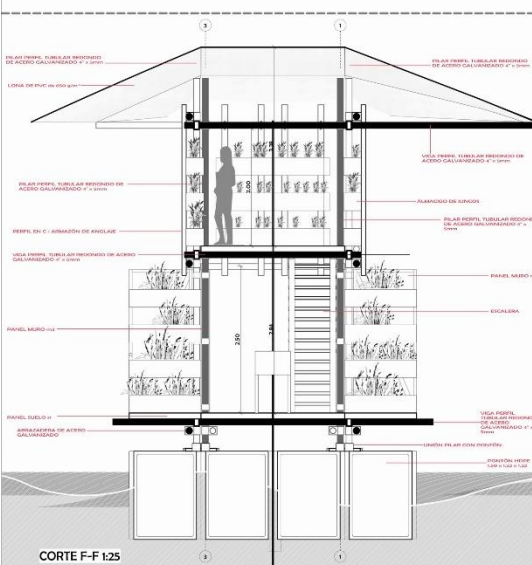
UB

ESPECIALIDAD ESENCIAL: ESTRUCTURA

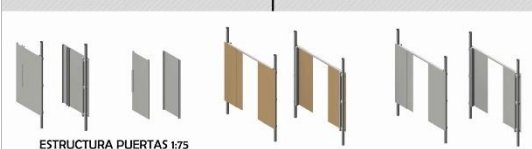
ESTRUCTURA PORTANTE 1:50



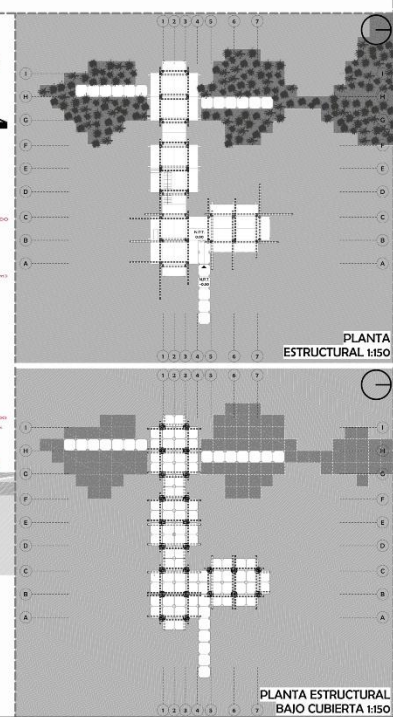
ESTRUCTURA METALICA 1:25



CORTE F-F 1:25



ESTRUCTURA PUERTAS 1:75



PLANTA ESTRUCTURAL 1:50

PLANTA ESTRUCTURAL BAJO CUBIERTA 1:50

ESTRUCTURA MURO 1 m3 y m4 (variedades según módulo)

ESTRUCTURA MURO m5 (tubique)

ESTRUCTURA MURO 1 m1 y m2

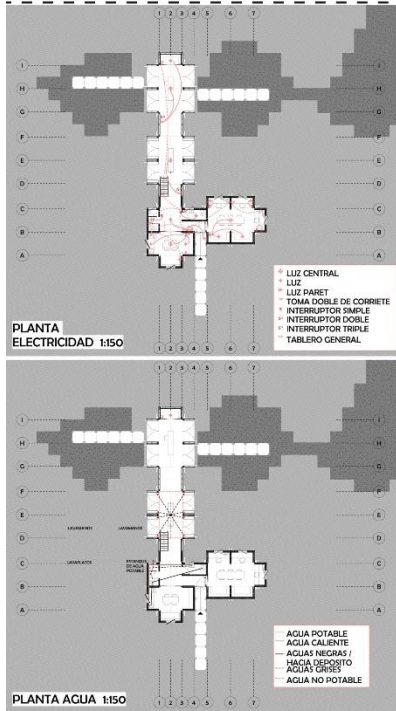
MENCION INNOVACIÓN Y EMPENDIMIENTO
ANTEPROYECTO DE TÍTULO

MARIA PAZ AVENDAÑO
PROFESOR GUÍA: ANDREA NAZAR

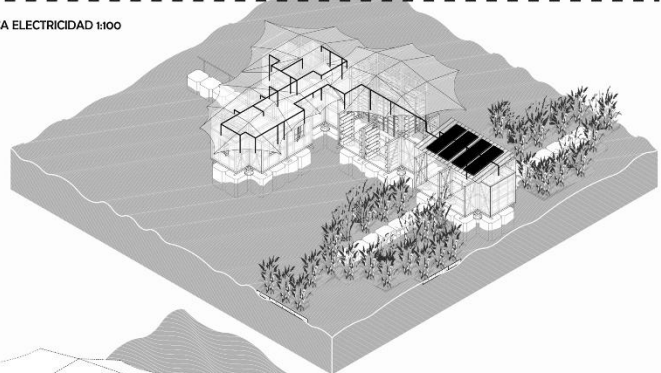
ARQUITECTURA
B U R R O
DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

UB

ESPECIALIDAD ESENCIAL: INSTALACIONES

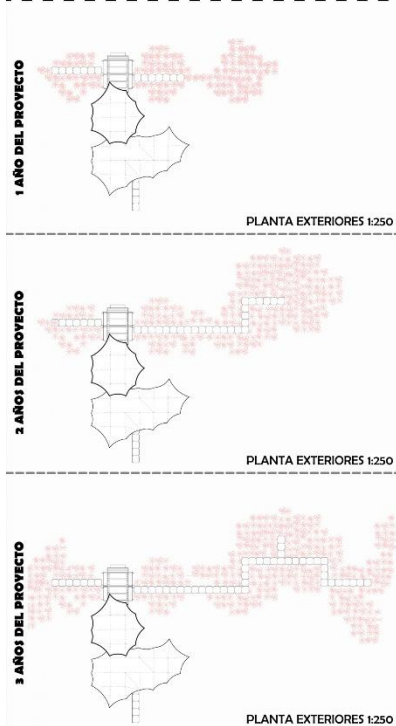


ISOMETRICA ELECTRICIDAD 1:100



ISOMETRICA AGUA 1:50

ESPECIALIDAD ESPECÍFICA: BIOLOGÍA

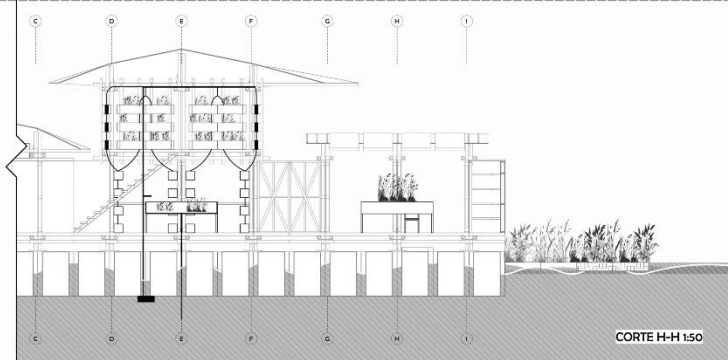
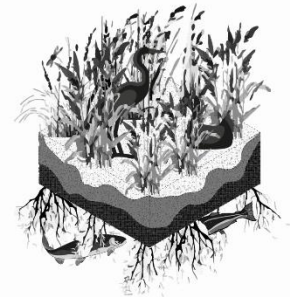


DISEÑO DE HUMEDAL ARTIFICIAL FLOTANTE

Los diseños HAF se basan en la construcción una balsa flotante con agujeros donde se colocan las plántulas en contacto con el agua. La estructura sirve como sustento o apoyo a la vegetación para mantenerla a flote y permitir que sus raíces prosperen dentro de la columna de agua. Estos sistemas se diseñan de manera que simulan escenarios de zonas húmedas naturales.

Sus funciones principales son:

- ser hábitat para peces y aves
- purificar el agua
- ser barreras para proteger la zona litoral



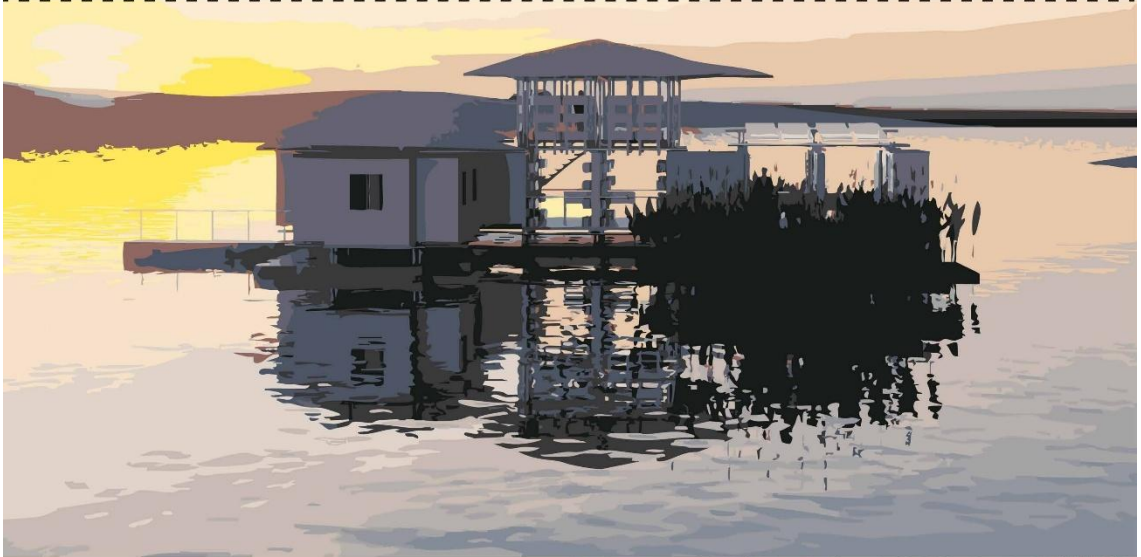
MENCION INNOVACIÓN Y EMPRENDIMIENTO
ANTEPROYECTO DE TÍTULO

MARIA PAZ AVENDAÑO
PROFESOR GUÍA: ANDREA NAZAR

ARQUITECTURA
SURFUR
DE LA PAZ Y LA SUSTENTABILIDAD



SurSur



MENCIÓN INNOVACIÓN Y EMPRENDIMIENTO
ANTEPROYECTO DE TÍTULO

MARIA PAZ AVENDAÑO
PROFESOR GUÍA: ANDREA NAZAR

ARQUITECTURA
SURSUR
DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO



VIII. BIBLIOGRAFÍA.

Bartlett, J. (2023, abril). *El desierto de Atacama, vertedero de prendas de ropa 'low cost'*. National Geographic España. <https://www.nationalgeographic.es/2023/04/desierto-atacama-vertedero-prendas-de-ropa-lowcost>

EcoFiltros. (n.d.). *Restauración de ecosistemas acuáticos contaminados o dañados*. EcoFiltros.cl. <https://ecofiltros.cl/soluciones/restauracion-de-ecosistemas-acuaticos-contaminados-o-danados/>

Florian, M. (2022, 31 de octubre). *MAST diseña un sistema modular sostenible para construir arquitectura flotante*. ArchDaily.cl. <https://www.archdaily.cl/cl/991304/mast-disena-un-sistema-modular-sostenible-para-construir-arquitectura-flotante>

SPCH, Instituto de Salud Pública de Chile. (2025). *contaminación Ambiental*. <https://n9.cl/ked4u>

Maquehue, T. (2023, 22 de agosto). *Municipalidad de Panguipulli hace presentación a fin de informar al Tercer Tribunal Ambiental sobre la falta de avance a la mitigación de contaminación del lago Panguipulli a pesar de Acuerdo Conciliatorio*. Municipalidad de Panguipulli. <https://municipalidadpanguipulli.cl/archivos/32422>

Martínez Arroyo, C., & Pemjean Muñoz, R. (2021). *No hay arquitectura pequeña. Un perchero en la casa de Miguel Fisac en el Cerro del Aire. There is no small architecture. A rack in Miguel Fisac's house on Cerro del Aire*. Revista rita, (15), 78.

MAST. (n.d.). *Land on Water*. Mast.dk. <https://mast.dk/land-on-water>

Ministerio del Medio Ambiente (2025, 29 de enero). *Histórico: Consejo de Ministros aprueba Plan de Descontaminación para la Cuenca del Lago Villarrica*. Ministerio del Medio Ambiente <https://mma.gob.cl/historico-consejo-de-ministros-aprueba-plan-de-descontaminacion-para-la-cuenca-del-lago-villarrica/>

Mora, P. (2025, 1 de mayo). *Ecosistemas del Lago Vichuquén en riesgo por proliferación de algas: Alcalde exige acciones urgentes*. Diario El Centro. <https://n9.cl/6i4tw>

Núñez, T. (2023, 24 de enero). *Lago Villarrica y blooms de algas: causas del suceso y cómo enfrentarlo*. Ladera Sur. <https://laderasur.com/articulo/lago-villarrica-y-blooms-de-algas-que-se-debe-hacer-para-evitarlos-en-el-futuro/?srsitid=AfmBOorcqSUP04QpZc79ox9fc7wfg607oUe2dss1IR40qEBL7p3hJl>

Núñez, T. (2023, 17 de mayo). *Sigue el problema: Nuevo Bloom de algas en el lago Villarrica alerta a la comunidad*. Ladera Sur. <https://laderasur.com/articulo/sigue-el-problema-nuevo-bloom-de-algas-en-lago-villarrica-alerta-a-la-comunidad/>

Thomas Kiran, M., Venkata Bhaskar, M., & Tiwari, A. (2016). Fitorremediación de lagos eutróficos mediante algas diatomeas. En *Ciencias de los lagos y cambio climático* (p. 104).

IntechOpen.Díaz, V. (2025, 14 de julio). *Escenario flotante principal de Muyunafest 2025 / Espacio Común*. ArchDaily.cl. <https://www.archdaily.cl/cl/1032008/escenario-flotante-principal-de-muyunafest-2025-espacio-comun>

IX. Antecedentes académicos.

Año Ingreso: 2020

Diseño Arquitectónico I

Profesores: Alessandra Sandolo – Thomas Mohring – Andrea Nazar

Año: 2020

Diseño Arquitectónico II

Profesores: Cecilia Silva – Cristián Yazigi

Año: 2021

Diseño Arquitectónico III

Profesores: Martin Del Solar – Gabriel Vargas

Año: 2022

Diseño Arquitectónico IV

Profesores: Edison Salinas

Año: 2023

Diseño Arquitectónico V

Intercambio Universidad Internacional de Cataluña, Barcelona, España.

Año: 2023

Diseño Arquitectónico VI

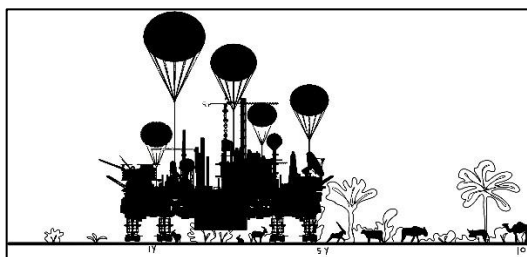
Profesores: Miguel Nazar – Marisa Perrin

Año: 2024

X. ANEXOS.

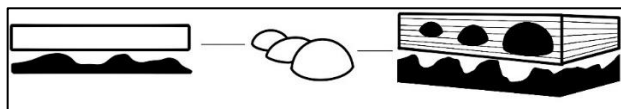
1. Referentes investigados para el Tema y Caso.

FIGURO 17. “The Green Machine”.



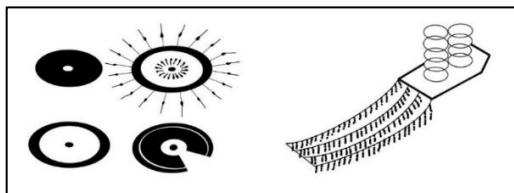
FUENTE: AUTOR, Maria Paz Avendaño.

FIGURA 18. Máquina Fitorremediadora de Relave Minero, referente de máquina (proyecto no construido).



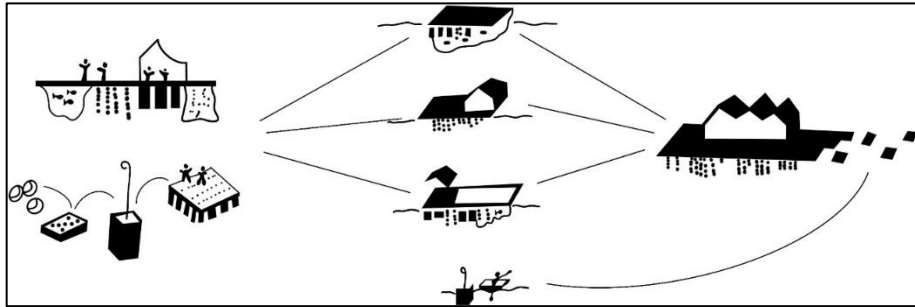
FUENTE: Autor, Maria Paz Avendaño.

FIGURA 19. Bosque Marino, referente remediación de cuerpos de agua (proyecto no construido).



FUENTE: Autor, Maria Paz Avendaño.

FIGURA 20. Granja Harbour 2.0, referente remediación de cuerpos de agua (proyecto no construido).

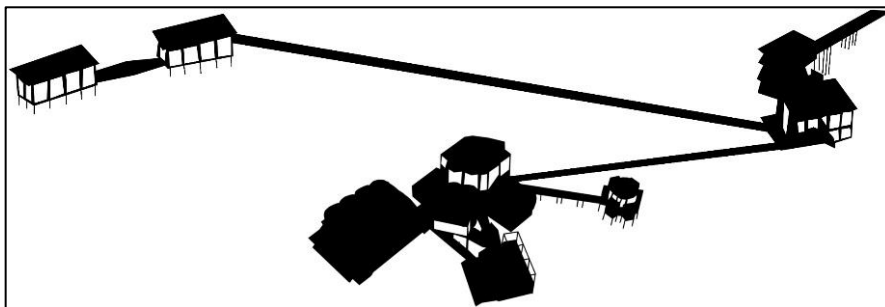


FUENTE: Autor, Maria Paz Avendaño.

Los nodos son espacios de convergencia e intercambio de información y estructuras que dictan soluciones ambientales.

El referente de nodo es *La Universidad flotante de Berlín*, para el Open Weeks se transforma un embalse de retención de aguas pluviales en un laboratorio para el aprendizaje colectivo experimental, los nodos buscan una semejanza con esta forma de interactuar con ciudadanos comunes e investigadores: **distintas estaciones dedicadas a llegar a soluciones y comprobar prototipos para resolver un problema transversal a un solo lugar.**

FIGURA 21. Universidad flotante de Berlín.

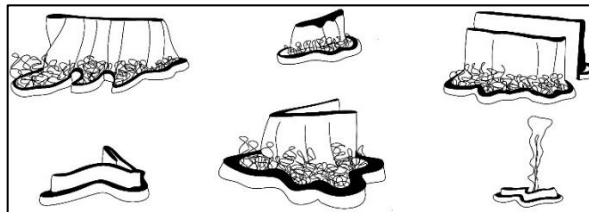


FUENTE: Autor, Maria Paz Avendaño.

La arquitectura itinerante se refiere al diseño y construcción de estructuras que pueden ser trasladadas de un lugar a otro. Se caracteriza por su movilidad, su flexibilidad para adaptarse a distintas circunstancias.

El referente de itinerante es “*Oculto a la Vista*”, propuesta de mobiliario urbano que busca salvaguardar y visibilizar a los artrópodos, transformando espacios exteriores en laboratorios de soluciones basadas en la naturaleza. Se extiende en una serie de prototipos replicables capaces de desarrollar la integración en el espacio público.

FIGURA 22. “*Oculto a la Vista*”, itinerancia en forma dependiendo la función (proyecto no construido).



FUENTE: Autor, María Paz Avendaño.

-Cómo recuperar un entorno natural a través de la arquitectura.

Para recuperar un entorno natural se debe medir y escalar el problema existente. Por medio de dos referentes teóricos se plantea que si se atiende a un medio pequeño como lo son los artrópodos sale a la luz que, tal como expone la arquitecta Nerea Feliz “el 40% de las especies de insectos están en peligro de extinción en las próximas décadas debido al uso extensivo de pesticidas y al cambio climático” (Feliz, 2019). No se les debe restar importancia porque al observar los insectos que habitan un entorno se evalúa qué tan saludable es un ambiente, son bioindicadores.

La arquitecta nombrada tiene diversas propuestas bajo la premisa de cuidar la diversidad en su escala más pequeña, uno de estos es el proyecto “*Oculto a la Vista*”, tal como ella lo describe, “es una propuesta de mobiliario urbano que busca amplificar y visibilizar diversas formas de vida urbana” (Feliz, 2019). El diseño aproxima a especies interdependientes que desaparecerán del entorno urbano y se aplican tácticas visuales para construir una sensación de camuflaje para los insectos. El objetivo final es cultivar la intimidad urbana trascendiendo el ámbito humano.

- Nudo de madera: escenario que articula y atrae cultural.

Con la intención de potenciar la participación ciudadana se levanta un escenario flotante en la ciudad de Iquitos en el Perú para el MuyunaFest de cine, utilizando materiales de la zona como troncos, ramas y fibras orgánicas, se edifica de forma artesanal una plataforma circular de 14 metros de diámetro, el armado de la base se construyó mayoritariamente in situ, es decir, dentro del agua por los locales. Como se explica en la descripción enviada por la oficina de arquitectos Espacio Común para el artículo “Escenario Flotante Principal de MuyunaFest 2025” en la plataforma ArchDaily, la base estructural consistía en módulos triangulares que formaban un decágono, sobre el cual se apoyaba un entablado de madera en disposición radial. Esta geometría permitía que la estructura flotara en su totalidad, sin anclajes (Díaz, 2025).

Durante las noches las canoas de los asistentes al festival se agrupaban alrededor del escenario, el escenario se articula como un sistema de enriquecimiento cultural. Al terminar la temporada del festival, el escenario flotante mudo a diferentes usos públicos, el proyecto concluye en ser un prototipo adaptable e identitario.

-Nodo modular: red de plástico reciclado.

Como una exploración para encontrar métodos de agricultura sostenible la oficina de diseño Studiobile fabrica un invernadero flotante nombrado “Barcaza medusa”, una estructura que produce al día 150 litros de agua potable es autosuficiente al cultivar alimentos usando hidroponía y, sobre todo, ofrece un montaje modular que puede ser desplegado en diversas ubicaciones.

El módulo del invernadero específicamente, como se describe en el artículo de ArchDaily escrito por Walker, es un octógono de 70m², flotando encima de bidones de plástico reciclados. Estos tambores se unen directamente a la terraza de madera sobre ellos, y se mantienen estables por vigas de madera a lo largo de los radios reticulares del octógono (Walker, 2014).

En este referente se utilizan dos componentes para que la estructura flote: una red en forma de octágono a la cual se le van sumando módulos, como y dentro de esta red están los bidones reciclados de plástico (el segundo elemento) que es el que le da la capacidad de flotar.

- Sobre la contaminación en el Lago Panguipulli:

Tras este escenario en el Lago Panguipulli que parece no tener solución, el presidente de la Corporación Lago Limpio, Guido Martínez, sostiene que:

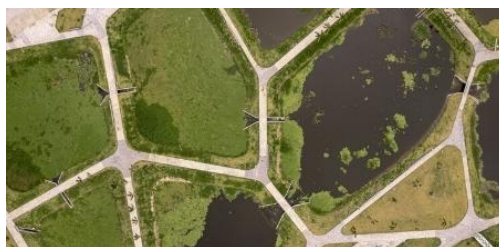
Todo lo que ha hecho Essal ha sido entabrar las presentaciones, alargar el proceso, seguir cambiando los proyectos, las presentaciones que hacen no llegan a fin porque tienen falencias. Hay información que su nuevo proyecto se va a caer, incluso del SEA dijeron que el proyecto era muy malo.

Manquehue, T. (2023). Municipalidad de Panguipulli hace presentación a fin de informar al Tercer Tribunal Ambiental sobre la falta de avance a la mitigación de contaminación del lago Panguipulli a pesar de Acuerdo Conciliatorio.

La arquitectura para la remediación de cuerpos de agua es la que busca traer un entorno acuático a lo que debería ser antes de actividades humanas que dañaron un recurso natural indispensable. Puede tomar forma a una escala más urbana, utilizar tecnologías, ser un dispositivo pequeño o algo completamente natural.

El referente de remediación de cuerpos de agua era un gran terreno baldío en la ciudad de Fortaleza en Brasil, por el que aun pasaba un arroyo, pero estaba siendo utilizado como vertedero y alcantarillado irregular. El crecimiento urbano acelerado redujo las áreas permeables y como conducencia el terreno se inundaba junto a los barrios aledaños. La respuesta fue el nuevo “Parque Rachel de Queiroz” para desempeñar el papel de eje estructurador de drenaje, en su totalidad son nueve lagos artificiales interdependientes que filtran de manera natural las aguas pluviales empleando el mecanismo de decantación y fitorremediación.

FIGURA 23. “Parque Rachel de Queiroz”, foto aérea.



FUENTE: "Parque Rachel de Queiroz / Architectus S/S", por Architectus S/S, 2021, *ArchDaily Brasil*. Recuperado de <https://n9.cl/b1m0s3>

