UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ARQUITECTURA

Tesis para obtener el título de Arquitecta,
presentan:

Paola Estefanía Avilés Mora
Gabriela Belmar Wasserman

Tesis para obtener el título de Urbanista presenta:

Axel Alfredo Sotelo Sandoval

Asesores:

Dr. Daniel Daou Ornelas
Mtra. Elena Tudela Rivadeneyra
Dra. Adriana Lira Oliver

Ciudad Universitaria, CDMX, junio 2023.

Paisajes Líquidos

Propuesta urbano-paisajística de regeneración hídrica para el lago de Zumpango

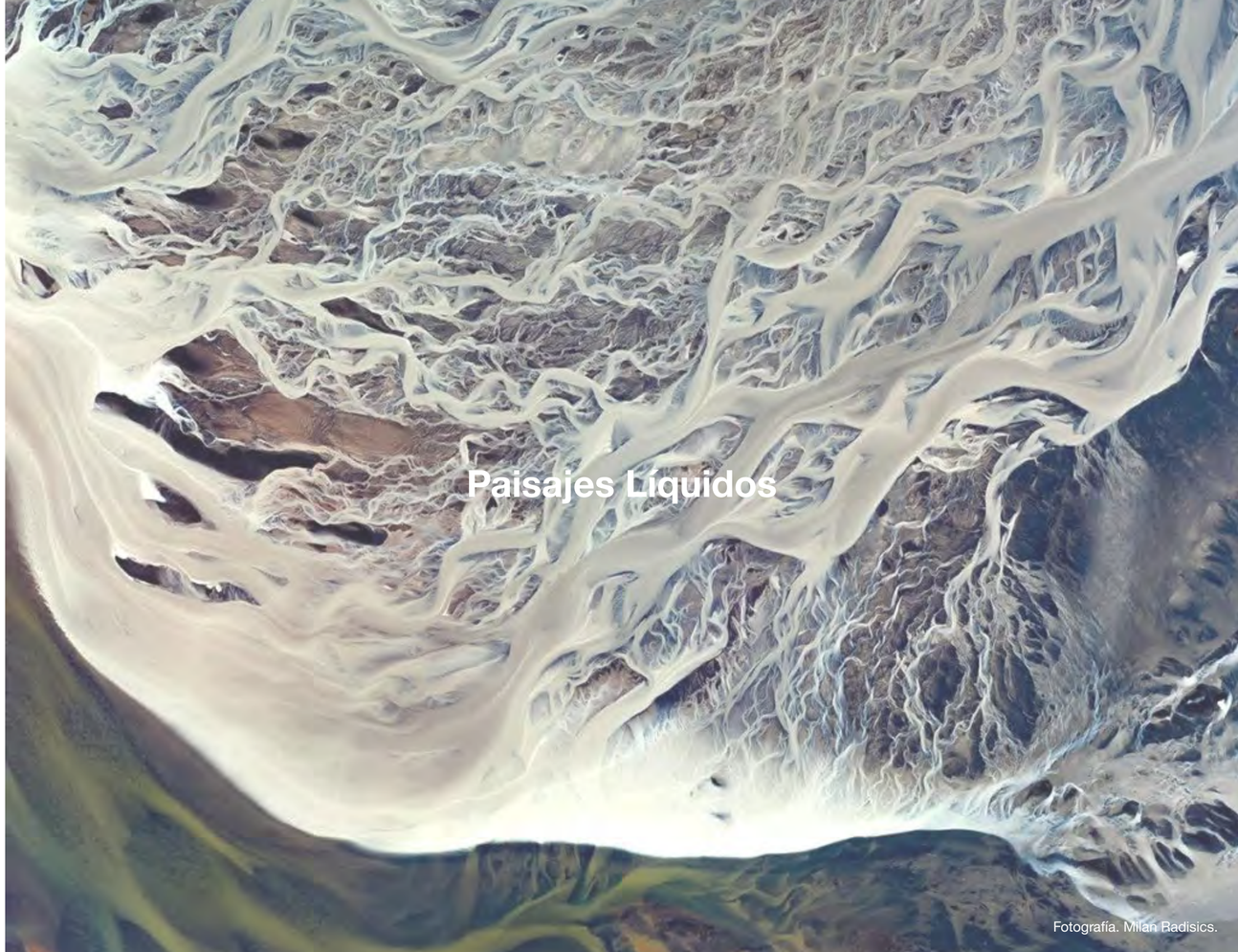
Universidad Nacional Autónoma de México
UNAM
Biblioteca Central
Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



Fotografía. Milan Radisics.

Índice

Introducción

Acerca de Intersticios 1
Planteamiento del problema 3
Cambio climático a nivel global
Cambio climático y la cuenca de México
Desconexión hidrológica en el Valle de México

Pregunta de investigación 13
Marco teórico 15
Metodología 19
Objetivos generales y particulares 23

1. Análisis territorial

1.1 Antecedentes y contexto metropolitano 28
1.2 Síntesis territorial 35
1.3 Prospectiva 43
1.4 Análogos 45

2. Proyecto de diseño “Paisajes líquidos”

2.1 Premisas de diseño y estrategia de intervención 53
2.2 Infraestructura híbrida 57
2.3 Síntesis del proyecto 61
I. Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS) 65
II. Reforestación 73
III. Borde hídrico permeable 79
IV. Vivienda 91
V. Plaza y parque hídrica 124
VI. PTAR Zitlaltepec 135
VII. Laguna de pulimento 137

3. Temporalidad y prospectiva

3.1 Época de lluvias y de estiaje 143
3.2 Prospectiva a 1, 5 y 10 años 151

Conclusiones

Bibliografía

Imagen 1. Vista de la Laguna de Zumpango. 2020.
Fotografía: Gabriela Belmar Wasserman

Imagen 2. Clase de Investigación, Seminario Intersticios. 2020.
Fotografía: Gabriela Belmar Wasserman

Introducción

Introducción

Acerca de Intersticios

El seminario de titulación Intersticios es impartido por el Laboratorio de Entornos Sostenibles de la Facultad de Arquitectura en colaboración con el Centro de Investigación para el Desarrollo Sostenible del INFONAVIT. La tercera edición se tituló “Cambio Climático y Resiliencia en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México: Infraestructura y vivienda como modelo de mitigación y adaptación”.

A través del seminario de titulación se exploraron modelos urbanos alternativos de integración socioambiental para desarrollar propuestas sostenibles de reconfiguración urbana desde una perspectiva analítica y crítica con capacidad para abordar las problemáticas más significativas para las ciudades en la actualidad. Para ello, el seminario recurre a la integración de conocimiento multidisciplinario, opiniones de expertos, intercambio académico con otras instituciones, vinculación con agencias gubernamentales y visitas a sitios relevantes a los temas de investigación en curso.

Intersticios es una propuesta académica que surge de la necesidad de replantear los difusos límites entre las disciplinas de la arquitectura, el urbanismo, el paisajismo, la ingeniería y la ecología. Este proyecto de investigación colectiva busca aterrizar propuestas para atender una de las amenazas más severas para la civilización humana y sus formas de habitar el planeta: el Cambio Climático.

Integrantes del equipo para investigación general y regional:

Paola Avilés
Axel Sotelo
Gabriela Belmar
Paulina Acevedo
Jomara Martínez
Sofía Hernández
Abraham Zarazua
Priscila Gonzaga
Javier Castillo
Diana Velazquillo
Diego Flores
Estefani Molina
Jessica López
Gricel Osorio

Asesores y sinodales del seminario que aportaron con revisiones e investigación al análisis del proyecto:

Mtra. Elena Tudela
Arq. Daniel Daou
Arq. Armando Hashimoto
Dra. Adriana Lira
Arq. Alejandra de la Mora
Arq. Marcela Delgado
Arq. Rodrigo Solé

Durante el Seminario se exploraron las posibles aportaciones en materia de adaptación y mitigación al Cambio Climático y las acciones necesarias para la construcción de resiliencia urbana a partir de la conjunción de infraestructuras urbanas y ambientales, particularmente con el uso de vivienda, incluyendo también otros usos como equipamiento y espacio público.

La tesis se compone de tres capítulos. El primer capítulo corresponde al análisis del contexto regional. Partimos de los antecedentes históricos hasta el estado actual, se delimitó un área a investigar a profundidad y a partir del cruce de información obtenida por la topografía, hidrografía, suelo urbano, vegetación, vialidades, y actividades económicas, llegamos a una serie de conclusiones que apuntan a estos nodos como la problemática a tratar. Posteriormente se sintetizó el estudio en tres acciones: fortalecer la relación con el paisaje, disminuir la brecha metabólica y desdibujar límites.

Posteriormente, una vez identificadas las principales problemáticas en el sitio de intervención, se planea abordarlas a través de un proyecto de diseño compuesto por tres ejes: 1) resalvajizar el paisaje del sitio; 2) crear infraestructura hídrica; 3) incentivar un nuevo patrón de urbanización. Cada eje tiene metas y acciones específicas o transversales.

Finalmente, este trabajo cierra presentando la temporalidad y la prospectiva del proyecto. En un eje temporal táctico y estratégico se muestran algunas medidas de adaptación ante cambios estacionales y se plantea una visión del desarrollo de la intervención dentro de distintos lapsos: 1, 5 y 10 años.

Planteamiento del problema:

Cambio climático a nivel global

De acuerdo con la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC, por sus siglas en inglés), se denomina cambio climático a la alteración del clima y composición de la atmósfera, directa o indirectamente atribuible a las actividades humanas. Al contrario del efecto invernadero, que es un proceso natural que regula la temperatura del planeta, el cambio climático tiene un origen antropogénico y se deriva de las emisiones de gases de efecto invernadero como el CO_2 o el metano, mismos que cubren la atmósfera terrestre e impiden que el calor generado en el planeta escape hacia el espacio exterior.

De acuerdo con el Panel Intergubernamental de Cambio Climático, la temperatura global ha aumentado 1.1 °C desde 1850 y se espera que dentro de 20 años la cifra aumente a 1.5 °C.

El cambio climático afecta a todos en el globo, sin distinción social o geográfica. Es un proceso que causa estragos a nivel sistémico pues retroalimenta y exacerba las condiciones que lo generan, volviéndolo más complejo y generando cambios impredecibles a distintas escalas, desde incendios y sequías, hasta el derretimiento de los polos, la acidificación y aumento del nivel del mar, y la desaparición de islas completas.

Las consecuencias del cambio climático son amplias, pero en esta introducción se hará énfasis en tres grandes ejes que inciden en la pérdida de habitabilidad:

- Aumento del peligro por fenómenos naturales
- Incremento de enfermedades e impacto en el sistema público de salud
- Disrupción de la seguridad alimentaria

Con la invención de la máquina de vapor inicia la Revolución industrial y con ello las consecuencias ambientales

1760

Tyndall estudia la afectación de los gases atmosféricos.

Uso y explotación de combustibles fósiles.

1859

Svante Arrhenius afirma que los combustibles fósiles podrían ocasionar y acelerar el calentamiento de la tierra.

1896

Guy Callendar relaciona el aumento del CO2 con las actividades humanas.

Se acelera el calentamiento en la Tierra.

1938

Se crea la Organización de las Naciones Unidas quien tendrá un papel fundamental en la atención al cambio climático.

Bomba atómica de Hiroshima.

1945

1968
CLUB DE ROMA

EUA y Canadá firman el tratado de Montreal para cuidar la capa de ozono.

Agujero en capa de ozono.

Accidente Chernóbil

1987

1970
NOAA

1979
Primera conferencia sobre el clima.

Se crea el Panel Intergumental sobre el Cambio Climático. (IPCC).

Se asume la teoría del Efecto Invernadero.

1988

5200 especies de animales están en peligro de extinción.

Deshielo en Groenlandia.

Existen evidencias concretas de que el cambio climático es ocasionado por actividades humanas.

1995

1992
Cumbre de la Tierra.

CMNUCC

Río 5

2do informe de IPCC.

Se crea el Protocolo Kioto con el fin de reducir las emisiones que dañan el medio ambiente.

La ola de calor en Europa deja 3000 muertos.

2001

2002

Cumbres de Johannesburgo.

Se firma la Hoja de Ruta de Bali para la cooperación ante el cambio climático.

El hielo del Ártico se derrite un 23%.

Huracán Katrina

2007

4to informe IPCC.

Programa de trabajo Nairobi.

Crisis económica.
Las emisiones antropogénicas se encuentran en su máximo histórico.

Escasez de alimentos en África por sequías.
Epidemia de Ebola.

2015

2013
Se crea en México el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC).

Se firma el Acuerdo de París para limitar el incremento de temperaturas en el ambiente.

Agenda ODS 2030 para el desarrollo sostenible.

2016

Aumento del nivel del mar, el derretimiento de hielos y la aparición de fenómenos meteoro-lógicos extremos.

Ola de calor en Europa
Incendios en el Amazonas.

2019

La temperatura media mundial ha aumentado en 1,1°C desde la era preindustrial.

Imagen 3. El Cambio Climático a través del tiempo. Elaboración propia.

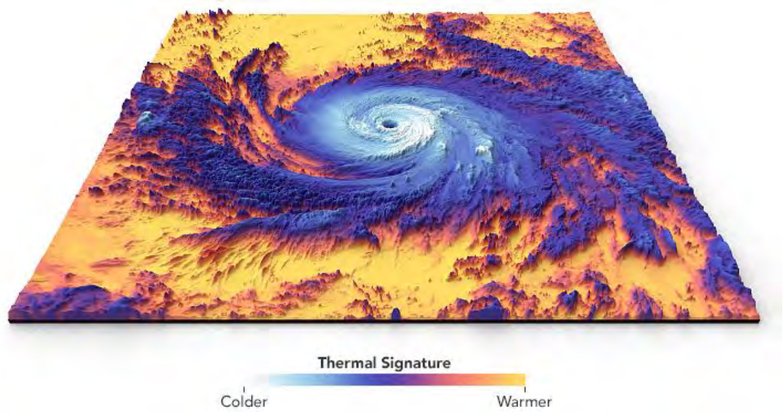


Imagen 4. Imagen térmica del Huracán categoría 5 Maria. Fuente: NASA

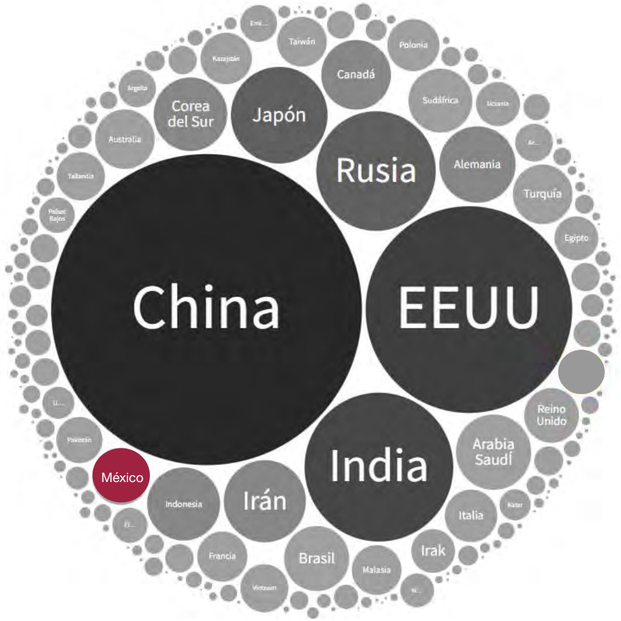
Una de las consecuencias más notorias del cambio climático es el aumento del peligro por fenómenos naturales. En el marco de la Gestión Integral de Riesgos el peligro se define como la “probabilidad de ocurrencia de un agente perturbador potencialmente dañino de cierta intensidad, durante un cierto periodo y en un sitio determinado” (Diario Oficial de la Federación, 2012). En este tenor, se prevé que el cambio climático modificará “la frecuencia, intensidad, extensión espacial, duración y temporalidad de eventos meteorológicos extremos” (IPCC, 2012, p. 7). A su vez, fallas en el actual modelo de desarrollo crean o exacerban las distintas facetas de la vulnerabilidad y la exposición, propiciando mayores impactos ante la ocurrencia de estos fenómenos.

Imagen 5. Temperatura del aire en julio de 2022. Fuente: NASA

El aumento de la temperatura tiene un impacto severo en la salud de las personas. Entre 1980 y 2016, los fallecimientos atribuidos a las ondas de calor se han incrementado alrededor del globo (Fernandez, 2021). Se identifican tres principales factores fisiológicos asociados con un incremento en el riesgo de muerte durante una ola de calor: Enfermedades cardiovasculares, enfermedades respiratorias y enfermedades cerebrovasculares. Durante la ola de calor que se suscitó en el sur de Asia (Imagen 5) durante el segundo semestre de 2022, se alcanzaron temperaturas de hasta 49 °C y se popularizó la divulgación del concepto de temperatura de bulbo húmedo, mismo que hace referencia a una combinación de altas temperaturas y un alto nivel de humedad que, en conjunto, comprometen ya no sólo el confort de las personas, sino su capacidad de supervivencia sin protección. Las medidas auxiliares para controlar la temperatura en interiores implica un mayor gasto energético y, por consecuencia, mayores emisiones de GEI.

De igual manera, el aumento de la temperatura también incrementa el riesgo de enfermedades transmitidas por alimentos al incentivar un mayor crecimiento de agentes patógenos (Lake et al., 2009) y se suman impactos en el sistema de salud pública derivados de un incremento en la afluencia en hospitales y en salas de emergencia (Ebi et al., 2021). Ante las condiciones de habitabilidad cada vez más difíciles existe la posibilidad de que exista el fallo de la capacidad gubernamental de proteger a su población o reconstruir sus asentamientos y redes de infraestructura y el desplazamiento de millones de personas que buscan condiciones más propicias.

Imagen 6. Emisiones de CO2 de combustibles fósiles por país en 2020, en miles de millones. Fuente: Global Carbon Project



China - 11
EEUU- 4.7
India - 2.4
Rusia - 1.5
Resto del mundo - 17.1

Total: 34

Las cifras de Global Carbon Project recogen un aumento exponencial de las emisiones de CO_2 por combustibles fósiles desde la época preindustrial. Hasta 34.000 millones de toneladas de CO_2 se emitieron en todo el mundo en el año 2020.

La disrupción de la seguridad alimentaria hace referencia a la desestabilización de los procesos de producción y comercio de alimentos. Los impactos del cambio climático en la producción agrícola ya se han hecho notar en varios países del mundo, como Brasil, Canadá, Francia, Estados Unidos y México (Namkung, 2022) a consecuencia de una frecuencia cada vez mayor de fenómenos naturales como sequías, olas de calor y lluvias torrenciales. Dichos fenómenos también dificultan la distribución y almacenamiento de los alimentos, lo que agrava la disponibilidad de los mismos.

Estos impactos se suman a la crisis global en la cadena de suministros y el actual conflicto en Europa del Este, eventos que han causado estragos en la seguridad alimentaria global. Además de la reducción de la cantidad producida, se ha identificado que niveles elevados de CO_2 tienen una ligera influencia negativa en el aporte nutricional de granos como el arroz, el maíz y el trigo, granos que aportan el 60% de la ingesta calórica mundial (Ebi, et. al, 2021).

Actualmente existen dos grandes estrategias para hacer frente al cambio climático: la mitigación y la adaptación. Dentro de la Ley General de Cambio Climático (LGCC, 2012), la adaptación se define como las “medidas y ajustes en sistemas humanos o naturales, como respuesta a estímulos climáticos, proyectados o reales, o sus efectos, que pueden moderar el daño, o aprovechar sus aspectos beneficiosos”. La mitigación es definida como la “aplicación de políticas y acciones destinadas a reducir las emisiones de las fuentes, o mejorar los sumideros de gases y compuestos de efecto invernadero” (Ídem). Entre sus principales acciones están la disminución de gases de efecto invernadero y el incremento de la capacidad de los sumideros de carbono.

Aún si fuera posible reducir a cero las emisiones de GEI, las temperaturas alrededor del globo tardarían hasta 80 años en estabilizarse, de manera que es de vital importancia desarrollar la capacidad de adaptarse y sobrellevar las condiciones de un planeta con condiciones climáticas en constante cambio. En este tenor, a lo largo de este trabajo se optará por presentar una serie de propuestas con un marcado enfoque hacia la adaptación al cambio climático, que como consecuencia de segundo orden incidirán en una mejor gestión de otros riesgos (IPCC, 2014).

De igual manera, existe una asimetría entre las emisiones de América Latina y el Caribe (ALC) y el riesgo derivado del cambio climático al que se ve expuesta, pues a pesar de que sus emisiones equivalen al 8.3% del total global (Bárcena et al., 2014), la región se ve particularmente afectada por la ocurrencia de fenómenos perturbadores de origen hidrometeorológico y por efectos del cambio climático. De acuerdo con el *Informe de evaluación regional sobre el riesgo de desastres en América Latina y el Caribe*, entre 1998 y 2017 el 53% de las pérdidas económicas globales por desastres de origen hidrometeorológico ocurrieron en ALC (UNDRR, 2021).

Planteamiento del problema:

Desconexión hidrológica en la cuenca del Valle de México

La Cuenca del Valle de México abarca los estados de México, Hidalgo, Ciudad de México y Tlaxcala. En ella se ubica la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), hogar de 21 millones de habitantes. Los efectos del cambio climático en la ZMVM son exacerbados por dos condiciones: la pérdida de sus cuerpos de agua y el incremento de la urbanización.

Con base en una simulación del antiguo sistema lacustre del Valle de México, se observa una disminución entre la diferencia de temperaturas mínimas y máximas en presencia del sistema de lagos. Dicho de otra manera, el antiguo conjunto de cuerpos de agua regulaba las fluctuaciones térmicas extremas en la región. En cambio, el impacto generado en el microclima regional, como consecuencia de la desecación de los lagos, implica un incremento de la temperatura de hasta 5.78 C (López Espinoza, Ruiz Angulo, 2015).

Además de la pérdida de los cuerpos de agua adyacentes a la Ciudad de México, la expansión urbana también ha jugado un papel de gran peso en el incremento en la temperatura. Existe un notorio vínculo entre la expansión urbana en la Ciudad de México y un incremento de temperatura en las estaciones “absorbidas” por el suelo urbano. Además de la pérdida de humedad, mencionada anteriormente, el incremento de almacenamiento de calor latente, la contaminación térmica antropogénica y la contaminación atmosférica son algunas de las causas del incremento de temperatura atribuibles a la urbanización (Araiza Olivares, 2022).

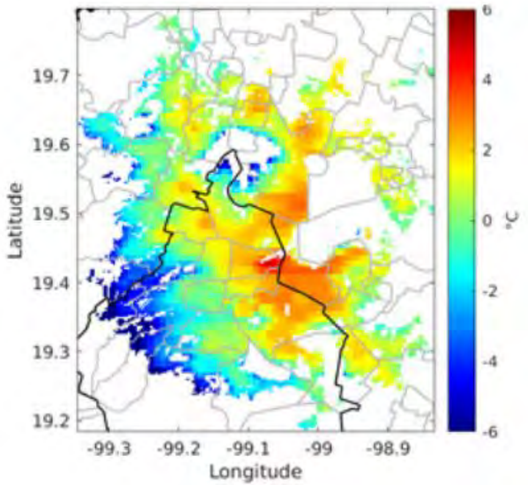


Imagen 7. Comparación de la estimación de la intensidad anual de la isla de calor urbana en superficie para el día, entre 2003 y 2017. Fuente: ELACC, SEDEMA.

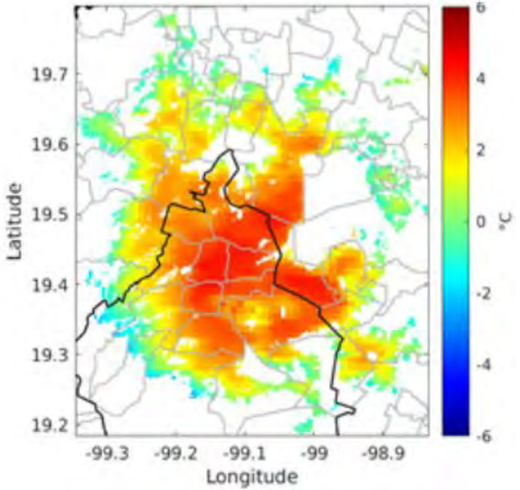


Imagen 8. Comparación de la estimación de la intensidad anual de la isla de calor urbana en superficie para la noche, entre 2003 y 2017. Fuente: ELACC, SEDEMA.

Planteamiento del problema:

Desconexión hidrológica en la cuenca del Valle de México

El desecamiento del sistema lacustre y la expansión urbana exacerbada durante el siglo pasado, han sido dos de los procesos que han alterado en gran medida el paisaje del Valle de México. La ciudad se ha concebido y construido como un espacio en constante lucha con el entorno, buscando la protección de los asentamientos urbanos a través de una serie de infraestructuras que erigen barreras y límites entre una arbitraria línea entre lo natural y lo artificial. Las infraestructuras destinadas a proteger el sistema expuesto abarcan desde los diques construidos durante la época prehispánica hasta los emisores contemporáneos como El Gran Canal de desagüe del Valle de México. Históricamente se le ha negado a nuestro valle su función natural como cuerpo de agua, al menos de manera temporal, ya que en época de lluvias es frecuente la ocurrencia de copiosas inundaciones. Los más de 3000 registros de inundaciones y encharcamientos, en el lapso de 2016 a 2022 son un doloroso recordatorio de la vocación lacustre del territorio donde se emplaza la Ciudad de México (Salas, Sotelo, 2022).

Imagen 9. Desagüe del valle de México, El Gran Canal. Fotografía: INAH.

Imagen 10. Planta en Zumpango de canal de desagüe del Edo. de México. Fotografía: INAH.

El lago de Zumpango, ubicado al norte de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México se encontró al borde de la desaparición en el año 2013, producto de una sequía que evaporó gran cantidad de agua y dejó al lago con el 7% de su capacidad, (Agua.org, 2013) generando estragos en el ecosistema y en la economía local. Sin conexión con el resto del sistema lacustre del Valle de México, el lago sobrevive como vaso regulador que capta las aguas servidas de la Ciudad de México. El resto de remanentes del antiguo sistema lacustre, otrora reguladores de inundaciones, yacen desconectados uno del otro y en un proceso de deterioro ambiental.

Adyacente al lago, el pueblo de San Juan Zitlaltepec se expande hacia zonas poco óptimas para el desarrollo urbano, incluyendo las faldas del cerro Zitlaltepec y la zona inundable colindante con el norte del lago, ambas en condiciones poco favorables, pues una de cada tres viviendas no cuenta con acceso a la red de agua potable. Las viviendas actuales replican condiciones que son constantes cada año en la zona metropolitana: carencia de servicios públicos, lejanía de equipamientos, inundaciones periódicas y constante falta de agua potable. Para 2030 se estima un crecimiento de más del 25% de la población de San Juan Zitlaltepec y el proyecto del Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles acrecentará la demanda hídrica en el municipio de Zumpango, acrecentando una situación insostenible en la región (IMTA, 2012).

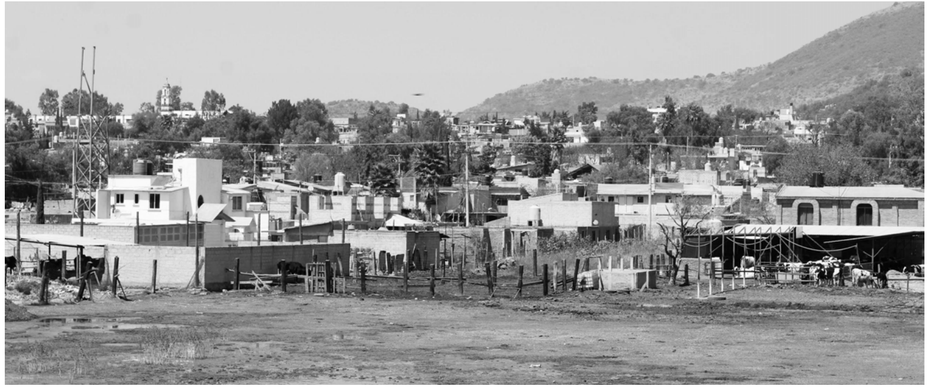


Imagen 11. Vista de San Juan Zitlaltepec, 2020. Fotografía: Gabriela Belmar Wasserman.

Pregunta de investigación

¿Cuáles son las intervenciones paisajísticas, arquitectónicas y de infraestructura adaptables que en función de la temporalidad restauren el vínculo hídrico entre Zitlaltepec y Zumpango?

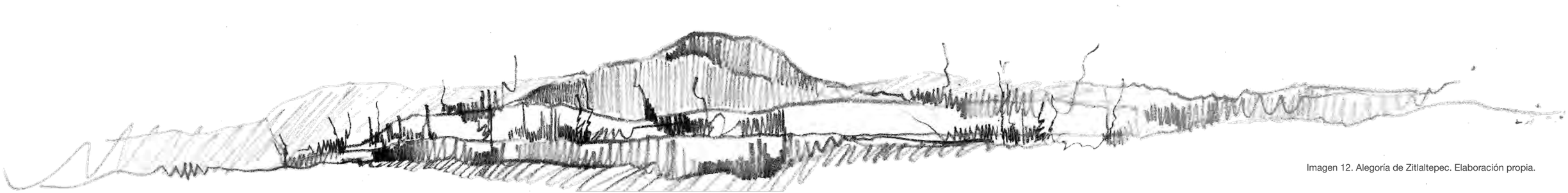


Imagen 12. Alegoría de Zitlaltepec. Elaboración propia.

Marco Teórico

Metabolismo urbano

Es un enfoque sistémico en el que se analizan las interacciones entre la sociedad y el entorno que habita a través de la esquematización de las entradas y salidas de materia, energía e información, mismas que inciden en distintos procesos ambientales, sociales, económicos y morfológicos dentro del territorio (Zhang, 2013, p. 463). Estos flujos, entrelazados con otros parámetros, dan pie a propiedades emergentes cuyas características no pueden reducirse al estudio individual de sus componentes. Al observar las conexiones entre cada uno de los elementos, los bucles y los procesos que se llevan a cabo, tenemos una visión alternativa al método reduccionista y lineal de acercamiento a la realidad. Esta visión es uno de los “paradigmas de mayor importancia en el análisis entre la interacción de la sociedad y la naturaleza” (Kowalski-Fischer, 1988, p. 61). El “metabolismo social” se concibe a mediados del siglo XIX y echaba mano del concepto biológico de metabolismo, mismo que se usa para denotar las interacciones bioquímicas necesarias para sustentar la vida de un organismo. De este concepto, se infiere en primera instancia, una relación primordial de interdependencia entre la sociedad y la naturaleza, más allá de la noción del simple aprovechamiento y explotación de esta última. Además de las características físicas del entorno, las dinámicas en los procesos productivos juegan un papel de gran relevancia en los patrones de ocupación del territorio y las relaciones sociales. En esta misma línea, “la industria de los recursos no es una industria: es un patrón de desarrollo del territorio” (Belanger, 2016, p. 124).

Una vez que los materiales han sido extraídos, procesados y utilizados, las actuales prácticas de desecho propician un fenómeno de “ruptura metabólica”, definido por Marx como la “la alienación de los humanos, dentro de una sociedad capitalista, de las condiciones naturales de su existencia” (Foster, 1999, p. 383) y menciona, específicamente, la oportunidad perdida de aprovechamiento de recursos tras el traslado de las aguas residuales de Londres al río Tames. Esto se puede ejemplificar en la Zona Metropolitana del Valle de México, que otrora fuera una zona particularmente apta para la agricultura debido a sus condiciones climáticas, disponibilidad de recursos hídricos y técnicas avanzadas, y que actualmente exporta parte de sus aguas negras hacia el Valle del Mezquital, perdiendo en el proceso una gran cantidad de nutrientes. A su vez, aún siendo un antiguo espacio lacustre y ubicarse en una cuenca endorreica, la ZMVM se ve forzada a complementar su matriz hídrica con la importación de agua desde otras cuencas. El metabolismo urbano incide en la práctica del diseño al generar un cambio ontológico, en el que la ciudad deja de concebirse como un elemento discreto, es decir, con límites definidos y se materializa como un proceso continuo y dependiente de insumos extraídos en territorios más allá de su alcance territorial y pone sobre la mesa la importancia de los territorios de “extracción” cuya identidad y función está supeditada a ser el soporte material de un territorio urbano. De este nuevo paradigma pueden surgir objetivos como “cerrar” los ciclos de uso de recursos naturales mediante la reutilización, la readaptación y regeneración de materiales y la optimización de la energía .

Resalvajización

Si bien, este trabajo de investigación plantea una visión crítica de la dicotomía entre lo “natural”, materializado como un paisaje virgen, y la artificialidad del entorno construido, es menester reconocer las cualidades del paisaje de la Cuenca del Valle de México, mismas que han permeado los modos de habitar el territorio. No nos enfocamos en hacer una crítica detallada de las políticas ambientales en torno a la conservación, sino que se busca hacer una diferenciación entre este enfoque y lo que nosotros definiremos como “resalvajización”.

La visión tradicional de la conservación concibe a la naturaleza como un elemento apartado del quehacer de la humanidad y viceversa, al punto de que la humanidad se ve a sí misma como una “fuerza exterior destinada a dominar y conquistar la naturaleza” (Schumacher, 1973, p.12). La ciencia y la tecnología desarrolladas y mejoradas durante el siglo pasado dan cuenta de este afán por controlar el territorio y dar sustento a un crecimiento demográfico acelerado. De igual manera, el filósofo Timothy Morton afirma que “la naturaleza tiene esa cualidad irreductible de estar en otro lugar y ser otra cosa” (Morton, en Jiménez de Cisneros, 2016).

El concepto de resalvajización es un término difuso, en el que tanto expertos como actores clave no logran llegar a un consenso, a pesar de los esfuerzos de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, por sus siglas en inglés) por crear un marco metodológico que facilite desarrollar guías y políticas que permitan evaluar el alcance de las acciones propuestas. Sin embargo, dentro del metanálisis realizado resalta la frecuencia de ciertas propuestas como “la restauración de servicios ecosistémicos, la creación de ecosistemas autosustentables o una combinación de ambos” (Pettorelli y Hoffmann, 2022, p. 93).

La resalvajización en este proyecto no implica remover todo vestigio humano para retornar a un entorno idealizado y libre de impactos antropogénicos, sino apunta a una concepción socioambiental en la que los procesos antropogénicos y los procesos naturales se complementan y se sustentan de manera mutua, por ejemplo, a través de la recuperación de la tradición productiva en el cuerpo del lago de Zumpango. Lo que podría parecer “salvaje” a una visión externa es en realidad una íntima relación entre los habitantes y su territorio, misma que ha sido invisibilizada con la consolidación de técnicas de mayor eficiencia. Tampoco se harán “trasplantes” de especies con el propósito de restaurar la cadena trófica, pues podría generar consecuencias de segundo orden como un incremento del conflicto o situaciones de riesgo entre el sistema expuesto humano y el resto de especies (O’Rourke, en Pettorelli y Hoffman, 2022, p. 94).

Paisaje como infraestructura

En los últimos años el diseño sostenible juega un papel cada vez más importante en la arquitectura. No basta una aproximación limitada solo a la sostenibilidad de la forma arquitectónica, sino debe considerarse también el impacto generado por distintos procesos en la escala “territorial e infraestructural” (Mostafavi, 2013, p. 321). La infraestructura juega un papel de singular importancia en la interacción entre humanos y su entorno. Deltas, carreteras, y vías de tren pueden segregar a distintos grupos espacial o simbólicamente de manera intencional o accidental. Su condición de invisibilidad en el ámbito cotidiano propicia la alienación entre los procesos físicos y biológicos y los individuos o espacios que son objeto de sus beneficios o sus perjuicios.

Belanger (2013) afirma que la eficiencia y la pretensión de control han sido los enfoques fundamentales de las disciplinas que han ejercido mayor influencia en la creación y operación de las ciudades durante el s. XX: La planeación urbana y la ingeniería civil. En esta misma línea, Koolhaas después de lanzar un ataque frontal a la concepción del urbanismo como una disciplina basada “en las fantasías gemelas del orden y la omnipotencia” (Koolhaas, 1995, p. 28) hace un llamado a crear un urbanismo que aproveche las posibilidades del territorio, configuraciones espaciales que no terminan de consolidarse, adopte nociones de expansión que nieguen los conceptos de límites y fronteras y en última instancia nos permita cambiar nuestro enfoque de la ciudad como un elemento discreto con el fin de enfocarnos en el rol de la infraestructura y poder poder conceptualizar “híbridos innombrables” (Ídem, 1995, p. 29).

El paisaje como infraestructura implica la fusión funcional entre los elementos biofísicos del territorio y el actual sistema de infraestructura creada por el hombre. Esta visión presenta una propuesta de “sistema operativo” territorial en el que la infraestructura y el entorno construido no pueden ser concebidos sin tomar en cuenta las particularidades del entorno biofísico en el que se insertan, a través de una práctica que considere y visibilice los flujos de las economías urbanas y la dinámica de la ecología planetaria” (Belanger, 2016, p. 432).

Alrededor del globo la urbanización va más allá que las zonas de influencia de las grandes ciudades y más allá de los mercados y de las cadenas de suministro locales y regionales. Por cuestiones geopolíticas, la eficiencia del libre comercio y de la ventaja comparativa se han esfumado, al menos de manera temporal, y ha quedado en evidencia la vulnerabilidad de dicho sistema y la importancia del vínculo entre los flujos ecológicos y la dinámica económica de los territorios.

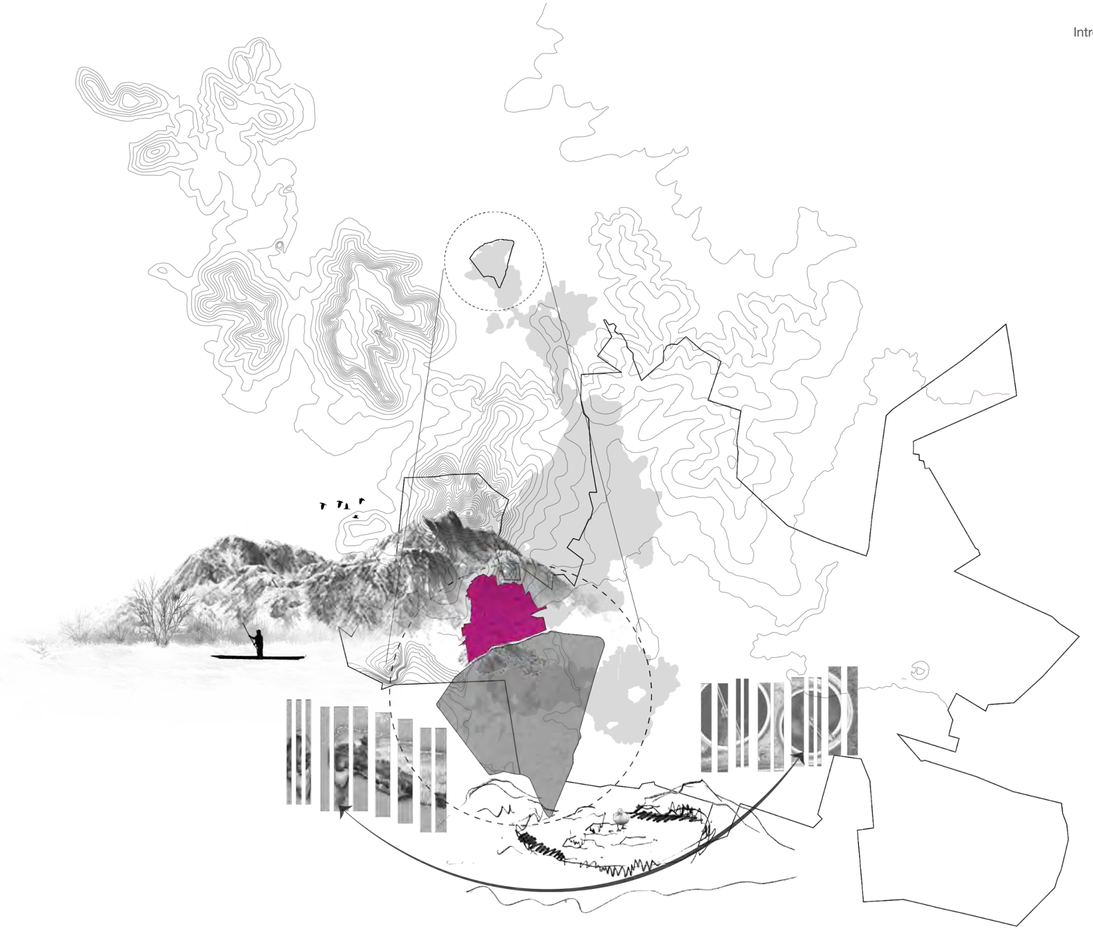


Imagen 13. Diagrama “Paisaje como Infraestructura”. Elaboración propia.

Metodología

A lo largo del seminario se hizo uso de una aproximación metodológica de diseño arquitectónico y de paisaje conocido como “diseño como investigación”, en el que el proceso de diseño espacial toma un papel fundamental dentro del proceso de investigación y el diseño, más que ser una herramienta de transformación del territorio, se convierte en una estrategia heurística que permite investigar aspectos socio ambientales, resolver preguntas asociadas a estos y generar nuevo conocimiento (Nijhuis, de Vries, 2019). Esta metodología, al contrario del modelo linear de “Análisis, síntesis y evaluación” (Armstrong, 1999, p. 3), es iterativa y permite operar sobre una “realidad cambiante” una transformación continua sobre el conocimiento de la misma (ídem, p.5). Una vez obtenido un resultado este es puesto a prueba con base en los resultados obtenidos en el proceso de investigación y posteriormente es ajustado en una nueva hipótesis. A lo largo de la creación de este documento los resultados de diseño son creados, evaluados y ajustados de manera constante.

1.5.1 Descripción del proceso

Durante el primer semestre del Seminario se desarrollaron elementos cuya forma y función fueron determinados por las propiedades de sus materiales y las condiciones en las que se emplazan. Posteriormente se llevó a cabo una profunda investigación de análisis y clasificación de cuatro ejes infraestructurales (agua, energía, desechos y biodiversidad) y de diversos elementos urbano-arquitectónicos (viviendas, áreas verdes, equipamientos, industria, agricultura y vialidades) para comprender la relación funcional entre varios de estos elementos, así como su capacidad para adaptar un espacio o mitigar efectos negativos del cambio climático. Al comprender la relación funcional, concebida como entradas y salidas de materia o energía en un elemento infraestructural, logramos concatenar varios de estos elementos para conformar un sistema al que llamamos híbrido.

Originalmente, la propuesta de híbridos se realizó como un ejercicio especializado y cuantificado, pero sin un emplazamiento específico, con el propósito de entender primero el funcionamiento de un sistema general y después poder adaptarlo a un contexto específico. El proceso de diseño de este híbrido fue auxiliado por sistemas de información geográfica y software de diseño paramétrico como Grasshopper y Ladybug. El cambio de parámetros, y por consiguiente, de formas, nos permite especular y experimentar con diversas propuestas que corresponden a distintos escenarios.

Durante el segundo semestre, se estudiaron y propusieron diferentes formas de implementar el híbrido al sitio de estudio: el municipio de Zumpango y sus alrededores. Nuestro equipo decidió intervenir el Cerro Zitlaltepec, el pueblo de San Juan Zitlaltepec y el borde norte del lago de Zumpango. Se realizó una visita al sitio para hacer reconocimiento de la zona e indagar sobre la relación directa que tienen los habitantes de San Juan con las zonas adyacentes al pueblo.

Tras el análisis de la Zona Metropolitana del Valle de México, se identificó al Lago de Zumpango como un cuerpo de agua de gran jerarquía al ser uno de los últimos elementos de herencia y tradición hídrica del Valle de México y cuyo rescate es de singular beneficio para la región (imagen 44). El lago tiene dimensiones de 1865 hectáreas y 100 millones de metros cúbicos de capacidad (IMTA, 2012). La batimetría realizada en 2006 muestra que el lago tiene un nivel de bordo de 2,250.00 msnm, un nivel ecológico en la cota 2,244.00: y el nivel del vertedor a 2,248.50 msnm. Actualmente funge como vaso regulador y depende de las aguas servidas de la Ciudad de México en los meses de septiembre y octubre.

Posteriormente se compararon dos zonas urbanas adyacentes al Lago de Zumpango: San Juan Zitlaltepec y la cabecera de Zumpango. A lo largo de la investigación nos decantamos ubicar nuestro proyecto de diseño en la primera, por motivos socio-ambientales y políticos: 1) un crecimiento urbano vertiginoso que ha exacerbado condiciones de vulnerabilidad social y deterioro ambiental; 2) exposición a condiciones de inundaciones, estrés hídrico y problemas sanitarios derivados de la contaminación de las aguas del lago; 3) al ser una delegación del municipio de Zumpango, los habitantes de San Juan Zitlaltepec se perciben alejados del proceso de toma de decisiones a nivel municipal, además de contar con una carencia de recursos humanos, materiales y financieros para la ejecución de grandes proyectos de infraestructura. Sobre este último motivo, cabe destacar que en San Juan Zitlaltepec existe desde hace más de seis décadas un movimiento social que busca la municipalización de la localidad y basa su propuesta, en cierta medida, en los dos argumentos esbozados previamente (González Gómez, 2014).

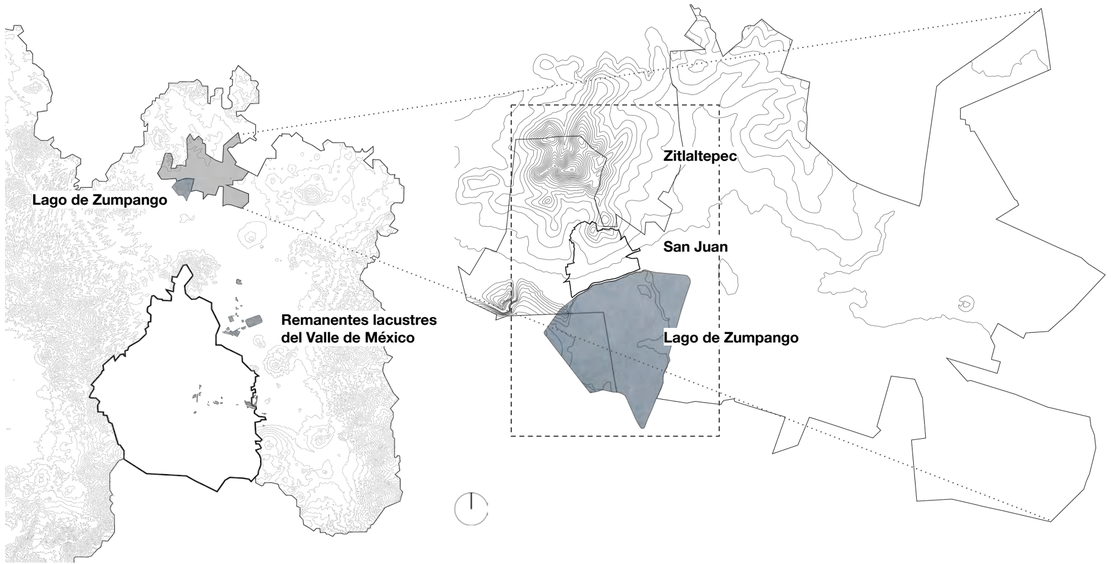


Imagen 14. Valle de México 2020. Elaboración propia.

Imagen 15. La región de estudio abarca los siguientes límites: Cerro de Zitlaltepec, pueblo de San Juan Zitlaltepec y Lago de Zumpango. Para propósitos de estilo y para evitar confusiones se les denominará en lo sucesivo a las zonas de estudio de la siguiente manera:

Cerro de Zitlaltepec = "Zitlaltepec"

pueblo de San Juan Zitlaltepec = "San Juan"

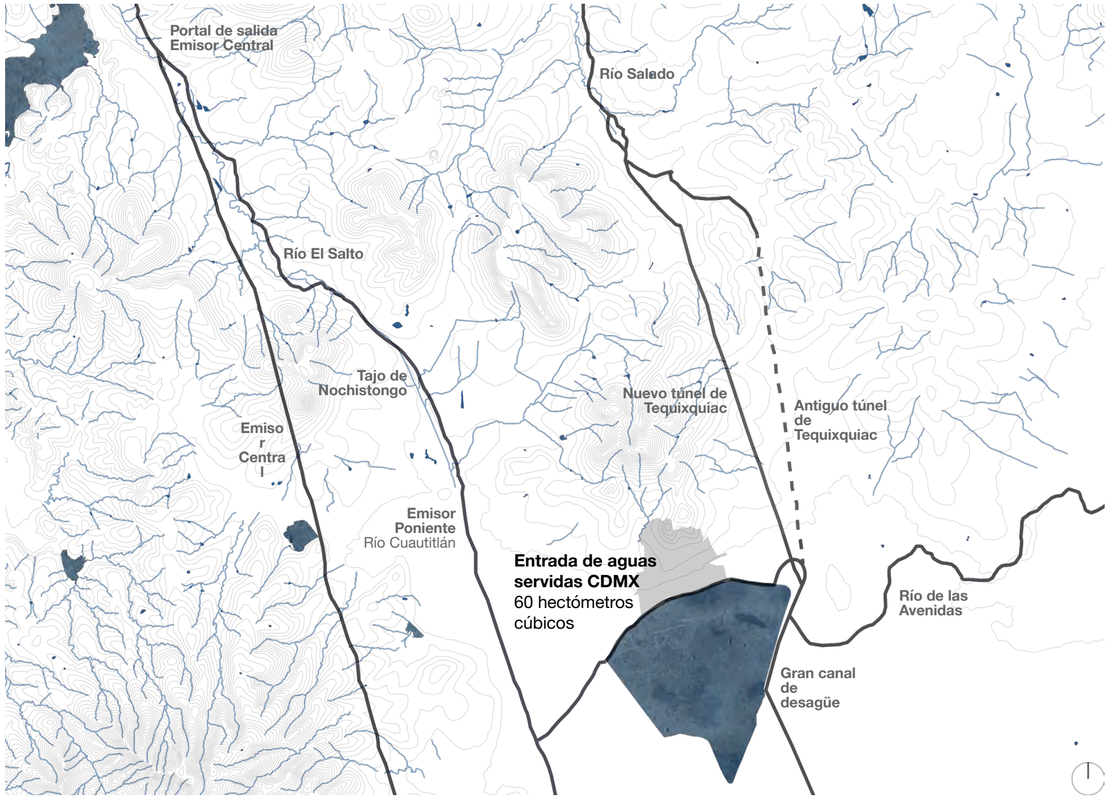


Imagen 16. Ubicación de conexiones hídricas en Zumpango y sus alrededores. Elaboración propia.

Objetivos generales y particulares

Objetivo general de la tesis

Realizar un proyecto de diseño urbano, arquitectónico y de paisaje en un polígono definido por el lago de Zumpango, el pueblo de San Juan Zitlaltepec y el cerro Zitlaltepec, para propiciar una mayor interacción entre las dinámicas sociales y ambientales entre estas tres zonas y mitigar el estrés hídrico derivado del cambio climático y del paradigma lineal de extracción, consumo y desalojo de los recursos hídricos en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México.

Imagen 17. Vista aérea del pueblo de San Juan, zona agrícola y laguna de Zumpango, 2020. Fotografía: Fernando Zúñiga

Objetivos particulares de la tesis

1. Investigar sobre las causas y efectos del cambio climático, así como reconocer las estrategias de adaptación y mitigación a sus efectos negativos

2. Realizar análisis espacial de la región de la Zona Metropolitana del Valle de México con base en la elaboración de cartografías, investigación documental y uso de bases de datos para la elaboración del diagnóstico del territorio

3. Enlazar y cuantificar los flujos de recursos naturales e infraestructuras en el área de estudio para la creación de un sistema híbrido de soporte

Imagen 18. Canaletas para captación de agua pluvial, San Juan. 2020.
Fotografía: Gabriela Belmar Wasserman.

Imagen 19. Delimitación de Zumpango. Elaboración propia.

1. Análisis territorial

En este capítulo se sintetiza el proceso de urbanización y desecación experimentados en la Cuenca de México a lo largo de 500 años, se hace un reconocimiento general de las condiciones climáticas y de infraestructura de la región y posteriormente se profundiza a través de un acercamiento al sitio de estudio: San Juan Zitlaltepec y el lago de Zumpango. Identificado el sitio de estudio, se realiza un diagnóstico de su entorno social y ambiental y un breve pronóstico con la finalidad de identificar problemáticas urgentes que podrán ser aliviadas a través de la implementación de un proyecto urbano paisajístico.

Imagen 20. “La gran ciudad de Tenochtitlan”. Diego Rivera, 1945

1.1 Antecedentes y contexto metropolitano

La formación de la Cuenca del Valle de México (CVM) data de al menos 60 millones de años. En este período, entre finales del cretácico y principios del terciario, emerge gran parte de la masa continental de México (Santoyo Villa et.al. 2005). Tras la formación de la sierra del Chichinautzin, la cuenca perdió su única salida al mar y se convirtió en endorreica. Las lluvias consolidaron un sistema lacustre dentro de la región.

La cultura mexica floreció y dominó a lo largo del valle de México. Cuenta la leyenda que los aztecas, partieron de su natal Aztlán en busca de liberarse del yugo de sus antiguos dominadores. Los aztecas cambiaron, por orden de su Dios, su nombre a mexicas (León-Portilla, 2000). El peregrinaje culminó en el Valle de México, donde los viajeros presenciaron la señal divina que indicaba su destino: un águila posada sobre un nopal. Los mexicas fundaron la ciudad de Tenochtitlan en 1325, en un islote ubicado en el centro de un sistema lacustre formado por cinco distintos lagos: Zumpango, Xaltocan y Texcoco, de agua salada; Xochimilco y Chalco de agua dulce.

Los mexicas y los pueblos circundantes tuvieron una relación estrecha con el sistema lacustre, pues el lago fue un catalizador de un sistema económico basado en la agricultura y el comercio. Las chinampas, al estar adyacentes a un cuerpo de agua no dependían de las lluvias para tener buenas eficiencias en la producción. Los pescadores y los agricultores vendían los frutos de su labor en el tianquiztli. El lago no sólo generaba riqueza, sino que también facilitaba su movimiento. Las canoas podían transportar hasta 60 hombres. Aquellas destinadas al comercio podían movilizar hasta 1 tonelada de carga con el impulso de un solo hombre y a una velocidad similar a la de una caminata (Hassig, 2006).

Durante la época precolombina se realizaron obras destinadas a lograr un mejor aprovechamiento de los recursos del lago. Algunas de las obras más significativas fueron las chinampas y los diques. Las chinampas son una tipología de espacio productivo lacustre, compuesta por espacio “flotante” de tierra fértil encofrado por un armazón de troncos y rodeado por agua. Además de su función productiva, también eran estructuras auxiliares a la expansión de la superficie de la isla de Tenochtitlan. La diferencia de nivel entre los distintos lagos del Valle de México y la variación temporal de estos causaban que las aguas saladas y dulces se mezclaran. Para ello se erigieron diques, que simultáneamente fungían como calzadas (Jiménez, 2021).

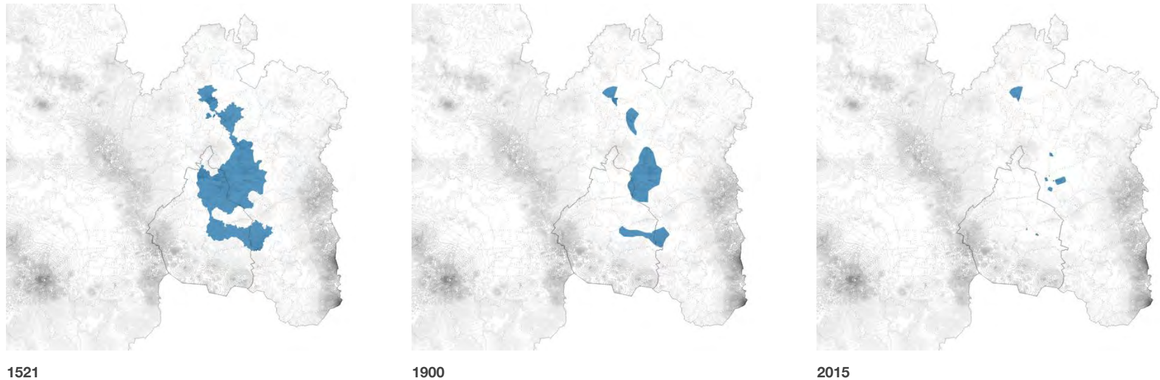


Imagen 21. Dinámica del sistema lacustre del Valle de México, 1521-2015. Elaboración propia.

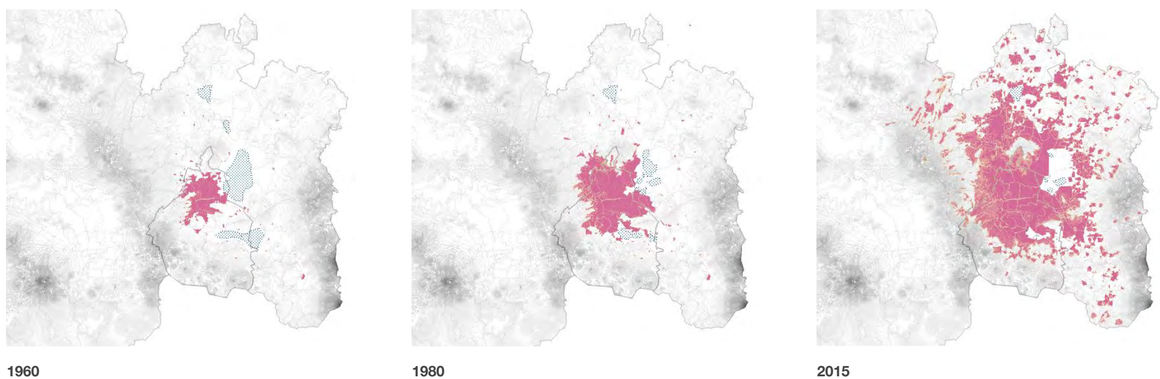


Imagen 22. Urbanización en el Valle de México, 1960-2015. Elaboración propia.

Proceso de desecación y urbanización Valle de México

Tras la derrota de los mexicas, los españoles comenzaron a construir la nueva Ciudad de México sobre las ruinas de Tenochtitlan. La constante amenaza de inundaciones incidió en la decisión del gobierno de la Nueva España de desecar de manera permanente los lagos, pues a pesar de las obras realizadas para la contención de las aguas, la capital seguía sufriendo del asedio de estas (Valek, 2000). Una de las primeras obras se realizó entre Zumpango y el canal de Xaltocan, con el objetivo de drenar sus aguas. En 1607, se encauzó el lago de Zumpango hacia el río Tula. Ambas obras fueron infructuosas pues en 1629, el Diluvio de San Mateo tuvo una duración de 36 horas y anegó por completo la Ciudad con un tirante de más de dos metros.

Sería hasta 1866 cuando comenzó la construcción de lo que se pretendía sería la solución definitiva al problema de inundaciones en la Cuenca: El Gran Canal de Desagüe. El Gran Canal fue un proyecto compuesto por tres fases: una conexión del lago de Texcoco a Zumpango; un túnel de Zumpango a Tequixquiac y el tajo de Tequixquiac. Fue concluido en 1893 e inaugurado en 1900. A pesar de su magnitud la obra falló su en objetivo de evitar inundaciones en la Ciudad de México.

Durante el siglo XX el entubamiento de los ríos de la Ciudad mermó la superficie de los lagos. El nuevo desierto lacustre tenía dos condiciones propicias para la urbanización: superficies vastas, planas y sin obstáculos; y bajos costos. Una friolera de 7000 hectáreas urbanizables, producto de la desecación, fueron adquiridas por “jefes de operación, jefes de departamento de la Secretaría de Guerra y Marina y más de cien generales jefes del Ejército Nacional así como un numeroso núcleo de altos empleados federales y [...] algunos particulares” (García y Gutiérrez, 1999). El crecimiento demográfico de las siguientes décadas devino en el aumento de la demanda de vivienda; en procesos de urbanización expansivos y sin planeación; y en última instancia en la conurbación y en el surgimiento de una zona metropolitana en el antiguo suelo lacustre.

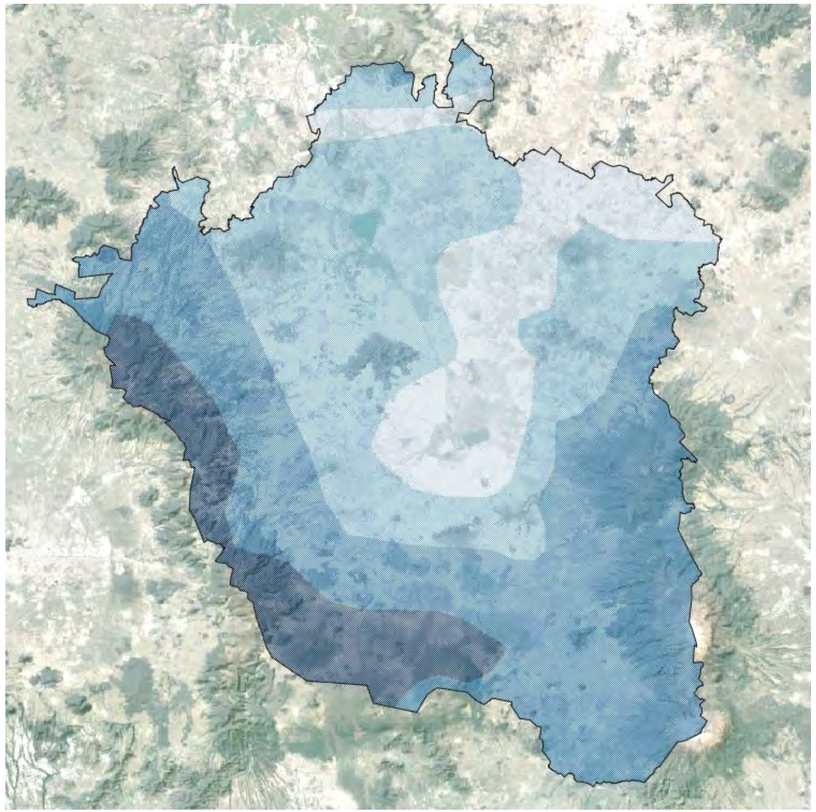


Imagen 23. Precipitación anual en la Cuenca del Valle de México. Elaboración propia. con base en CONABIO, 2018.

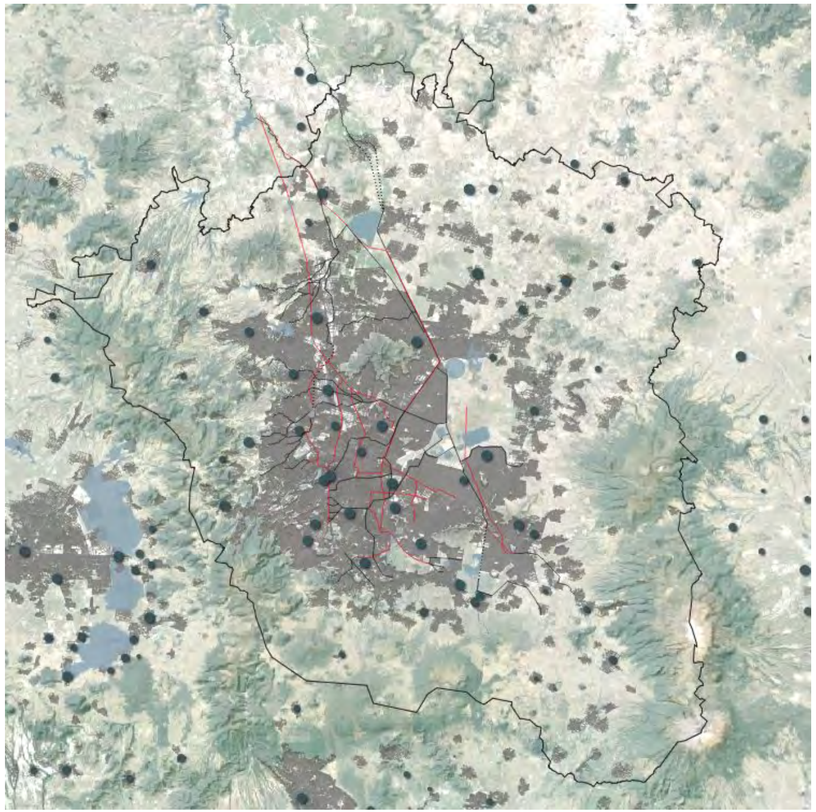


Imagen 24. Sistema de drenaje de la Cuenca del Valle de México. Elaboración propia. con base en CONAGUA, 2021.

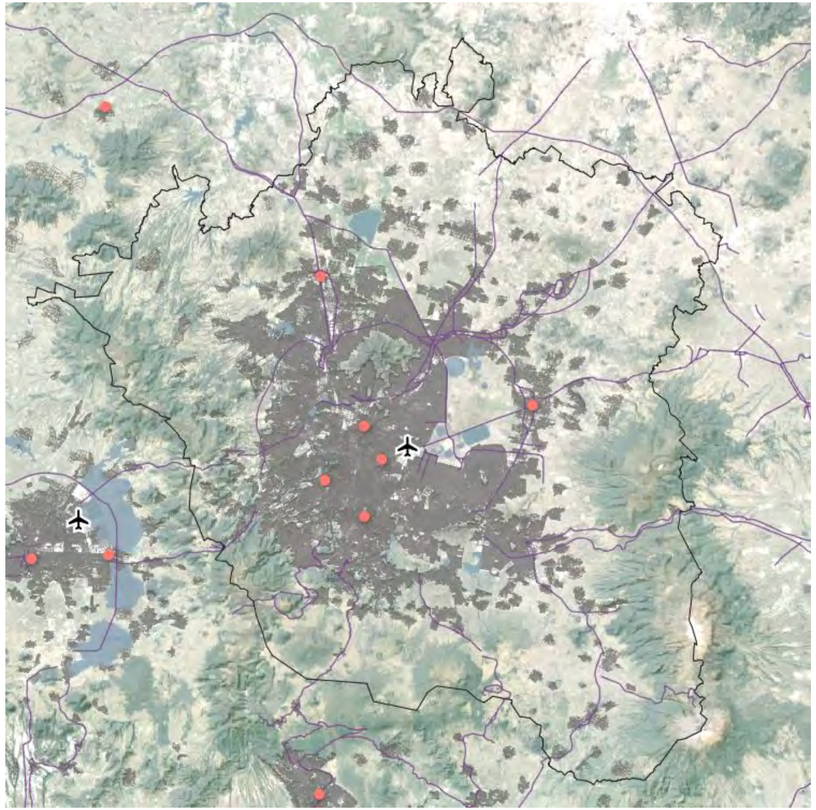


Imagen 25. Conectividad en la Cuenca del Valle de México. Elaboración propia. con base en INEGI, 2020.

Conectividad

- Suelo urbano
- Carretera federal

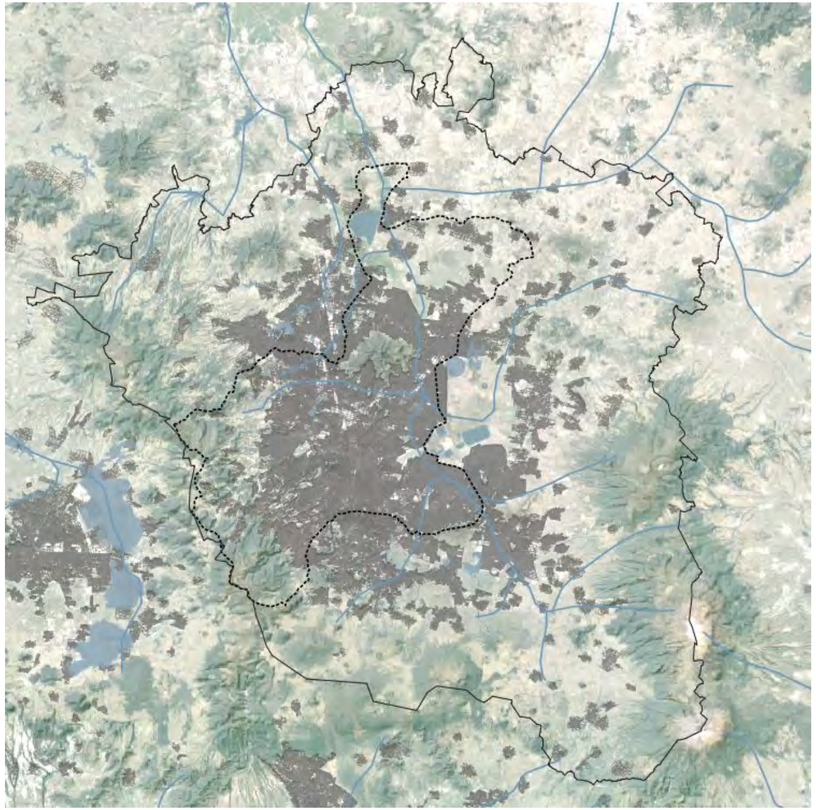


Imagen 26. Hidrografía en la Cuenca del Valle de México. Elaboración propia. con base en CONABIO, 2018.

Hidrografía

- Suelo urbano
- Cuerpos de agua
- Ríos
- Subcuenca CDMX

1.2 Síntesis territorial

En Zumpango, durante el periodo del 2010 a 2020 se ha observado una urbanización expansiva, conformada principalmente a través de la construcción de viviendas unifamiliares, las cuales se encuentran dispersas en la región. Esta tipología de vivienda ha propiciado una movilidad urbana con una notoria dependencia en el uso de vehículos particulares, lo cual puede ser observado en la imagen 27. Para 2020 había más vehículos que viviendas en Zumpango.

Este patrón de urbanización expansiva se ha replicado, a su vez, en San Juan. Entre 2010 y 2020 San Juan registró un vertiginoso crecimiento demográfico y urbano. Su población pasó de 26,504 habitantes en 2010 a 32,147 en 2020. A pesar de que la población aumentó un 21%, la cantidad de viviendas aumentó más del doble durante el mismo periodo, pasando de 5,126 viviendas a 11,117. Los principales impactos derivados de estas condiciones son: 1) la carencia de servicios públicos y equipamientos; 2) la depredación del piedemonte de Zitlaltepec y 3) la desconexión con el lago de Zumpango. A continuación se detallan dichas problemáticas.

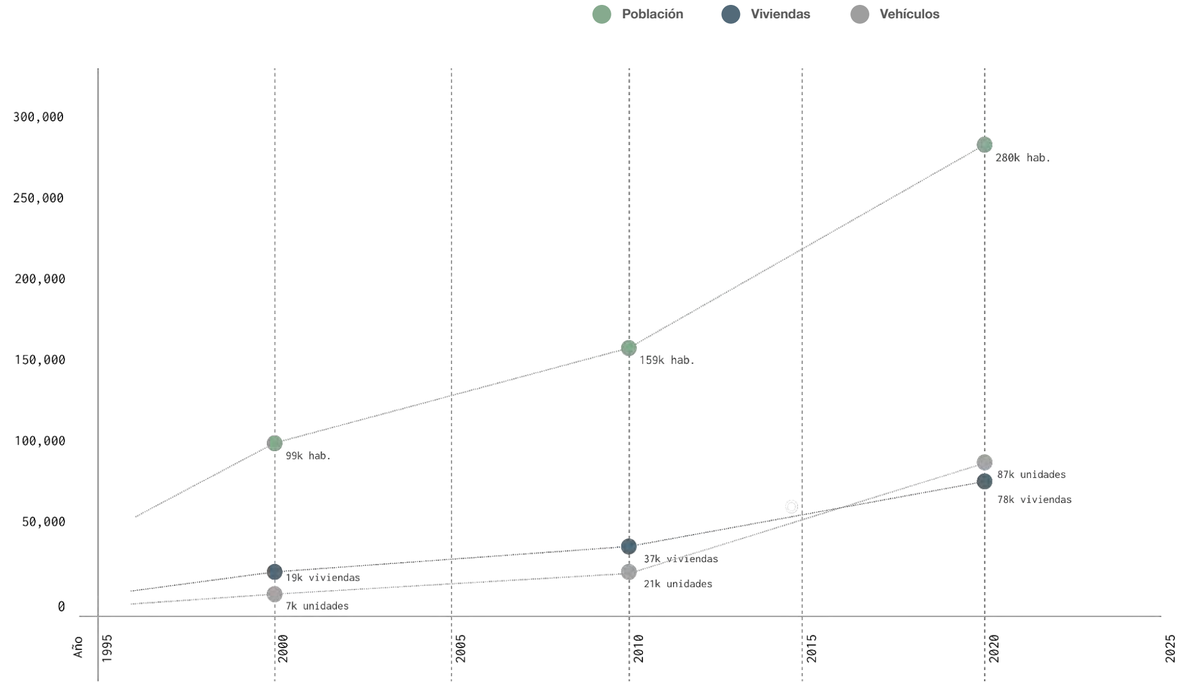


Imagen 27. Población, vivienda y parque vehicular de Zumpango, 2000-2020.
Elaboración propia. con base en INEGI, Censo de Población y Vivienda 2000, 2010 y 2020.

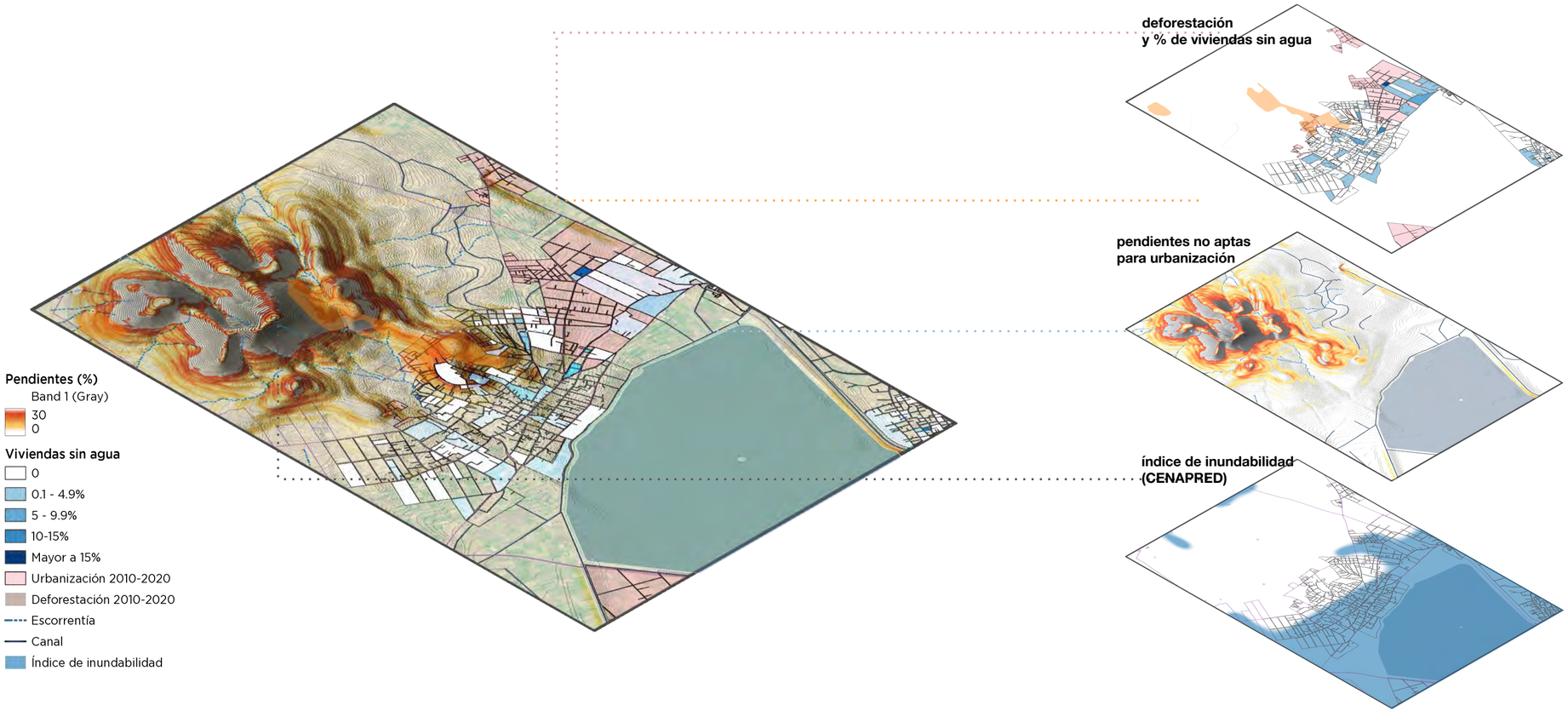


Imagen 28. Síntesis de la problemática actual en San Juan. Elaboración propia. con base en INEGI 2010, INEGI 2020 y CENAPRED 2020.

Parte de la expansión y consolidación del suelo urbano de San Juan está efectuándose en las faldas de Zitlaltepec, proceso que incrementa la contaminación por residuos sólidos urbanos y la pérdida de vegetación de cobertura y de árboles. La urbanización sin planificación ha devenido en la carencia de servicios de agua potable; en la falta de áreas verdes y de equipamientos adecuados para el ocio y la recreación de sus habitantes; y en la desconexión entre los habitantes, Zitlaltepec y el lago de Zumpango. De igual manera, en 2010 el 25% de las viviendas no contaba con agua entubada. En 2020 se estima que el porcentaje aumentó al 41% de las viviendas.

La pérdida de vegetación y la urbanización en pendientes poco propicias incrementan el peligro por procesos de remoción en masa. La pendiente en las faldas del cerro de Zitlaltepec y la falta de vegetación de cobertura propician un aumento de velocidad en las escorrentías, menor capacidad de infiltración de las mismas, mayor erosión en los suelos y pérdida de nutrientes. Los sedimentos arrastrados por la escorrentía son los principales contaminantes de suelos agrícolas (Hoorman, J. J. (2009). Dichas afectaciones no sólo tienen efectos negativos en el cerro, pues Zitlaltepec juega un papel de gran importancia en la calidad de los espacios agrícolas y los cuerpos de agua del resto de San Juan. Además los suelos vertisoles dificultan el drenaje interno, propician inundaciones y encarecen el proceso de urbanización (H. Ayuntamiento de Zumpango, 2003). Sin embargo, dicho suelo y las pendientes representan una oportunidad para el cultivo eficiente de sorgo y arroz.

Las aguas servidas depositadas en Zumpango se componen por un 80% de agua pluvial y un 20% de agua residual. Las aguas exceden los parámetros admisibles de pH, turbiedad, color, olor, nitrógeno, fosfatos, coliformes fecales y mercurio (Venegas, 2019). El lago se delimita con un talud, que funciona como una medida de mitigación estructural de peligros por inundación. El talud puede crear una sensación de falsa seguridad que habilita la expansión y consolidación de viviendas en un área inundable.

Estado actual

Imagen 29. Condiciones actuales del Cerro de Zitlaltepec. Deterioro de suelos, muestra indicios de urbanización en sus faldas, en los antiguos ejidos “El Colorado” y “El Terremote”, producto de la invasión de tierras ejidales, creación de fraccionamientos clandestinos y venta ilegal de predios.

Zitlaltepec actualmente cuenta con alrededor de 171 has. de bosque de encino y pirul, 618 has. de matorral y 610 has. de pastizal.

Imagen 30. Pérdida de conexión entre el cerro de Zitlaltepec y el pueblo de Zitlaltepec, crecimiento urbano sin una traza urbana establecida. Carencia de espacios públicos y áreas forestales.

La urbanización sin planeación deriva en la carencia de servicios como recolección de basura.

Imagen 31. Borde entre el Lago de Zumpango y el Pueblo de Zitlaltepec debido a la prioridad de zonas ganaderas y la creación de un talud que funciona como barrera. La segregación deja en segundo plano al paisaje y su ecología y propicia un proceso de desmemoria hidrológica en el que los cuerpos de agua ya no forman parte de la cotidianidad o del imaginario colectivo de los habitantes. En las imágenes 33 y 34 se observan a detalle.

Imagen 32. El crecimiento urbano y agrícola en San Juan compromete usos de suelo más eficientes. Lotes baldíos cubren de manera no siempre adecuada la carencia de sitios de recreación

Las calles son espacios liminales, sólo sirven para conectar destinos y no hay nada que las convierta en sitios atractivos. Carencia de sombras, infraestructura peatonal y permeabilidad visual.

Imagen 33. Predios agrícolas actuales con poca producción debido a las condiciones desfavorables y el estrés hídrico que las maneja.

Disrupción en la relación entre San Juan y el entorno hídrico y vegetal. Existen leves intentos por encauzar las escorrentías que cruzan el pueblo.

Imagen 34. Condiciones actuales de islas agrícolas dentro del Lago de Zumpango. Poca producción pero gran revelación de la naturaleza salvaje.

Todavía permea la concepción de los cuerpos de agua superficiales como simples canales de aguas negras.

Problemática de sitio a detalle

Además de los problemas en nuestras zonas de estudio, al verlas en su conjunto emerge un problema serio: la pérdida de conexión física y funcional entre dichas zonas como consecuencia de intervenciones humanas que dejan en segundo plano al paisaje y su ecología y propicia un proceso de desmemoria hidrológica en el que los cuerpos de agua ya no forman parte de la cotidianidad o del imaginario colectivo de los habitantes. Ejemplo de ello son dos barreras en el espacio de transición entre el pueblo y el norte del lago.

La primera barrera es un colector de aguas negras que genera un ambiente insalubre y poco confortable. Atravesar el colector supone un viaje largo, pues sólo se puede cruzar a través de dos puentes.

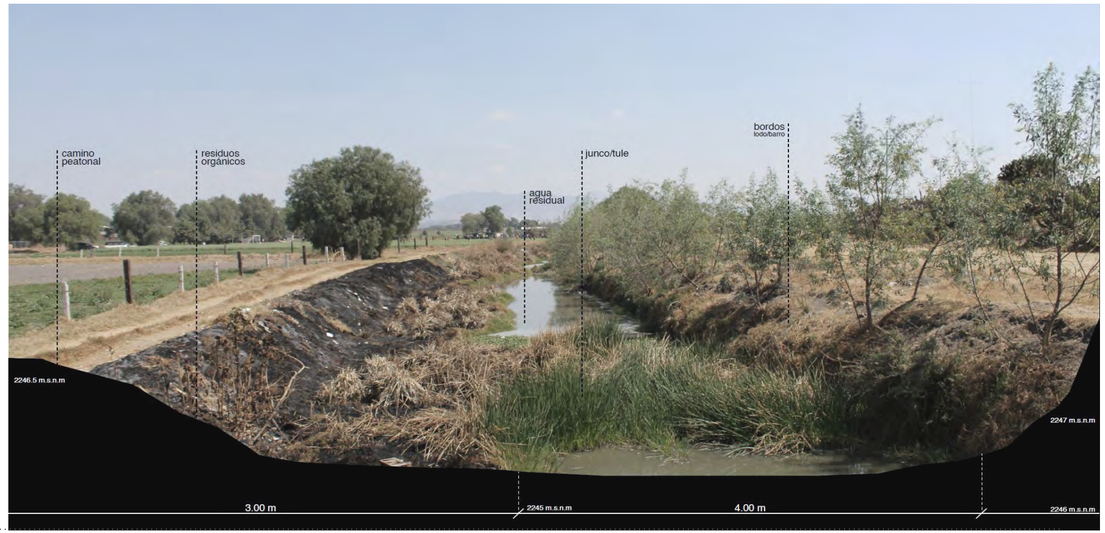


Imagen 35. Corte de canal colector de aguas residuales al sur de San Juan. Elaboración propia.

La segunda barrera es el talud que separa el lago y la zona sur de San Juan. Los taludes fueron de 7 metros de ancho, se construyeron en 1982 e impiden la interacción entre distintas partes del ecosistema lacustre y el disfrute del lago como un espacio público.

Imagen 36. Corte de talud al sur de San Juan. Elaboración propia.

1.3 Prospectiva

Derivado de las problemáticas presentadas, se estima que el panorama para Zumpango para 2030 sea uno de presiones habilitadas y exacerbadas por la actual dinámica de ocupación del territorio.

- Crecimiento demográfico. Aumento del 26.7% de la población municipal para 2030.
- El crecimiento horizontal, las tipologías de vivienda unifamiliar y el escaso transporte público de la región, tendrá como consecuencia un incremento en el uso del auto y en la emisión de GEI. Se destaca que en 2020 el número de vehículos sobrepasó el número de viviendas en Zumpango.
- Aumento de al menos 26.7% de la demanda hídrica para 2030 (*ceteris paribus*). Deben considerarse factores económicos y relacionados al cambio climático para estimar una cifra más precisa.
- Crecimiento de actividades terciarias (servicios y actividades relacionadas con logística y transporte) derivadas de la operación del Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles.
- El potencial de crecimiento urbano es amplio y la urbanización en suelos agropecuarios propiciará erosión y el desaprovechamiento de áreas de valor ambiental y de zonas de producción.

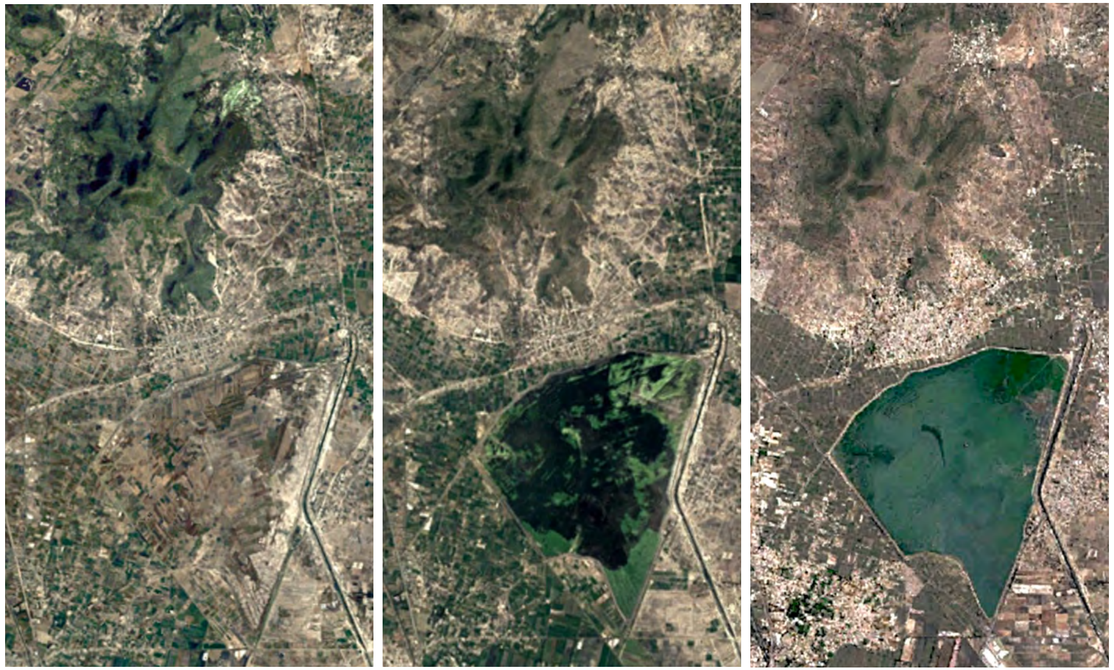


Imagen 37. Comparación a nivel contexto de las problemáticas presentadas históricamente del Cerro de Zitlaltepec, San Juan Zitlaltepec y Lago de Zumpango.
Fuente: Imágenes Satelitales Google Earth. Periodo 2005-2010-2020

1.4 Análogos

EAST KOLKATA WETLANDS

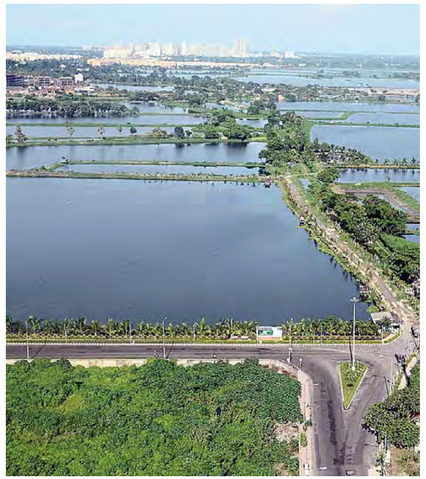


Imagen 42. Vista del sistema de humedales. Fotografía: Telegraph India.

Imagen 43. Imagen satelital del sistema de humedales. Fuente: Google Earth

Dentro de una zona metropolitana de 14.5 millones de habitantes, el sistema de humedales de Calcuta es alimentado por dos ríos superficiales y por las aguas residuales de la zona urbana.

El humedal cumple con distintas funciones: el tratamiento biológico de aguas residuales y la creación de un entorno altamente productivo de peces y de hortalizas. Se cuenta con altos rendimientos, al punto de proveer 10,000 toneladas de peces por año y al menos el 40% de vegetales en los mercados tradicionales de Calcuta (Barkham, 2016). De igual manera, entre el 30 y 50% del agua residual de Calcuta es reutilizada y tratada en este sistema de humedales (Edwards, 2008).

Las aguas dentro de los humedales de Calcuta tienen una gran cantidad de nutrientes. Un efecto típico de estas condiciones ambientales es el florecimiento de algas y lirios. Sin embargo los efectos negativos derivados del crecimiento sin control de vegetación son mitigados por los habitantes, quienes retiran las algas y plantas y las aprovechan como alimento para peces, específicamente ejemplares de carpas y tilapia para consumo humano. De esta manera pueden penetrar los rayos UV y garantizar el proceso de fotosíntesis de la vegetación bajo el agua.

Bajo ciertas condiciones los peces no sólo pueden sobrevivir en un entorno con polución orgánica, sino sacar ventaja de un entorno rico en nutrientes. Los peces, además, consumen la materia orgánica disuelta en el agua y proveen un tratamiento biológico de baja eficiencia, pero de costo negligible (Bunting, Pretty & Edwards, 2010).

La muerte de peces como consecuencia de la contaminación del agua generalmente se deriva por la ausencia de oxígeno, misma que es causada por la pérdida de vegetación generadora de oxígeno y la presencia de bacterias. Cuando existe eutrofización en un cuerpo de agua florece una gran cantidad de plantas sobre la superficie, mismas que impiden el paso de luz solar. Sin luz suficiente, las plantas y algas bajo el agua no pueden realizar el proceso de fotosíntesis. De igual manera, la presencia de bacterias degradan la materia orgánica disuelta en el agua (incluida la vegetación muerta) y consumen oxígeno en el proceso (Lee & Jones-Lee, 2005).

Existen similitudes, en debida proporción, entre los patrones productivos presentes en Calcuta y Zumpango. Ambos hacen uso de los nutrientes presentes en las aguas residuales en un cuerpo de agua adyacente. Si bien la escala entre ambos difiere, el caso de Calcuta presenta evidencia clara de cómo se puede aprovechar una situación ambientalmente “adversa”.

En Zumpango todavía se consumen los peces obtenidos de entre las aguas residuales del lago. Durante la visita de campo algunos habitantes entrevistados comentaron, erróneamente, que no hay ningún problema en su consumo. El agua de ambos sistemas lacustres tiene elevados niveles de coliformes fecales, sin embargo, en Zumpango existe el peligro por bioacumulación de metales pesados. Las hortalizas en la parte sur de Zumpango también se ven afectadas por este fenómeno.

PLANTA DE COMPOSTAJE Y RECICLAJE DE MATERIA ORGÁNICA DEERDYKES

Imagen 44. Vista aérea. Fotografía: Organics Recycling UK

Imagen 45. Biodigestor en el sitio de compostaje. Fotografía: The Economist

Construida en 2010, la Planta de Compostaje y Reciclaje de Materia Orgánica Deerdykes es un complejo industrial para el aprovechamiento de los residuos urbanos orgánicos. La planta recibe desechos orgánicos y residuos líquidos y a través de un proceso aerobio la materia orgánica se descompone. A su vez, cuenta con un biodigestor para la cogeneración de energía eléctrica. Se estima que desde su apertura se han generado 50 GWh, o el equivalente a la energía consumida por 13,500 viviendas durante un año (Scottish Water, 2022).

A través del proceso de digestión anaeróbica, en el que en un entorno sin oxígeno se degrada la materia orgánica con la ayuda de bacterias, es posible la generación de metano, en condiciones controladas y que evitan su escape a la atmósfera. De esta manera se obtiene energía y se evitan emisiones de metano, caso contrario a si los desechos terminaran en un relleno sanitario.

Además de la cogeneración de energía eléctrica, en Zumpango es posible aprovechar los lodos producto del tratamiento de aguas residuales o del drenado de las lagunas de estabilización. Los lodos que salen de una PTAR deben cumplir con la NOM-004-SEMARNAT-2002, pero en la práctica, la falta de recursos es un obstáculo para el correcto proceso de estabilización de lodos (CONAGUA, Mapas 32).

Una manera asequible y factible para la estabilización de lodos y la reducción de patógenos en los lodos residuales es el vermicomposteo. Dicha técnica es un tratamiento de lodos con el apoyo de lombrices de la especie *Eisenia foetida*, mismas que tras consumir el lodo producen como residuo vermicomposta. Cabe destacar que el post tratamiento del efluente a través de una laguna de estabilización es otro método biológico para disminuir patógenos.

Dependiendo de la calidad de la composta esta se podrá utilizar para la fertilización de cultivos en las zonas cercanas al lago o la mejora de suelos degradados en el cerro de Zitlaltepec.

PETŘÍN GARDENS

Imagen 46. Petřín Gardens, Praga. Fotografía: Paola Avilés

Imagen 47. Vista Satelital del conjunto. Fotografía: Google Earth, 2022

Imagen 48. Collage del conjunto Petřín Gardens. Fotografías:

La Colina de Petřín es un complejo de zonas verdes en la ciudad que conecta la cima de la ciudad con el centro a través de caminos, senderos y un teleférico. El objetivo principal del complejo es preservar especies endémicas y brindar experiencias educativas y recreativas. Hay varios jardines en la colina, como el Jardín Nebozízek, que es un espacio de 8 ha que se convirtió en un huerto para la gente y ofrece lugares de descanso y senderos que llevan a la ciudad, y el Jardín de Rosas, que tiene una atmósfera sensorial única que permite disfrutar de diferentes texturas, colores y olores.

La torre de observación de Petřín es el punto central del parque y cuenta con aproximadamente 2,100 árboles frutales y 150 arbustos. Es considerado un hito para la ciudad y motivación para recorrer los senderos y jardines para llegar a este espacio.

Los jardines de Petrin son un ejemplo de cómo integrar el paisaje con la ciudad, y ofrecen diferentes miradores para apreciar la ciudad desde diferentes ángulos. Además, se adaptan a las diferentes temporadas del año, en primavera se llenan de olores frutales y entra en operación el funicular que atraviesa el jardín, implementándolo como transporte público y de atracción, y en época de lluvias, los senderos dirigen el agua hasta pequeños lagos artificiales, generando una conexión del usuario con el agua y ofreciendo espacios de contemplación.

En general, la Colina de Petřín es una experiencia estética sobresaliente que combina naturaleza, cultura y recreación en un mismo espacio.

Imagen 38. Vista aérea del Lago de Zumpango. Fernando Zúñiga.

2. Proyecto de diseño “Paisajes Líquidos”

En este capítulo se aborda el proyecto de intervención en el sitio. Se establecen tres ejes principales, de los cuales emanan una serie de metas e intervenciones que buscan incidir en la creación de un entorno más productivo y vinculado. Partiendo de lo general a lo particular, se introduce el término de “infraestructura híbrida”, el sistema compuesto por las intervenciones previamente mencionadas y posteriormente se desglosan las intervenciones dentro de los ejes temáticos.

2.1 Premisas de diseño y estrategia de intervención

Para dar respuesta de manera integral a los problemas del sitio de estudio se proponen tres grandes ejes de intervención de los que emanan metas e intervenciones paisajísticas, arquitectónicas o de infraestructura. Las intervenciones son transversales, es decir, abarcan distintas metas.

Imagen 39. Imagen objetivo de “Paisajes Líquidos”. Elaboración propia.

Imagen 40. Imagen comparativa del estado actual del cerro y su restauración. Elaboración propia.

Imagen 41. Imagen comparativa del estado actual del pueblo y la disminución del estrés hídrico. Elaboración propia.

Imagen 42. Imagen comparativa del lago y su intervención paisajística y disminución del estrés hídrico. Elaboración propia.

Resalvajización

Restaura los servicios ecosistémicos y las características estéticas de Zitlaltepec y el Lago de Zumpango a través de diseños que respondan a las especificidades de distintas temporadas.

META 1

Rehabilita el suelo de Zitlaltepec y el lago de Zumpango a través de diseño regenerativo

META 2

Creación de servicios ecosistémicos (paisaje como infraestructura)

Infraestructura hídrica

Disminuye el estrés hídrico en Zumpango y la brecha metabólica en la cuenca a través del uso de aguas tratadas y la producción de biosólidos para la mejora de suelos.

META 3

Reduce el estrés hídrico a través de la ampliación de la matriz hídrica

META 4

Crear una economía local derivada de las aguas residuales

Nuevo patrón de urbanización

Ejecutar un nuevo patrón de urbanización que corresponda a las condiciones climáticas del sitio y aproveche elementos naturales adyacentes y complemente la infraestructura hídrica local.

META 5

Crear vivienda integrada al paisaje y adecuada al contexto bioclimático de la región

META 6

Creación espacios públicos, áreas verdes y equipamiento

2.2 Infraestructura híbrida

La hibridización es el proceso en el que relacionamos los componentes de la intervención a través de flujos energéticos y materiales de entrada y salida. Es decir, los residuos o subproductos de un componente son la materia prima de otro, logrando aprovechar al máximo la materia y la energía a lo largo del tiempo y logrando cerrar los ciclos materiales. Este híbrido es el vehículo que nos permitirá materializar nuestras estrategias.

Antes de proponer los componentes de este sistema, fue necesario analizar nuestra zona a partir de ejes ambientales y elementos espaciales y de infraestructura. Para ellos utilizamos cuatro factores en cada categoría: Agua, energía, residuos y biodiversidad como ejes ambientales, y la vivienda, áreas verdes, equipamientos e industria como tipologías.

Comenzamos por estudiar los procesos ambientales del sitio, tales como la función del lago como vaso regulador, la recepción de aguas residuales de la metrópolis, las lluvias en la región, la contaminación y pérdida de biodiversidad y después los relacionamos con las tipologías arquitectónicas y los procesos socio-espaciales que sustentan, tales como la urbanización hacia zonas poco favorables, la relación rígida entre habitantes y el lago, y la carencia de servicios públicos y equipamientos. La relación de estos componentes se representó con un diagrama de flujo que muestra sus interrelaciones en términos de materiales y energía compartidos o producidos, de manera cuantificable y acotable a unidades espaciales como metros cuadrados o hectáreas.

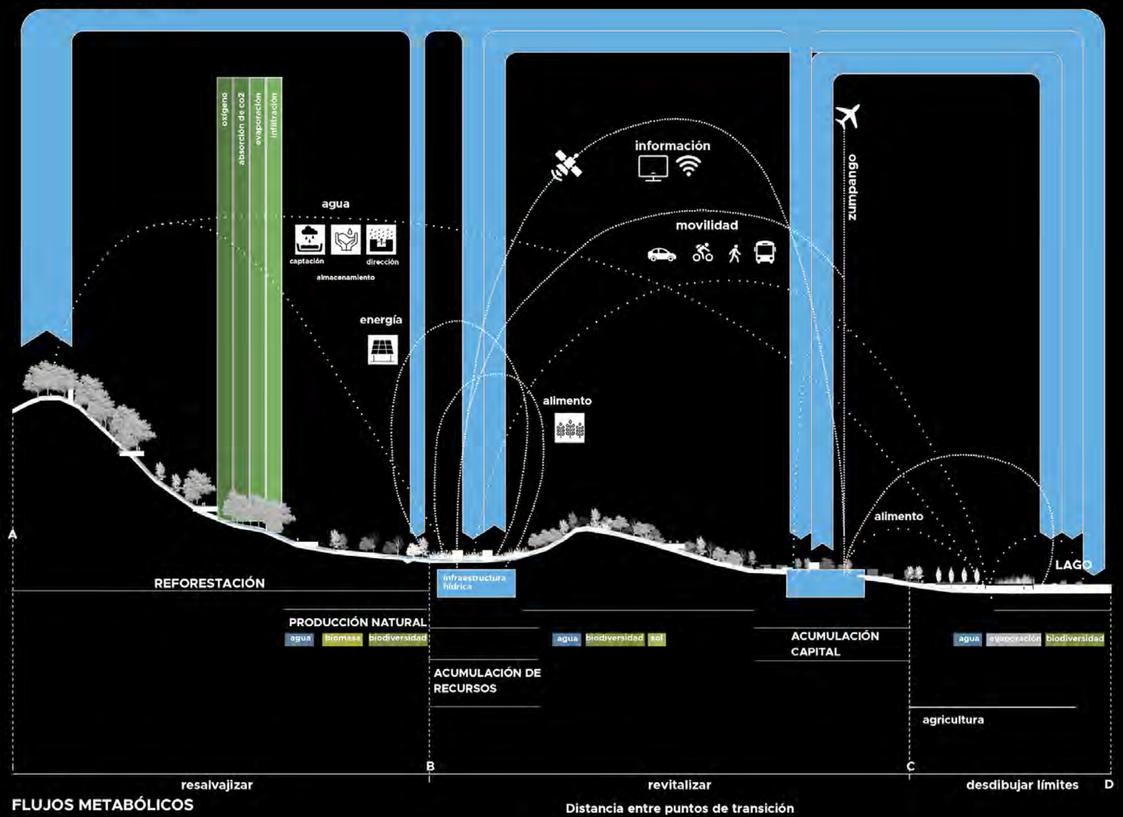


Imagen 43. Corte esquemático de flujos entre San Juan, Zitlaltepec y Zumpango. Elaboración propia.

El circuito de infraestructura híbrida depende de los flujos hídricos del sitio y, en menor medida, busca disminuir la “brecha metabólica” a nivel local. La lluvia es un flujo primordial dentro del sistema, pues abastece parcialmente el consumo hídrico en el proyecto de vivienda y, a su vez, también puede abastecer a las viviendas existentes a través de su encauce, filtrado y almacenamiento en la plaza hídrica. Así se pretende visibilizar e integrar los servicios ecosistémicos del paisaje a las dinámicas socio-espaciales y económicas en el territorio, en especial los servicios derivados del cerro de Zitlaltepec y el lago de Zumpango a través de la hibridación de infraestructuras verdes y grises y la conexión de lugares y espacios públicos de gran valor ambiental, estético y económico a través de un eje hídrico compuesto por escorrentías y biozanjas.

La PTAR, alimentada de las aguas servidas de municipios cercanos habilita la restauración y capacidad productiva, de Zumpango, de San Juan y de Zitlaltepec, al dotarlos de agua tratada y de biosólidos para el mejoramiento de sus suelos y aumento de la capacidad agrícola en el cluster de viviendas y en los islotes del lago. Propicia una condición urbana con menor dependencia de los territorios extractivos a través de la creación de sistemas cíclicos de aprovechamiento de la energía y de los recursos naturales del sitio con especial énfasis en los recursos hídricos y la recuperación y aprovechamiento de los nutrientes derivados del agua residual para el mejoramiento de los suelos. De igual manera se propicia la generación de actividades económicas y trabajo local a través del desarrollo de actividades económicas basadas en la operación de la laguna de estabilización y el compostaje de lodos.

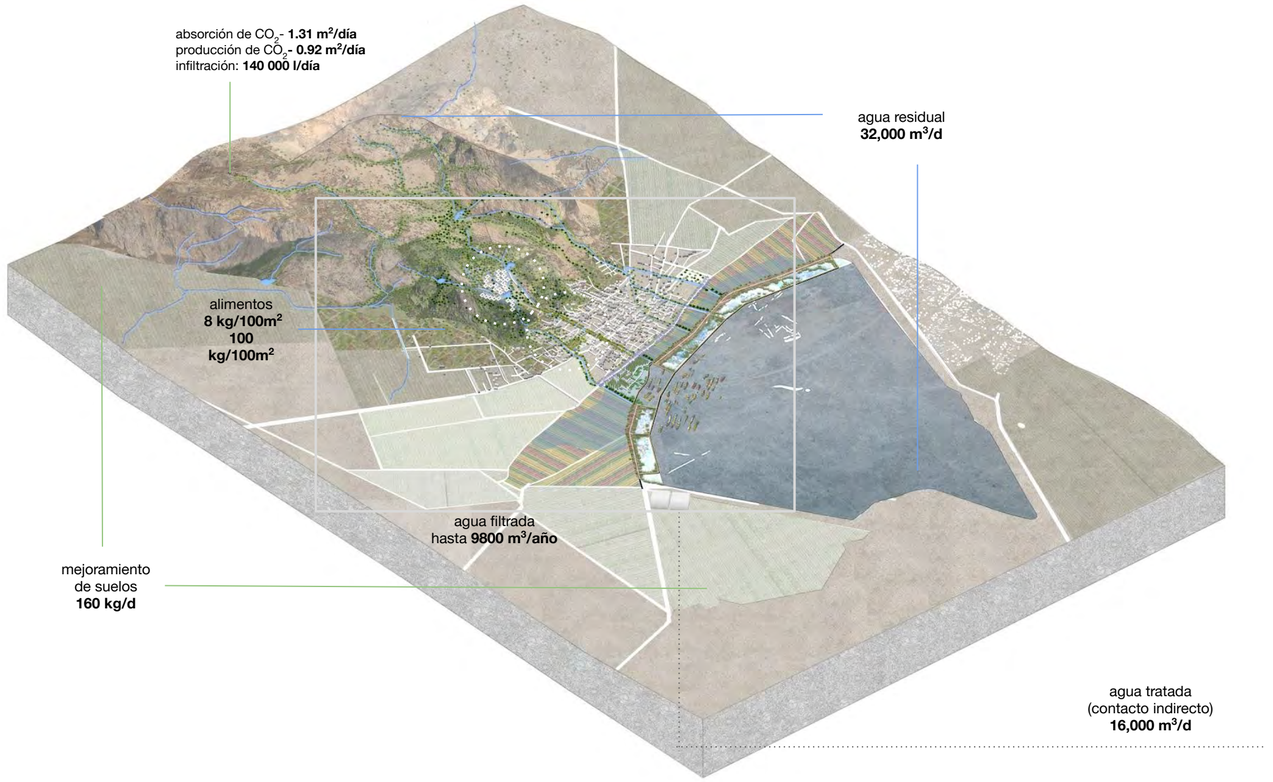


Imagen 44. Diagrama del “híbrido infraestructural” de Paisajes Líquidos.
Elaboración propia. con base en CONABIO (2018).

2.3 Síntesis de proyecto

Nuestro proyecto, sustentado por la teoría del paisaje como infraestructura plantea una intervención que supere los límites políticos y administrativos para lograr incidir en un proceso regional, y de esa manera, brindar beneficios a la cuenca del Valle de México, así como a los hábitats y asentamientos humanos ahí ubicados.

Se determinaron dos polos, o puntos de partida para delimitar las principales áreas de intervención y las estrategias a realizar: el cerro de Zitlaltepec y el lago de Zumpango. La conexión directa entre ambos es una escorrentía natural durante la época de lluvia y se pretende que un corredor verde sostenido por las escorrentías sea el elemento de conexión durante todo el año.

La envolvente natural de un área confinada por el recorrido de la escorrentía que atraviesa el pueblo de San Juan, naciendo desde el cerro hasta desembocar en el Lago de Zumpango fue el factor considerado para la elección del acercamiento a menor escala.

Imagen 45. Imagen objetivo esquemática de “Paisajes Líquidos”. Elaboración propia.

Imagen 46. Planta de imagen objetivo de “Paisajes Líquidos”, señalando puntos clave de intervención. Elaboración propia.

Imagen 47. Collage de vistas del Plan de intervención urbano paisajística de Zitlaltepec. Elaboración propia.

1

El proyecto reactiva el cerro a través de un espacio público trabajando con los cuerpos de agua que se generan a través de las escorrentías naturales.

2

Diseño de terrazas que sirven como guía para el recorrido del usuario a través del cerro. Al deambular se van descubriendo diversos puntos para poder apreciar las especies endémicas.

3

Vivienda colectiva que se integra con el propósito de desdibujar los límites entre lo natural y lo urbano.

4

Corredores azul verde donde se integra al habitante con el paisaje, mejorando la calidad de vida y contrarrestando espacios abandonados.

5

Represa hídrica la cual es una respuesta a la carencia de espacio público y recreativo, dotando al lugar de captación pluvial.

6

Reactivación de zonas agrícolas a través de una “inundación” controlada para generar diversos tipos de hortalizas y poder regenerar suelos agrícolas.

7

Mejora del talud a través de la resalvajización con especies endémicas, generando espacios de estar y recorridos que integran al usuario con el paisaje.

8

Diseño de humedales que trabajan con el agua para un mayor uso de la misma. Se integran los tres elementos, el agua, la vegetación nativa y al usuario interactuando con el espacio recreativo.

I.Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS)

Un problema frecuente de la expansión urbana es el efecto de escorrentía urbana. El agua pluvial se percola naturalmente a través del suelo, en cambio, con la expansión urbana aumenta la cantidad de superficies impermeables como calles, banquetas, edificios y superficies de concreto dentro de predios. El agua corre por la superficie impermeable y al no poderse infiltrar, el volumen del agua aumenta y con ello se incrementa el riesgo de inundaciones. Al encontrar menor fricción la velocidad del agua pluvial aumenta. Además, la escorrentía urbana arrastra sedimentos, combustibles, grasas, aceites, pesticidas y metales (EPA, s/f).

A través de los SUDS es posible reducir dichos impactos negativos. Nuestra propuesta de SUDS incluye biozanjas y acequias, mismos que fungen como elementos que guían la circulación de habitantes y especies e indican una conexión común entre el cerro, el pueblo y el lago. Los SUDS son, pues, un nuevo paradigma de concebir las calles y algunos espacios liminales, pues les dota de una importante función ecológica más allá de ser simples espacios de tránsito.

Los SUDS, además, fungen como complementos de la infraestructura de drenaje convencional y en conjunto con la separación entre agua pluvial y agua residual, constituyen una de las mejores prácticas en la gestión urbana de aguas.

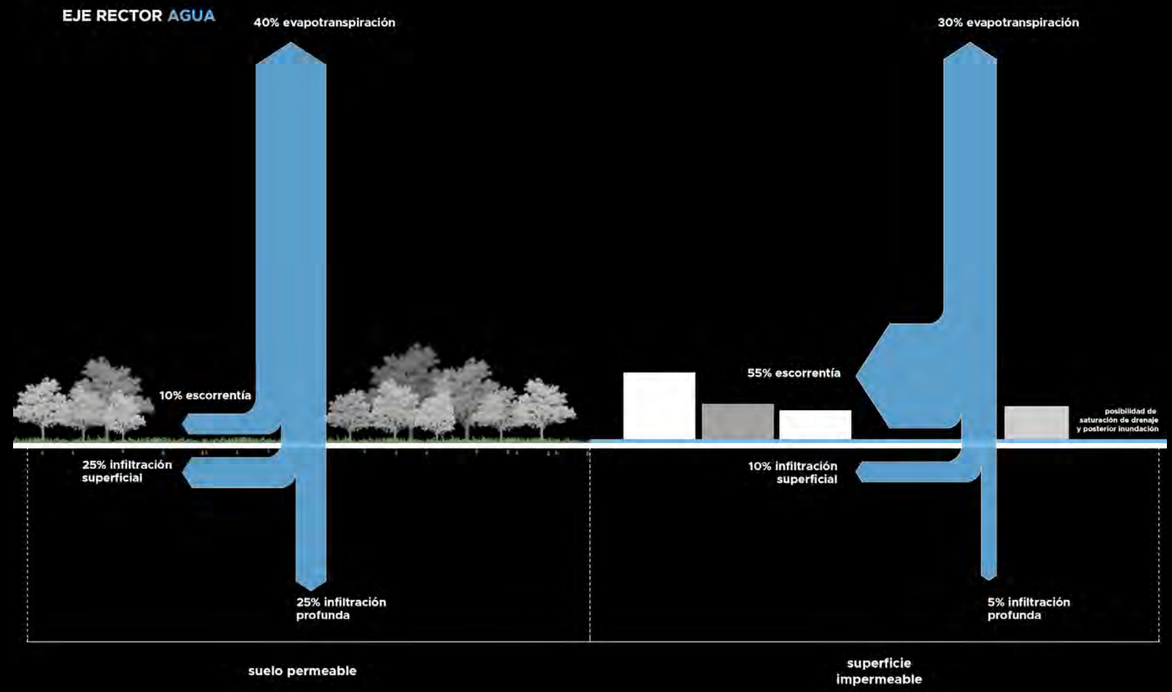


Imagen 48. Esquema de escorrentías según superficie. Elaboración propia. con base en EPA (s/f).

Corredor de infraestructura verde a mayor detalle

Imagen 49. Direccionamiento de la escorrentía a través de acequias y biozanjas. Elaboración propia.

Acequias

Las acequias son pequeños canales por donde corre el agua y permiten encauzar el agua pluvial para su aprovechamiento en actividades de riego. Además, se disminuye la erosión en el suelo y el desgaste en los pavimentos y permiten la generación de microclimas a través de la evaporación del agua y el crecimiento de vegetación a su alrededor.

Biozanja

Un biozanja es un desnivel superficial con pendientes en ambos lados y cubierto por vegetación y tiene como función la captación, tratamiento e infiltración de la escorrentía pluvial. La pérdida de velocidad en el agua, propiciada por la vegetación y las rocas mejorar la infiltración de ésta, y reducen y retrasan el efecto de escorrentía urbana que erosiona la tierra y causa daños a la infraestructura. Adyacente a la escorrentía puede crecer vegetación que tiene beneficios para la biodiversidad, el clima y la percepción estética del sitio.

Imagen 54. Diseño e ilustración de acequia en sitio. Elaboración propia.

Imagen 50. Diseño e ilustración de biozanja en sitio. Elaboración propia.

Beneficios de los SUDS

Isla de calor
Las superficies impermeables como el concreto y el asfalto retienen calor debido a sus propiedades térmicas. Una cubierta de árboles y de vegetación puede ayudar a mitigar dicho efecto, a través de sombras y evapotranspiración.

Infiltración
Disminución de escorrentías urbanas al facilitar la infiltración a través del uso de materiales permeables y la reducción de su velocidad. Disminución de erosión y de encharcamientos.

Captación de CO_2
Los SUDS tienen la capacidad de secuestro de carbono. Si bien hay métodos con mayor impacto, el secuestro de carbono es un beneficio complementario de los SUDS (Warwick et al., 2013).

Depuración
La vegetación y las rocas de los SUDS fungen como filtro mecánico, logrando reducir hasta en un 90% los metales pesados del agua pluvial (Jongman, 2019) y aumentando el oxígeno disuelto en el agua a través de aireación por turbulencia y la reducción de temperatura por sombreado.

Corredor verde
Recorrido lineal que funge como muestrario de especies endémicas y reconcilia a los habitantes con su patrimonio natural diezmado y alejado por el crecimiento del suelo urbano. La vegetación de Zitlaltepec “inunda” de manera simbólica al pueblo de San Juan.

Espacios públicos de conexión
Los corredores verdes guían a los habitantes de San Juan hacia otras características naturales del sitio. Desdibujar límites para permitir a la vegetación y a los cuerpos de agua fusionarse con Zitlaltepec.

Imagen 51. Ubicación del corredor de infraestructura en el espacio, diferenciando las características entre una acequia y una biozanja. Elaboración propia.

Imagen 52. Trazos sutiles de nuestra intervención generan un cambio radical en el espacio. Elaboración propia.

Imagen 53. Vista aérea del proyecto en fase 1. Elaboración propia.

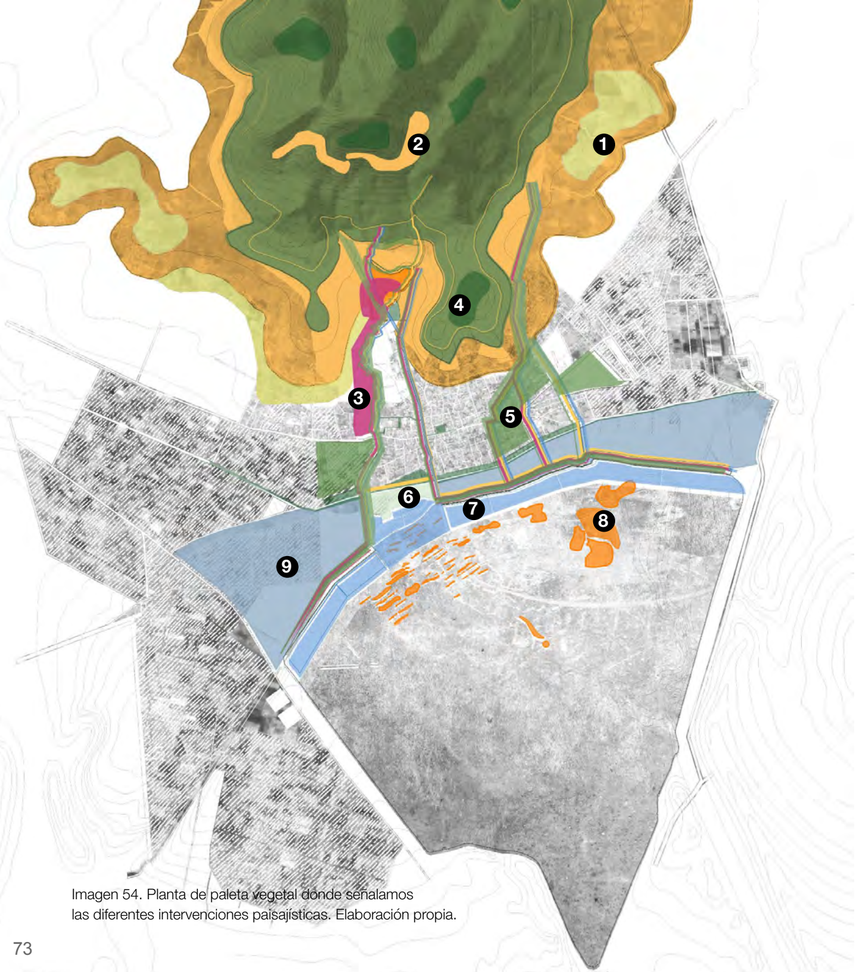


Imagen 54. Planta de paleta vegetal donde señalamos las diferentes intervenciones paisajísticas. Elaboración propia.

II. Reforestación

Implementación de técnicas silvícolas y reforestación mediante especies nativas según la temporalidad y entrelazando al espacio público con ella.

- xerófitas
- pastizal
- polinizadores
- zonas fluviales
- arboleda
- barrera vegetal
- agricultura regenerativa
- chinampas
- humedal

1

XERÓFITAS

Nopal chamacuelo
Nopal camueso
Maguey espadilla
Maguey pulquero
Lechuguilla
Tobalá
Sotol

Pasto rosa
Banderilla
Siempreviva
Agave salmiana
Senecio

2

PASTIZAL

Mulenbergia
Estafiate
Peniseto
Banderilla
Zacate gigante
Pino prieto
Pino moctezuma
Encino blanco
Encino negro
Encino colorado
Cola de zorro
Pasto rosa

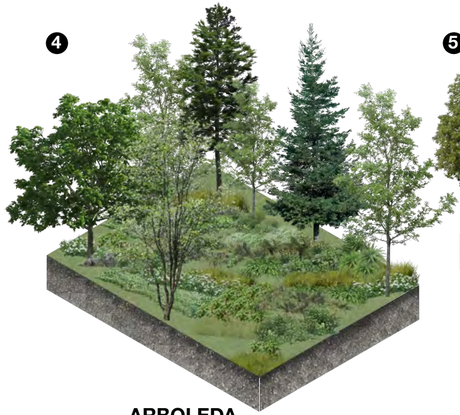
3

POLINIZADORES

Hierba de araña
Mejorana
Salvia
Salvia morada
Pollo morado
Escobilla
Toronjil morado
Verónica
Roelia
Lantana
Flor de pradera
Tecoma

Imagen 55. Diseño de axonométricos ubicados en el espacio, dando a conocer su espacialidad y composición en el sitio. Elaboración propia.

4



ARBOLEDA

Mani forrajero
Vinca
Rocío
Salvia Roja
Helecho palma
Culantrillo
Helecho perejil
Helecho canario
Helecho chivo
Garra
Tlacote
Ayocote
Pino prieto
Pino Moctezuma
Encino blanco
Encino negro
Encino colorado

5

BARRERA VEGETAL

Roble blanco
Encino laurelillo
Encino rugosa

Capulín
Trueno arbustivo
Té negro
Aile
Fresno
Encino blanco
Encino negro
Encino colorado

6

CHINAMPAS

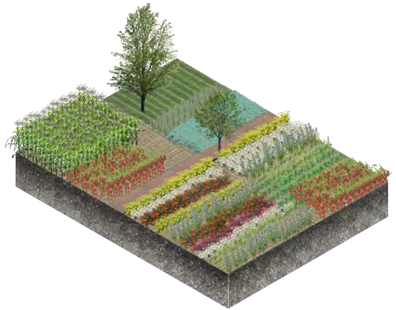
Zacate azul
Pasto salado
Espadaña
Junco palustre
Repollito de agua
Paragüitas
Carrizo

7

HUMEDAL

Tule
Junco Espadaña
Carricillo
Lirio amarillo
Junco palustre
Ahuejote
Ahuehuete

8



AGRICULTURA REGENERATIVA

Maíz
Frijol
Calabacita
Tomate cherry
Quintonil
Epazote
Chiltepín
Habanero
Zanahoria
Papa

9

ZONAS FLUVIALES

Lenteja de agua *(Lemna gibba)*
Cola de zorro
Carrizo
Repollito de agua
Totora
Junco palustre

Imagen 56. Diseño de axonométricos ubicados en el espacio, dando a conocer su espacialidad y composición en el sitio. Elaboración propia.

Uno de los puntos claves a trabajar en Zitlaltepec es la erosión debido al deterioro de suelos por acción del hombre. Las principales causas son la deforestación, agricultura intensiva y pastoreo. Los objetivos a cumplir a través de la reforestación de especies endémicas en las diferentes fases del proyecto son los siguientes:

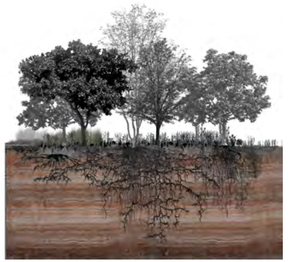


Imagen 57. Disminución de la erosión y la producción de sedimentos a través de la reducción de la velocidad del agua y del viento. Elaboración propia.

Imagen 58. La disminución de la erosión también permite que permanezcan la mayoría de los nutrientes de la capa superficial del suelo. Elaboración propia.

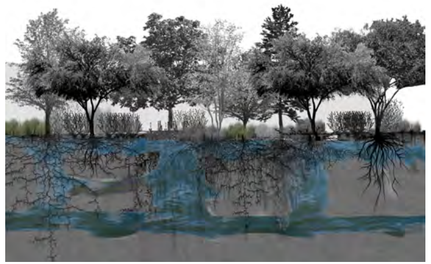


Imagen 59. Mejora de la calidad de los suelos a través del aumento del carbón orgánico y de la capacidad de infiltración de agua. (Hoorman, 2009). Elaboración propia.

Imagen 60. Regenerar la belleza estética del cerro. Elaboración propia.

El objetivo de la diversidad de especies vegetales es en pro del espacio. Estudiamos cada una para conocer sus propiedades como reforestación, control de erosión, control de viento, polinizadoras, atraen biodiversidad, plantas medicinales, alimento, de culto, forraje, entre otros. Buscamos trabajar con especies de bajo mantenimiento.
A partir de las metas propuestas se puede lograr un cambio radical al implementar diferentes especies, hasta llegar en 10 años a la situación esperada (imagen 68).

Imagen 61. Análisis de paleta vegetal durante la temporada de sequía. Elaboración propia.

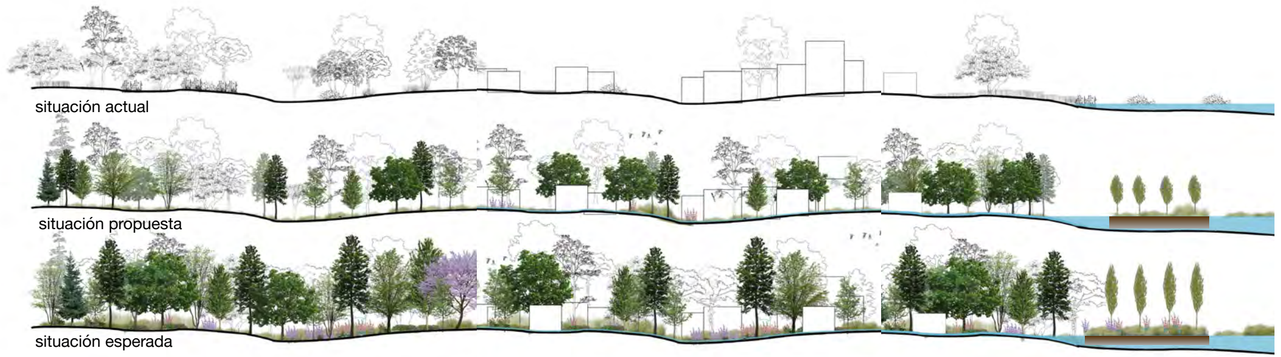


Imagen 62. Comparación esquemática de la situación actual, propuesta y esperada en 10 años. Elaboración propia.

III. Borde hídrico permeable

Desde 1982 un talud en el borde norte del Lago de Zumpango separa sus aguas y el sur de San Juan. Previamente, el lago se desbordaba en época de lluvias y la inundación abarcaba el extremo sur de San Juan, hasta llegar a la actual carretera. La creación del talud implicó el uso de maquinarias para el movimiento de tierra fértil del lago hacia sus bordes, trayendo como consecuencia la alteración de la profundidad en algunas zonas del lago y generando una gran cantidad de emisiones derivadas del uso de maquinarias para la construcción del talud.

El C. Albino Trejo García, antiguo director de Desarrollo Agropecuario de Zumpango, tuvo la gentileza de hacernos saber que además del talud en el extremo norte, se construyó un talud de concreto en el borde oriente, colindante con la cabecera municipal, mismo que costó 110 millones de pesos. Si bien, estos taludes son efectivos cumpliendo su función de evitar inundaciones, también tienen un impacto considerable en el territorio, pues se convierten en bordes que impiden la interacción social y ambiental entre habitantes, especies y su entorno. Por ejemplo, a pesar de que el área inundable en la zona sur de San Juan es particularmente fértil para el cultivo de frutas y hortalizas, actualmente es ocupada como suelo para construcciones dispersas, una cancha de fútbol y espacios para ganadería, usos que no aprovechan su potencial como espacio de producción.

Para ello proponemos remover parte del talud y la creación de un espacio de transición, mismo que permitirá al lago recuperar sus límites naturales, disminuirá el riesgo de inundaciones, aumentará la fertilidad de un suelo infrautilizado y dotará de espacios de recreación y contemplativos a la población con el propósito de impulsar un proceso de revaloración y reconciliación entre los habitantes y el patrimonio natural del lago.

Esta zona está compuesta por tres espacios, cada uno de ellos asociado a una de las necesidades básicas en la **pirámide de jerarquías de Maslow.**

Chinampas para la producción de alimentos (Necesidad fisiológica)

Parque como espacio de recreación y convivencia (Necesidad de pertenencia)

Humedales, espacio de contemplación y reflexión (Espiritual)

Imagen 63. Isométrico de borde hídrico permeable explotado. Elaboración propia.

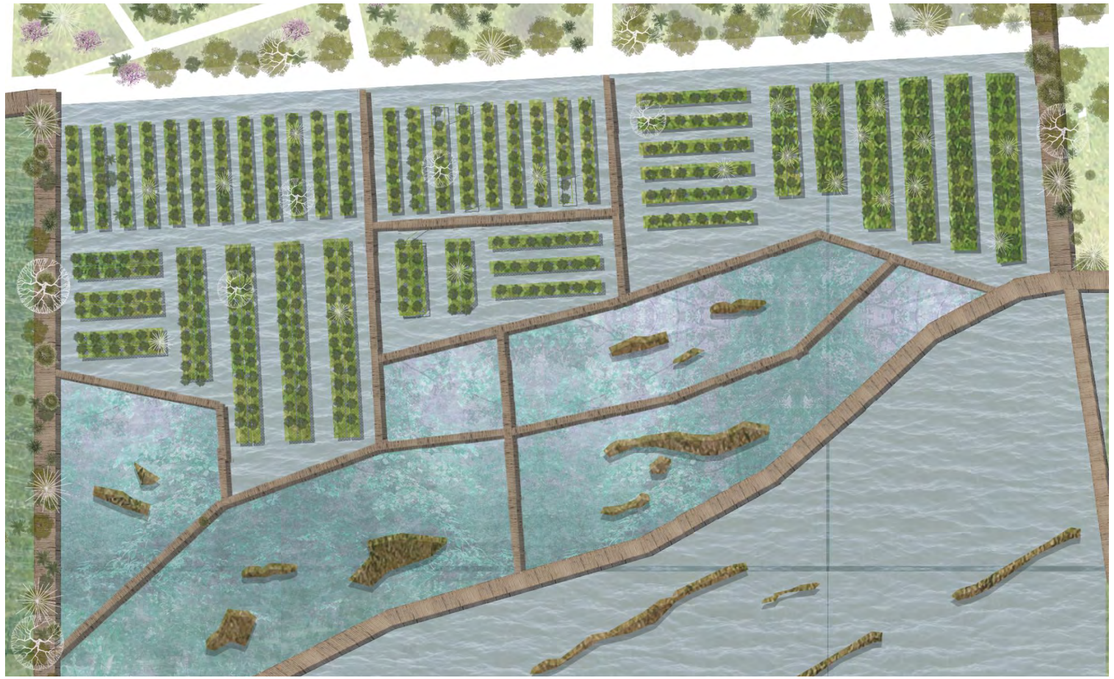


Imagen 64. Plano de conjunto detallado. Elaboración propia.

Imagen 65. Vista de intervención en zona inundable. Diseño de chinampas que trabajan para direccionar el agua a los laterales. El resto entra en los sembradíos de hortalizas y en el parque que sirve como esponja para absorber y aprovechar el agua restante. Elaboración propia.

Chinampas

La actual crisis sanitaria y económica derivada de la pandemia de COVID-19 ha vuelto a poner en la mesa la importancia de una alimentación adecuada y asequible, especialmente aquella con mayor vulnerabilidad social. La producción local puede ser una opción complementaria de sustento en situaciones de emergencia en las que la disrupción de las cadenas de suministro regionales comprometan la seguridad alimentaria de un sitio.

Nuestra propuesta de implementación de chinampas hace un reconocimiento de las prácticas locales de producción a través de un espacio consolidado para cultivo de hortalizas a la vez que recupera y replica la herencia productiva prehispánica, utilizada previamente en el sistema lacustre al que el lago de Zumpango pertenecía. El actual sistema chinampero de Xochimilco está reconocido por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura como un sistema productivo de gran importancia (SIPAM) (FAO, 2018).

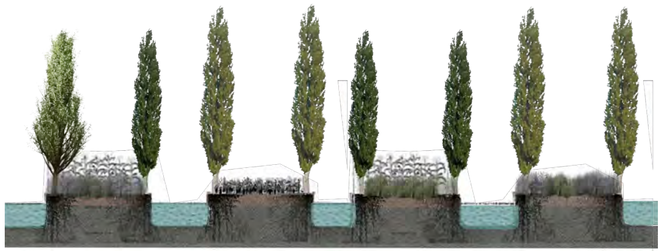
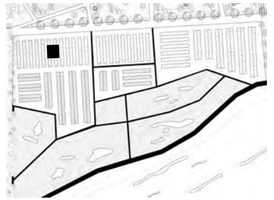


Imagen 66. Corte esquemático de la composición de una chinampa y su conexión. Elaboración propia.

Las chinampas se ubican en lugares de poca profundidad, generalmente cerca de las orillas de cuerpos de agua. Una ventaja es que al estar emplazadas en un elemento de agua no dependen de las lluvias ni de métodos de riego. Ésto conlleva una producción de cultivos de hortalizas con buenas eficiencias y menor riesgo a los cambios estacionales. Además, funciona como un espacio que protege y fomenta la biodiversidad.



Ubicación dentro de borde hídrico permeable

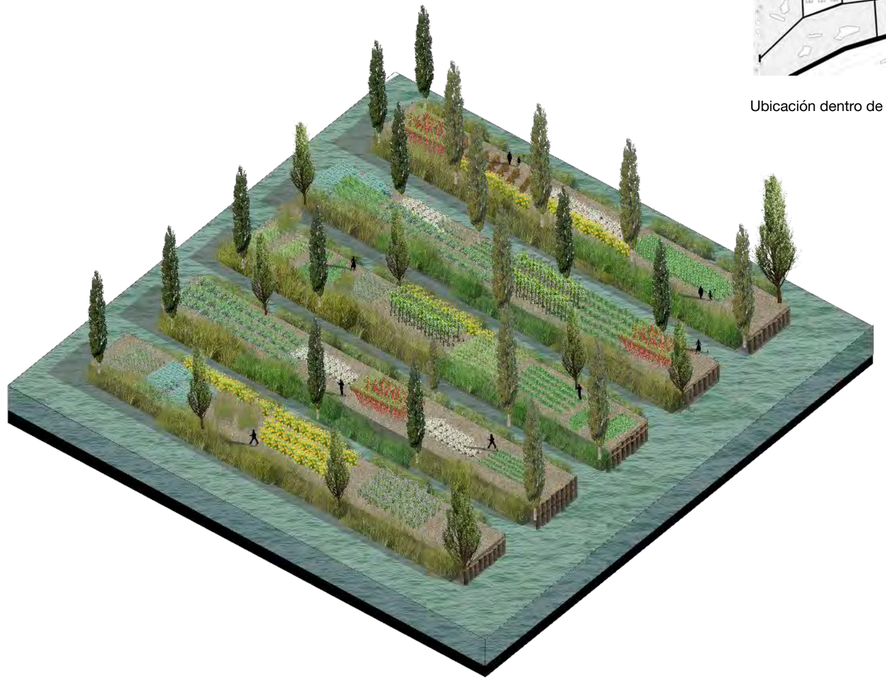


Imagen 67. Axonométrico de chinampas en temporada de lluvias. Elaboración propia.

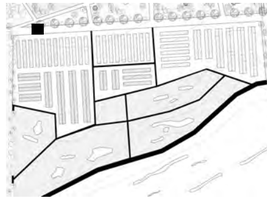
Parque

El parque es la segunda fase espacial del conjunto. El parque funge como una barrera natural y un espacio de almacenamiento para las aguas del lago y de manera simultánea es un espacio que permite la permeabilidad de habitantes y especies. La vegetación coadyuva en la remoción de fósforo y nitrógeno. Una franja vegetal de 16 metros puede lograr una disminución del 50% y el 95% respectivamente (Granados-Sánchez et al, 2006).

Está compuesto por una serie de corredores que crean distintos recorridos y permiten la realización de distintas actividades recreativas y comunitarias. Estos espacios permiten actividades de recreación y una oportunidad de interacción directa y cercana con el patrimonio hídrico de la región.

Imagen 68. Imagen objetivo de espacialidad en zona permeable. Elaboración propia.

Imagen 69. Imágenes objetivo de espacialidad en talud. Elaboración propia.



Ubicación dentro de borde hídrico permeable

Imagen 70. Axonométrico de Parque Sur. Su función es servir de barrera y esponja para los residuos de agua de la inundación controlada. Elaboración propia.

Humedal contemplación

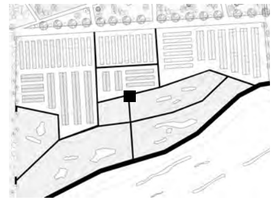
El humedal es la primera fase espacial del conjunto. Se ubica en la parte más cercana al lago y su función es ser un espacio de amortiguamiento entre las aguas del lago y la zona sur de San Juan. En caso de una lluvia torrencial, tanto el humedal como el parque podrán almacenar parte del volumen de lluvias.

Un humedal funciona como una esponja que absorbe el excedente pluvial y lo libera de manera paulatina. A diferencia de un simple vaso regulador, los humedales proveen una serie de servicios ecosistémicos que benefician en conjunto a la población servida. El costo de un humedal oscila entre $7 y $15 dólares por metro cuadrado (Jongman, 2019).

El humedal contiene vegetación local como totoras y carrizales. Esta vegetación crea espacios atractivos y beneficiosos para la protección, el descanso y la reproducción de la fauna local, especialmente de patos. De esta manera se pueden rectificar los hábitats riparios, mismos que han sufrido fuertes alteraciones derivadas de la modificación del entorno a manos del hombre.

Imagen 71. Imagen objetivo de espacialidad islas agrícolas. Elaboración propia.

Imagen 72. Imágenes objetivo de espacialidad en humedales. Elaboración propia.



Ubicación dentro de borde hídrico permeable

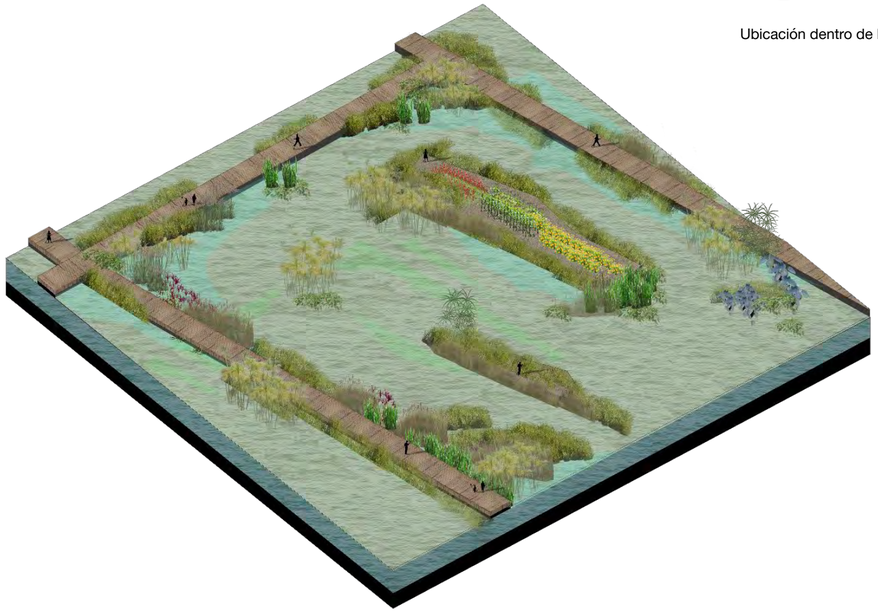


Imagen 73. Axonométrico de humedales junto con los corredores de contemplación. Elaboración propia.

Control del área inundable

De acuerdo con datos del Atlas Nacional de Riesgos, en Zumpango el índice de peligro por inundación es “Alto” y la vulnerabilidad ante inundaciones es “Media”. De igual manera, la vulnerabilidad social en Zitlaltepec es “Media”, en comparación con la cabecera municipal donde es “Baja”. Esto conlleva una mayor probabilidad de que tanto habitantes como el sistema expuesto, entendido como construcciones e infraestructuras, sufran daños derivados de un evento de inundación.

Evitar inundaciones tiene un gran retorno de inversión. Sin embargo, de acuerdo con la Zurich Flood Resilience Alliance, el 87% de los recursos están orientados a la atención de la emergencia y la reconstrucción y sólo el 13% a la gestión proactiva del riesgo de desastre por inundaciones (International Institute for Applied Systems Analysis, 2021). La limitada respuesta de prevención se ha enfocado en acciones de mitigación estructural que disminuyan la posibilidad que una emergencia desemboque en una situación de desastre. Este enfoque, claramente observado en los taludes del lago de Zumpango, crea como consecuencia de segundo orden una serie de condiciones que habilitan un patrón de ocupación territorial que aumenta el riesgo de inundaciones.

Las infraestructuras grises crean una falsa sensación de seguridad e incentivan el desarrollo urbano en zonas propensas a la inundación. Si bien, las infraestructuras grises disminuyen la probabilidad de ser afectado por una inundación, las consecuencias de una inundación derivadas de algún evento extraordinario como un derrumbe en el talud o una lluvia con un periodo de retorno de 100 años podrían desembocar en un desastre, al existir un incremento en el sistema expuesto. En el sitio de estudio observamos este patrón de relación socio-territorial en el sur de San Juan.

Para hacer frente a estas condiciones de riesgo en el sur de San Juan, proponemos una serie de soluciones basadas en la naturaleza (SBN). En primera instancia las SBN son definidas por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) como “acciones de protección, conservación, restauración y manejo sostenible de ecosistemas para hacer frente a desafíos sociales del desarrollo”.

Haciendo uso de los servicios ecosistémicos brindados por las SBN se puede mitigar el peligro por inundación de manera más asequible que con infraestructuras convencionales. Complementariamente, en caso de que existan lluvias de duración o intensidad anómalas los estragos sufridos por la comunidad son menores. En este tenor, otra consecuencia benéfica derivada de la implementación de SBN es la creación de empleos dedicados al mantenimiento, cuidado e investigación de los ecosistemas del Lago de Zumpango y el Cerro de Zitlaltepec. Estos empleos, a su vez, complementarán la oferta laboral agrícola y de transformación de residuos.

Imagen 74. Fotomontaje de intervención en el Lago de Zumpango. Elaboración propia.

IV. Vivienda

Este ejercicio no pretende ahondar en las implicaciones sociales y económicas de la expansión urbana, tales como los procesos de tenencia de la tierra. Asumiendo un escenario *business as usual* nos preguntamos, si la urbanización dispersa ha de suceder, ¿Cómo podemos mitigar algunos de los efectos negativos mencionados previamente?

En vez de guiar de manera utópica el crecimiento de la urbe a través de escleróticos métodos de planeación este trabajo busca crear un territorio fértil donde formas alternativas de urbanización puedan surgir. A partir de la traza natural formada por la topografía y las escorrentías naturales se propone un tipo distinto de urbanización que plantee una alternativa a los binomios categóricos del territorio y trascienda las relaciones tradicionales de extracción y desecho. La propuesta se basa en un polígono de 30 hectáreas ubicado en el piedemonte de Zitlaltepec, con una serie de viviendas complementadas por espacios de producción agrícola y labor, donde se hace énfasis en la capacidad productiva del territorio, más allá de la densidad o el uso de suelo.

Se contempla la creación de una fuente alternativa de abasto a través de la producción de alimentos a nivel local y con propósito de autoconsumo. De la misma manera, las viviendas contarán con un sistema de captación de agua de lluvias dotando a esta urbanización de un mayor grado de independencia y una reducción del impacto ambiental en su contexto inmediato.

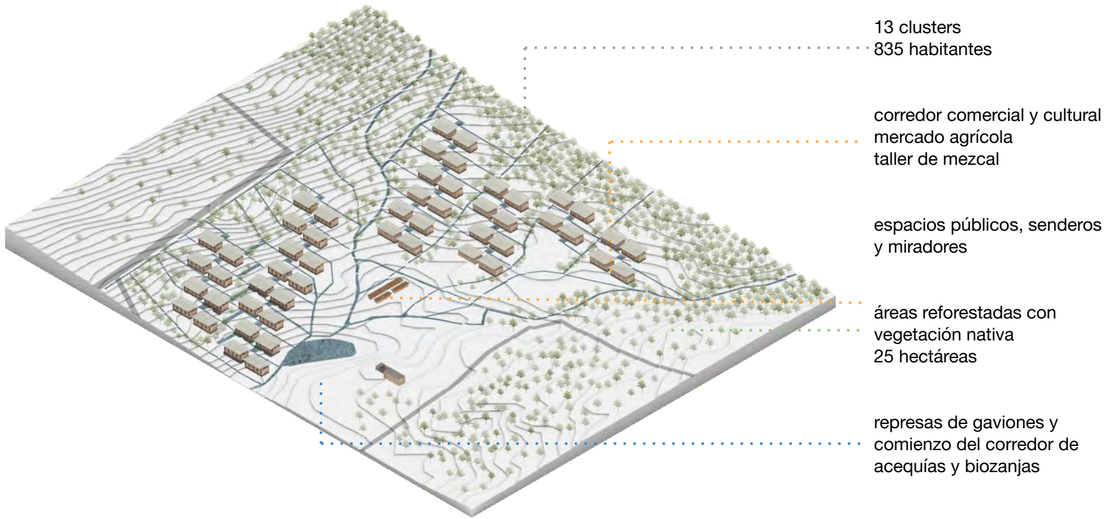


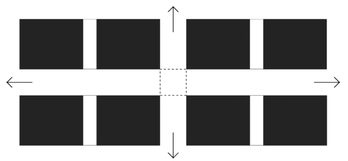
Imagen 75. Axonométrico de nueva tipología de vivienda sobre su contexto.

Conceptualización

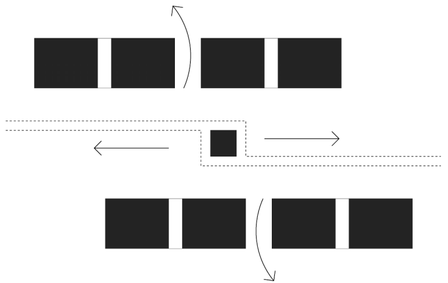
módulo de 5.30x 9.80 m cumpliendo con medidas mínimas de cada espacio.

modulación de 4 unidades en sentido horizontal para corresponder a la pendiente

Separación simétrica del cuerpo, generando un patio central para mayor ventilación e iluminación natural.



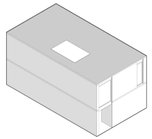
División de cada módulo, respondiendo a la orientación óptima, generando diversos patios que responden a la necesidad agrícola.



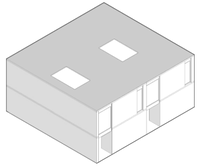
Desfase de módulos, respondiendo a las escorrentías naturales, con el propósito de dirigirlas y captarlas en un patio central que funciona como almacén y de contemplación.

Imagen 76. Planta de contexto de vivienda colectiva. Elaboración propia.

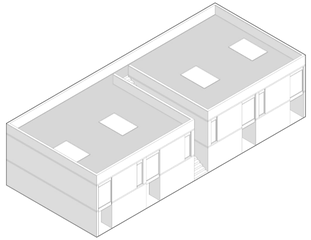
Modulación del bloque de vivienda



módulo:
5.30 x 9.80 mts



unión de 2 módulos:
10.60 x 9.80 mts



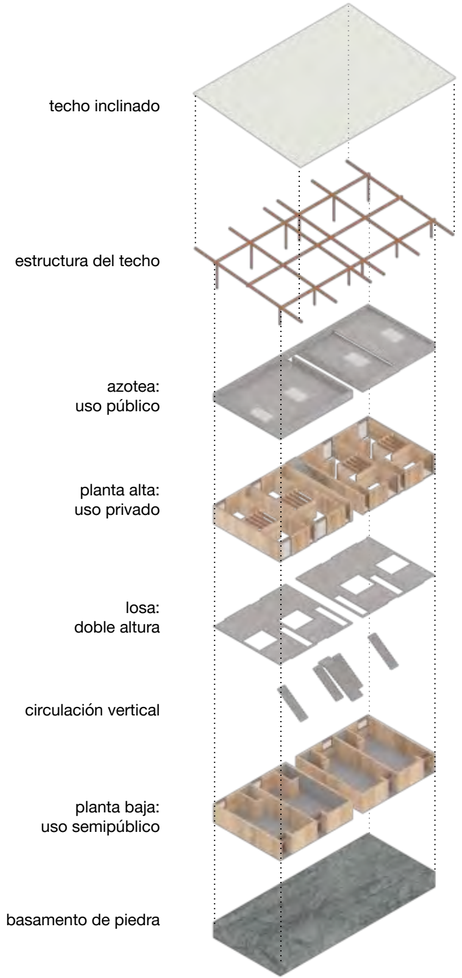
bloque de vivienda/unión de 4 módulos:
22.90 x 9.80 mts

El propósito de la vivienda colectiva es generar nuevamente este sentido de pertenencia y cultura del agua para que los habitantes del pueblo de Zitlaltepec pudieran reconectarse con su entorno.

A partir de la traza natural generamos conjuntos de vivienda a los que llamamos *clusters*, los cuales son generados a partir de la conexión de módulos, creando así un bloque de vivienda con 4 módulos separados por una circulación vertical al centro del volumen.

Bloque de vivienda

Imagen 77. Planta arquitectónica del bloque de vivienda.
Elaboración propia.



Dentro de este bloque contamos con espacios que fungen como una transición entre las funciones privada en la planta alta, semipública en la planta baja y pública en la azotea.

techos para captación pluvial con inclinación del 10%

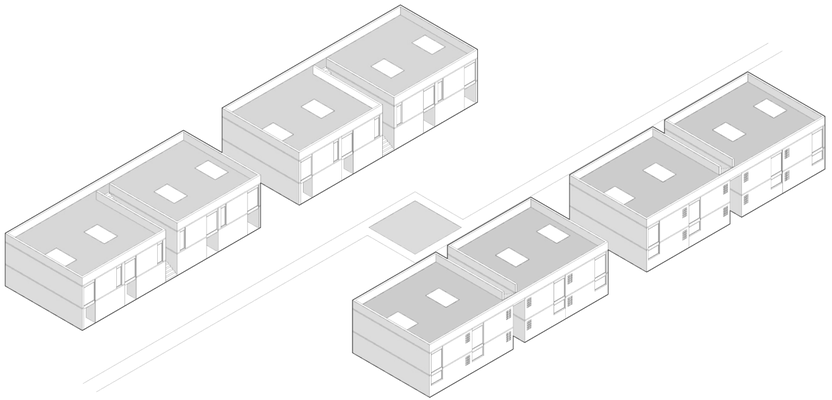
azoteas verdes para producción anual 190 m^2 por bloque

4 viviendas de 9.80 x 5.30 en una configuración de dos niveles.
16 habitantes por bloque

Imagen 78. Isométrico explotado con los elementos del bloque de vivienda.
Elaboración propia.

Cluster de vivienda colectiva

Imagen 79. Isométrico de cluster realizado en Rhino.
Elaboración propia.

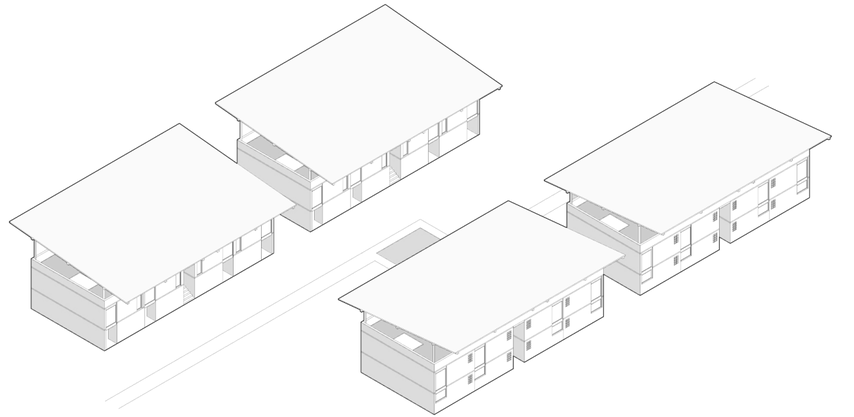


Los bloques de vivienda están configurados para crear un patio al centro del cluster, en donde se propone construir un recolector de agua pluvial que se conecta a las acequias naturales del sitio.

Se plantea el uso de las azoteas para el desarrollo de cultivos urbanos.

Cada cluster cuenta con 16 viviendas de 2 niveles en donde podrán vivir hasta 64 personas.

Imagen 80. Isométrico de cluster realizado en Rhino.
Elaboración propia.



Se proponen techos inclinados que permitan dirigir el agua al centro del cluster y tener una mayor captación de agua pluvial. Otra de las funciones será generar una mayor protección solar para mantener las viviendas con un alto confort térmico.

Planta de techos: cluster

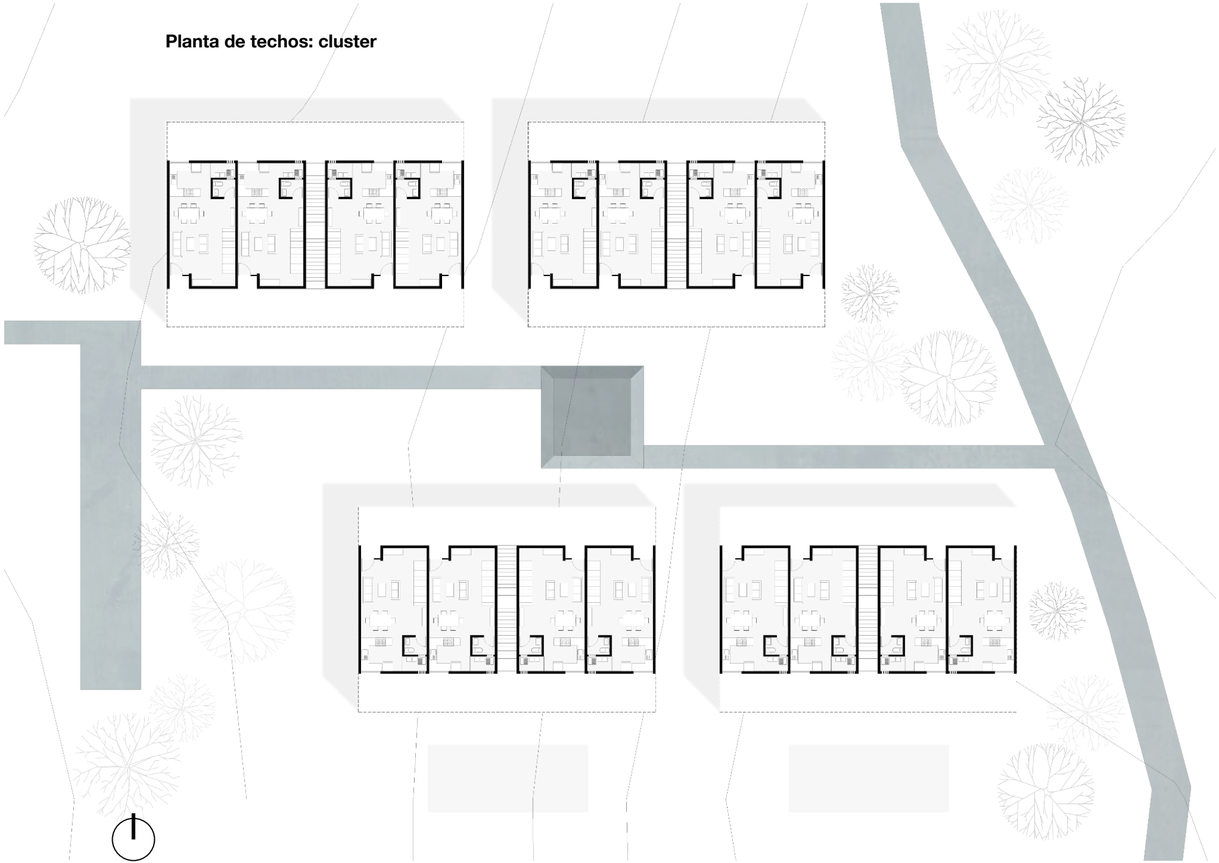


Imagen 81. Planta del conjunto. Elaboración propia.

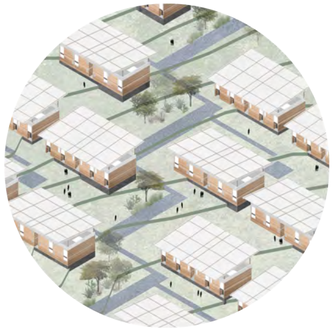
Vivienda colectiva: cluster

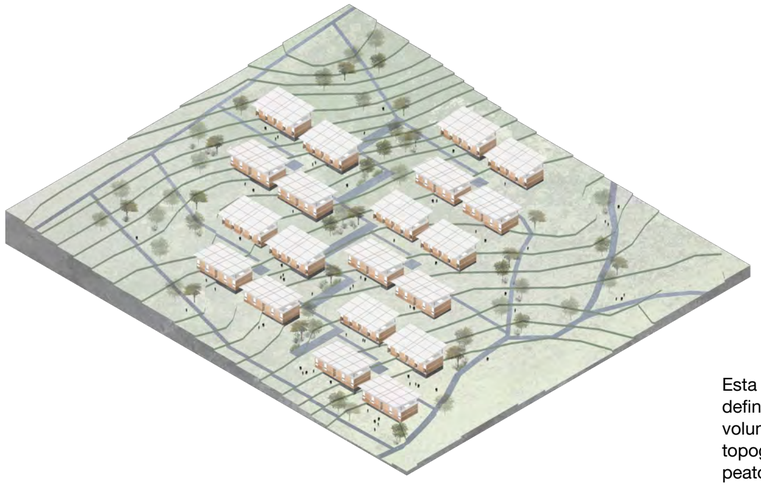
Imagen 82. Axonométrico del acercamiento a un cluster de vivienda y su contexto. Elaboración propia.

Agrupación de lotes de vivienda unifamiliar; lotes de 100 m^2, con posibilidad de crecimiento de acuerdo a las necesidades y posibilidades de los habitantes.

Vivienda colectiva

Figura 60. Acercamiento de axonométrico de vivienda colectiva en temporada de lluvias. Elaboración propia.





Esta fusión entre la naturaleza y el hombre define un nuevo concepto de paisaje donde la volumetría sirve al agua y se mimetiza con la topografía. Se propone una red de caminos peatonales, un espacio público y un corredor agrícola que reconoce y le da al usuario una relación directa con el entorno

Imagen 83. Alzado del área de vivienda colectiva. Elaboración propia.

Aprovechamiento de lluvias

Se capta el agua pluvial en el techo de una casa, pasa por un proceso de filtrado y se almacena en un tanque para su uso posterior. En caso de sobrecarga, existe un rebose que permite que el excedente de agua filtrada vaya a una cisterna comunitaria.

Se realizó un acercamiento del conjunto de 195 x 130 mts para el estudio a mayor detalle. Ubicado en la zona sur del conjunto.

- El conjunto cuenta con 64 viviendas de 100 m^2 cada una
- espacio semipúblico y plazas públicas
- 1500 m^2 de acequias y recolectores de agua
- 1250 árboles reforestados
- 2770 m^2 de área de cultivo: terreno y azoteas

Frijol: 8 kilos por cada 100m^2
Maíz 100 kilos por cada 100m^2

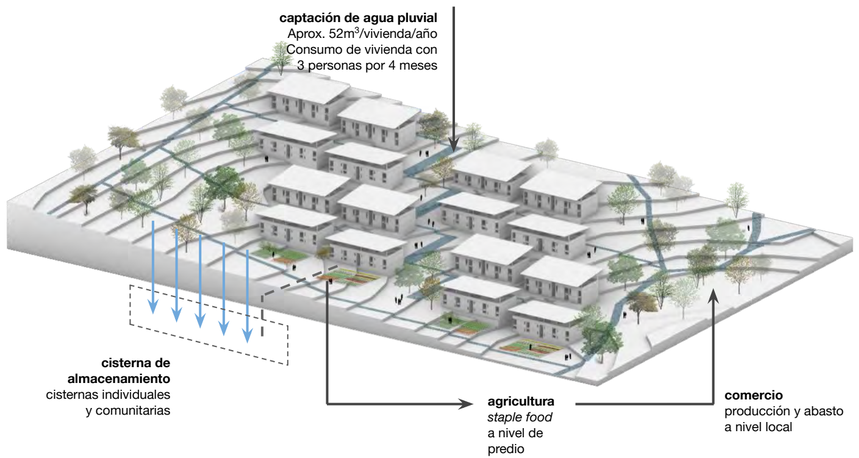


Imagen 84. Diagrama de flujos materiales en temporada de lluvias. Elaboración propia.

Vivienda colectiva

Imagen 85. Alzado longitudinal del conjunto de vivienda colectiva
Elaboración propia.

Factores bioclimáticos

Agua pluvial
Ventilación
Temperatura

Imagen 86. La composición del conjunto responde a diferentes factores bioclimáticos. Este diagrama representa los vientos predominantes, por lo cual se orienta el conjunto de norte a sur para tener una ventilación óptima.

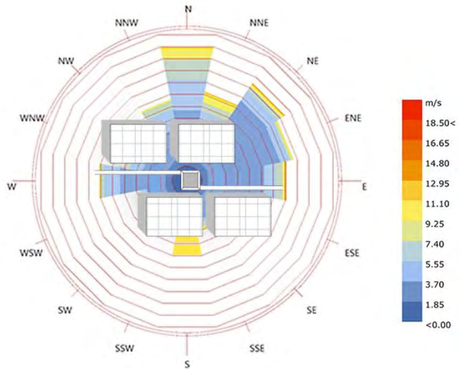
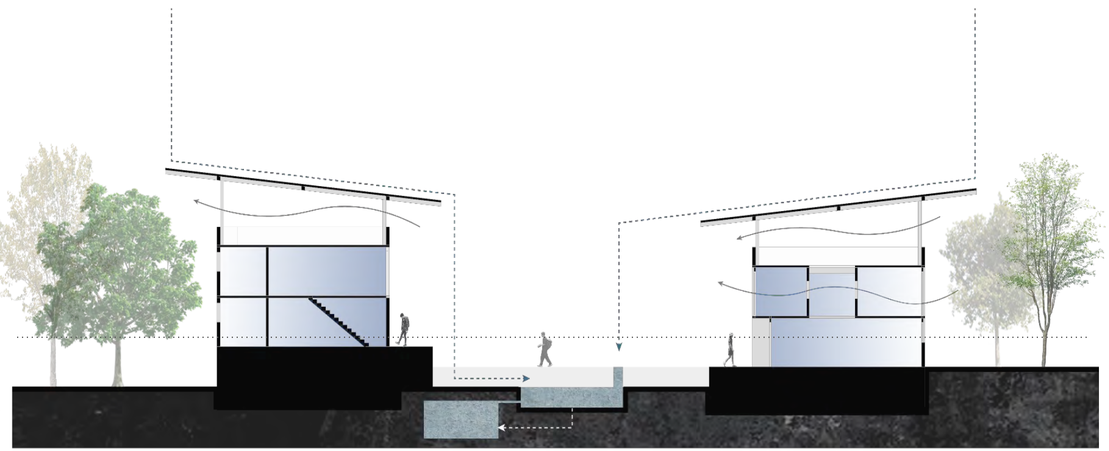


Imagen 87. rosa de los vientos (m/s)
1 enero - 31 diciembre
00:00hrs - 23:59hrs



Factores bioclimáticos

Sistema hídrico
Techos

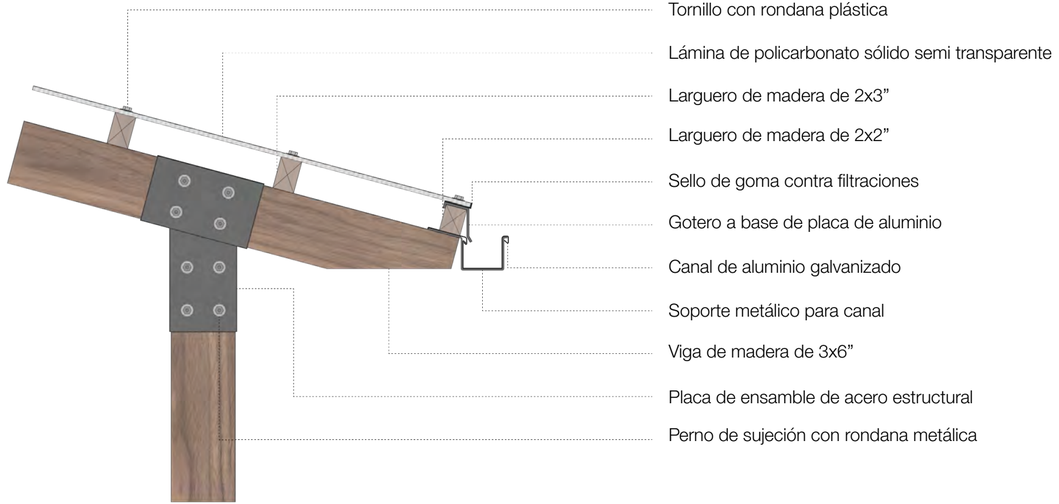


Imagen 88. Detalle de cubierta vivienda. Elaboración propia.

Factores bioclimáticos

Imagen 89. En este diagrama podemos ver la incidencia solar en un período crítico que va de finales de abril a finales de mayo.por lo cual tenemos aberturas de mayor jerarquía al sur y así lograr templar los espacios interiores y un remetimiento en ventanas de 1m para controlar esta inc. Esto nos permitió tener la separación adecuada entre volúmenes para lograr en tiempo de estiaje la mayor producción en este patio central

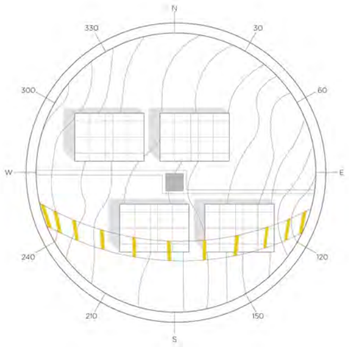


Imagen 90. incidencia solar
noviembre-febrero
9:00 am-16:00 pm

periodo crítico
nov-feb
17:00 pm

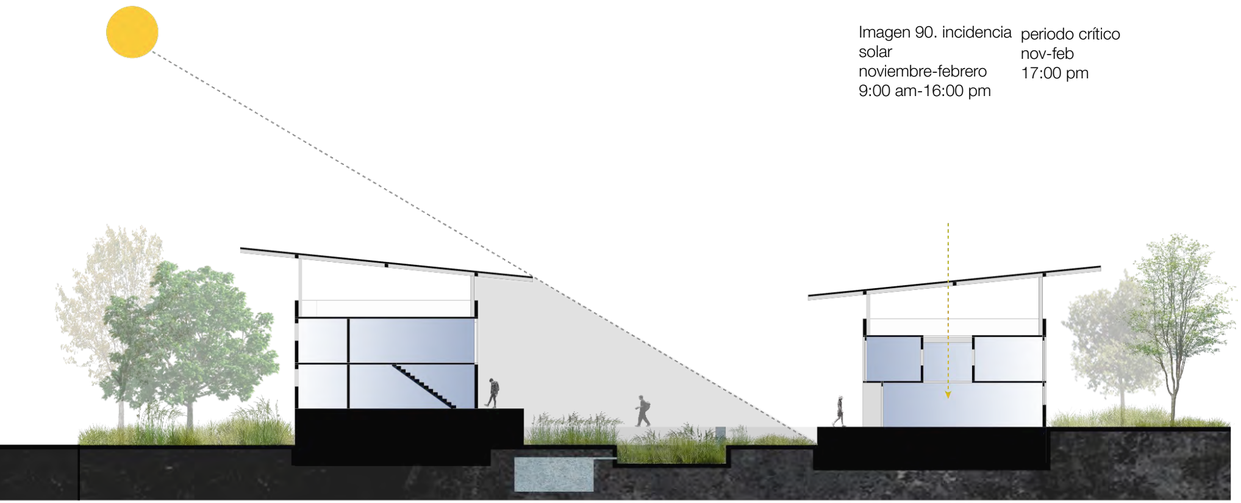


Imagen 91. Este diagrama nos muestra que la radiación más fuerte es al oeste, por lo cual proponemos una franja de árboles y que propicie una temperatura confortable en nuestro conjunto.

La radiación en techos todo el año es un factor determinante para su aprovechamiento. Planteamos huertos urbanos para tener producción agrícola en temporada de lluvias o frío y para climatizar de manera natural a la vivienda.

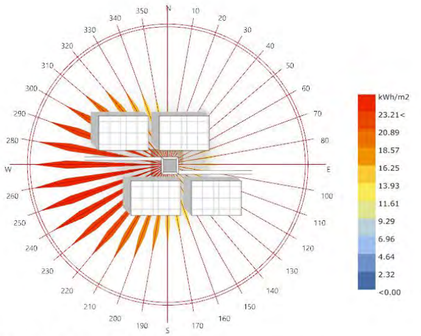
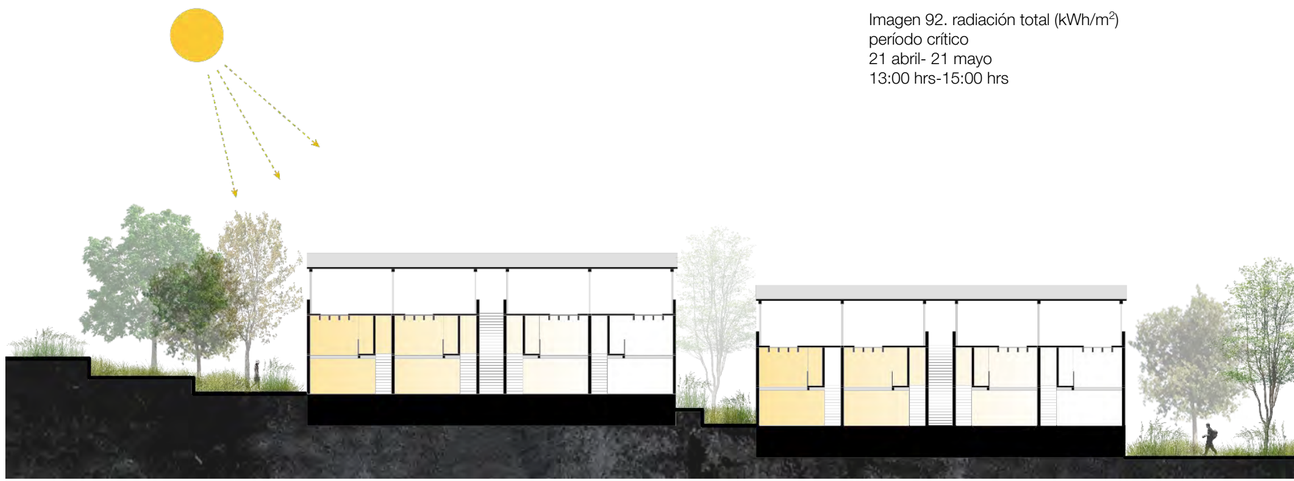


Imagen 92. radiación total (kWh/m^2)
período crítico
21 abril- 21 mayo
13:00 hrs-15:00 hrs



Vista general del conjunto de vivienda colectiva
Clusters de vivienda, mercado agrícola y taller de mezcal

Imagen 93. Vista general conjunto de vivienda, mercado agrícola y taller de mezcal. Elaboración propia.

Imagen 94. Vista del conjunto de clusters de vivienda colectiva. Elaboración propia.

Imagen 95. Vista del conjunto de clusters de vivienda colectiva. Elaboración propia.

Imagen 96. Vista del conjunto de clusters de vivienda colectiva. Elaboración propia.

Imagen 97. Vista del conjunto de clusters de vivienda colectiva. Elaboración propia.

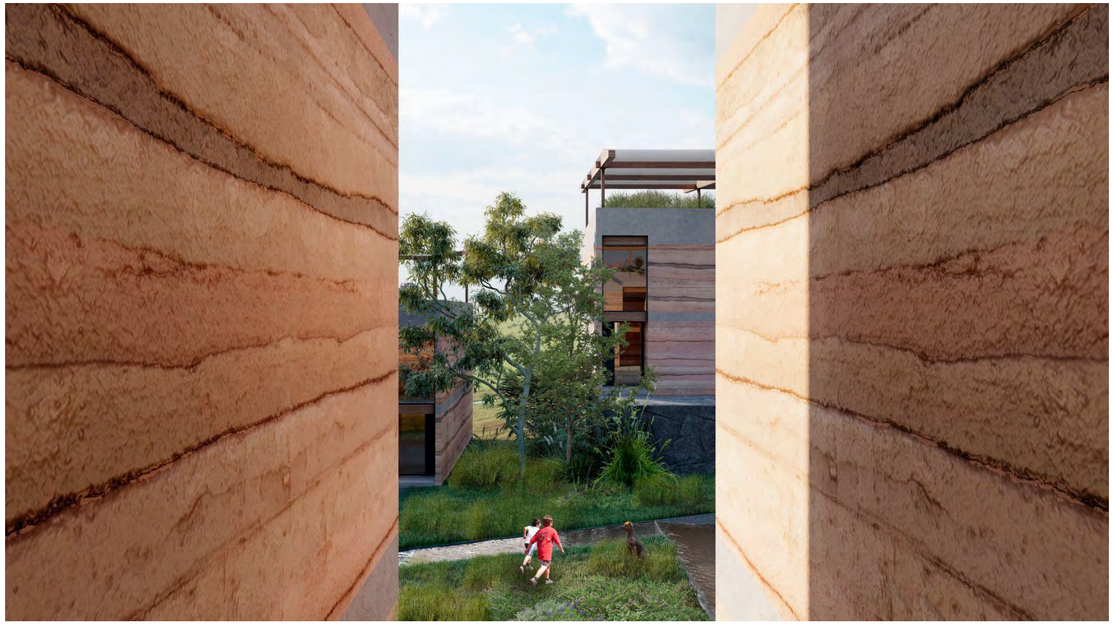


Imagen 98. Vista del conjunto de clusters de vivienda colectiva. Elaboración propia.

Imagen 99. Vista interior de vivienda tipo. Elaboración propia.

Imagen 100. Vista interior de vivienda tipo. Elaboración propia.

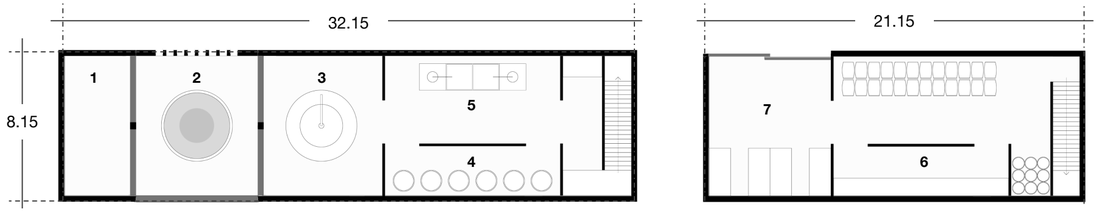
Elementos complementarios del conjunto de vivienda colectiva
Mercado agrícola y taller de mezcal

Con el objetivo de la creación de una fuente alternativa de abasto a través de la producción de alimentos y artesanías a nivel local y con propósito de autoconsumo, se propone un mercado agrícola y un taller de mezcal, con el fin de aprovechar al máximo todos los recursos y generar un ciclo de consumo sustentable.

Al igual que la vivienda, se plantea que estos elementos se integren al entorno utilizando materiales locales y con una volumetría discreta que emerja de la tierra.

Imagen 101. Ubicación de mercado y taller de mezcal en el espacio. Elaboración propia.

Taller participativo de mezcal



1. Bodega verde
2. Cocimiento/horno de piso
3. Molienda/tahoma
4. Fermentación
5. Destilación/alambique de cobre
6. Envasado
7. Bodega blanca

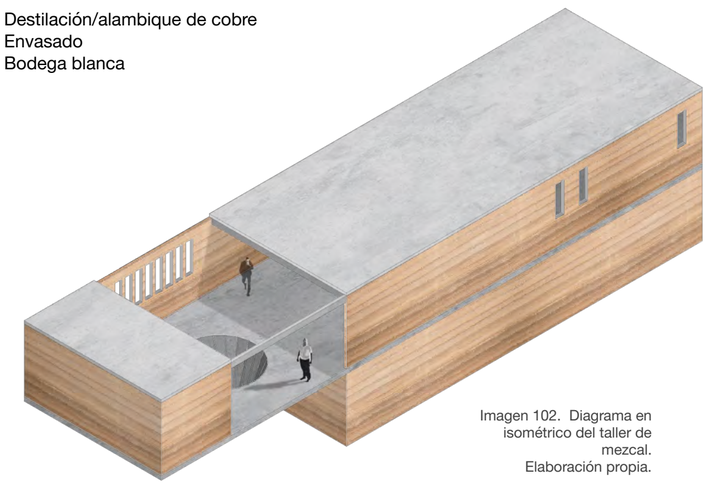
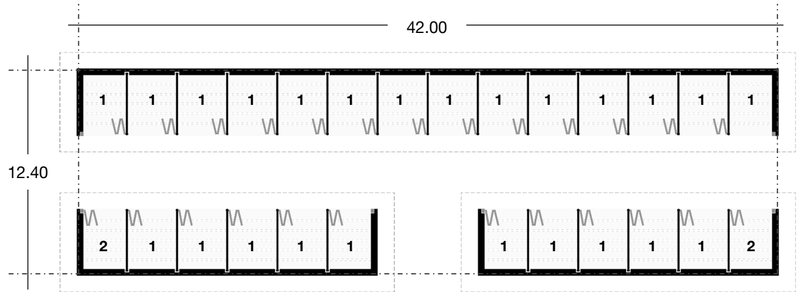


Imagen 102. Diagrama en isométrico del taller de mezcal. Elaboración propia.

Mercado agrícola



1. Local comercial
2. Bodega

Nave con 24 locales comerciales de 7.20 m^2 cada uno, para la venta local y producción de artesanías.

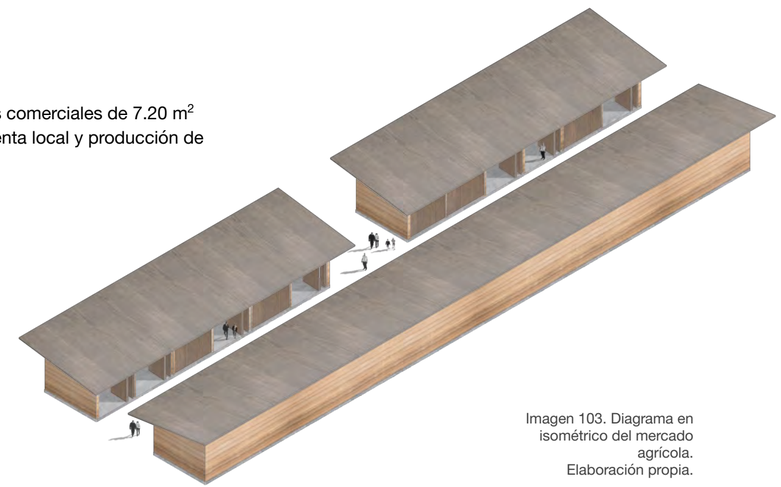


Imagen 103. Diagrama en isométrico del mercado agrícola. Elaboración propia.

V. Plaza y parque hídrico

La siguiente intervención combina espacios públicos e infraestructura hídrica, dotando a espacios ya existentes la función de captación de agua. Nuestro segundo cluster es una intervención urbano-paisajística ubicada en el pueblo de San Juan y que abarca un área de 14 hectáreas. Esta propuesta hace frente a la carencia de espacio público y recreativo en San Juan. Se compone por un parque con jardines de lluvia e instalaciones deportivas y una "plaza hídrica" complementada por un centro comunitario.

El parque cuenta con una serie de jardines de lluvia para una captación intensiva de agua pluvial. Los espacios deportivos se componen por dos canchas de basketball y una cancha reglamentaria de fútbol rápido que dotan alternativas de esparcimiento y convivencia a los habitantes de San Juan Zitlaltepec. La plaza hídrica es un espacio público flexible que permite una amplia variedad de actividades tanto programadas como espontáneas durante el estiaje, y durante la época de lluvias funciona como un espacio de retención o almacenamiento del agua pluvial. El centro comunitario complementa las actividades realizadas en la plaza.

La habitabilidad y funcionalidad de la plaza hídrica, especialmente del anfiteatro, cambia de acuerdo con la temporada. La atmósfera del espacio cambia por completo al dejar que el agua inunde estos espacios en temporada de lluvias o genere una mayor interacción en temporada de estiaje.

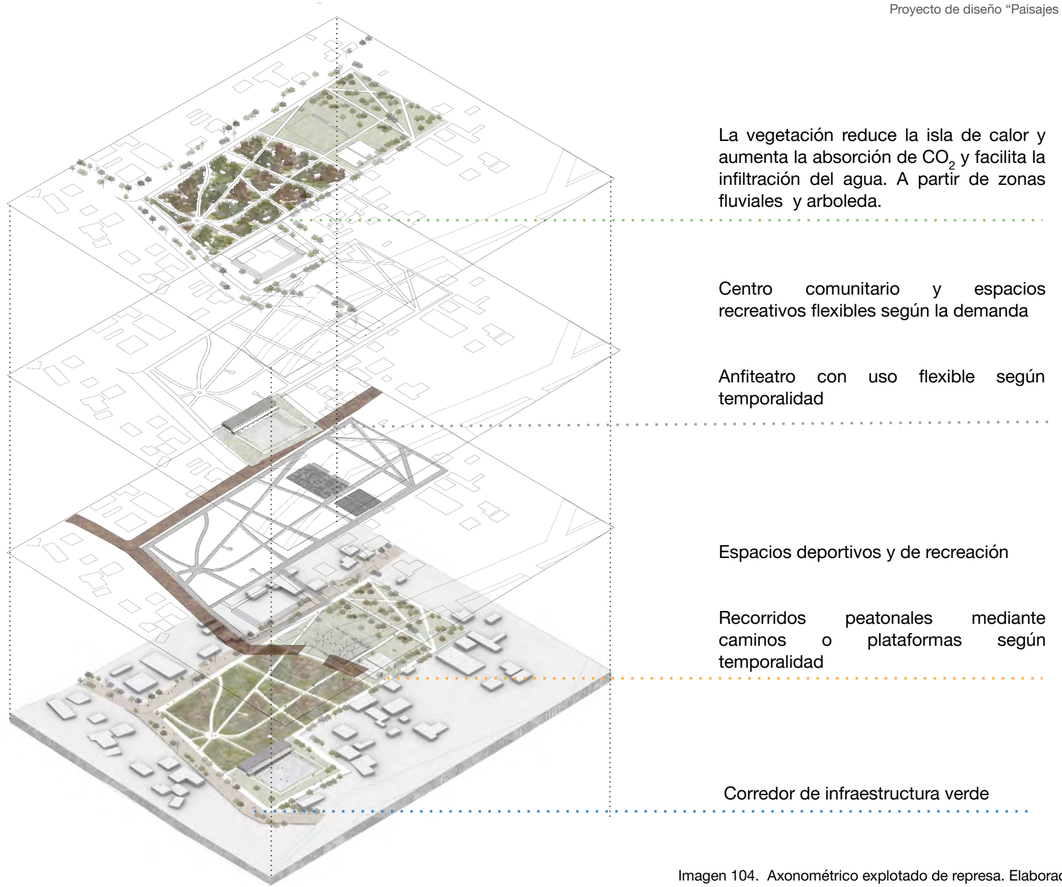


Imagen 104. Axonométrico explotado de represa. Elaboración propia.

Plaza hídrica
temporada de lluvias

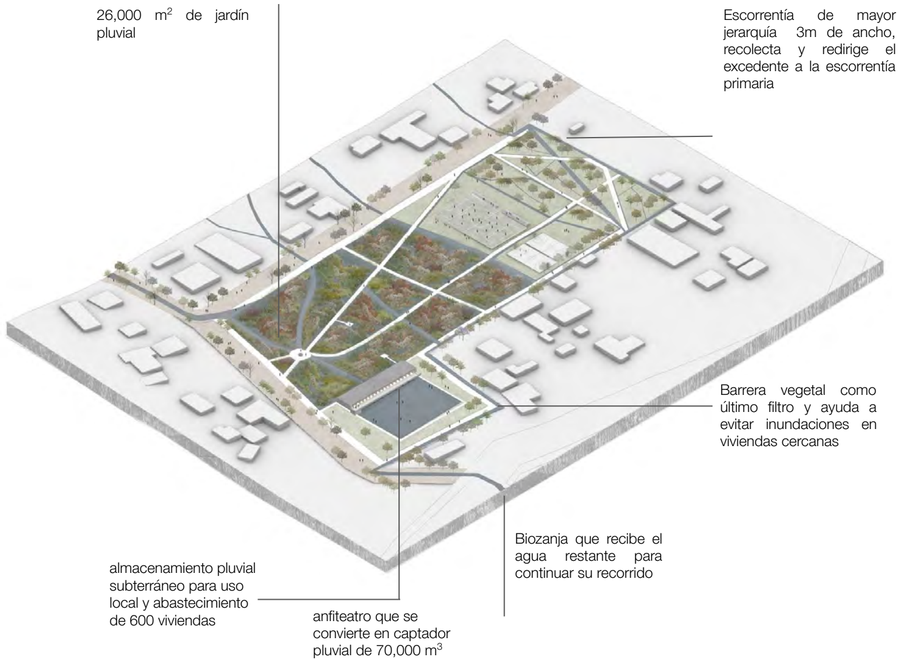


Imagen 105. Diagrama de entradas y salidas de la plaza hídrica en temporada de lluvias. Elaboración propia.

La propuesta está pensada para que pueda ser habilitada, desarrollada en tres etapas y se puedan obtener resultados en un corto, mediano y largo plazo

Primera etapa; Sistema de tratamiento de agua pluvial mediante jardínes pluviales.

Captación, tratamiento y uso de agua de lluvia. Rehabilitar espacio en desuso para implementar nuevas alternativas de tratamiento de agua pluvial, teniendo como primer filtro jardines pluviales según temporalidad, ampliando una cultura del agua en base a recolección, tratamiento y reuso.

Segunda Etapa; Creación de un espacio recreativo y cultural para el pueblo.

Implementación de espacios de recreación en busca de la disminución de zonas abandonadas, índice de violencia y robos. Zonas de campos y canchas de basquetbol para generar programas deportivos. Espacios verdes, senderos y trotapista. Espacio cultural para la implementación de actividades artísticas y de creación.

Tercera Etapa. Integración de sistema de potabilización de agua.

Reactivación y tratamiento de terrenos agrícolas en el predio para captación pluvial, a partir de la traza pluvial y respetando la topografía. Mediante la gravedad y la pendiente, se busca utilizar a la plaza hídrica como un vaso regulador, donde un porcentaje se infiltra al acuífero. Mientras que otro porcentaje a partir del uso de tecnologías eficientes y sustentables, es almacenado y abastece a un gran porcentaje de la población.

Imagen 106. Vista aérea del conjunto cultural. Elaboración propia.

En época de lluvias el anfiteatro funciona como un captador y almacenador de agua pluvial. Los caminos trabajan con la pendiente natural para encauzar las escorrentías generadas en el predio hasta desembocar en este cajón, el cual permite que un porcentaje de los 70,000 litros de agua pluvial almacenada al año, sea para riego, instalaciones sanitarias y el abastecimiento de viviendas, mientras que otro porcentaje se infiltra hacia el drenaje.

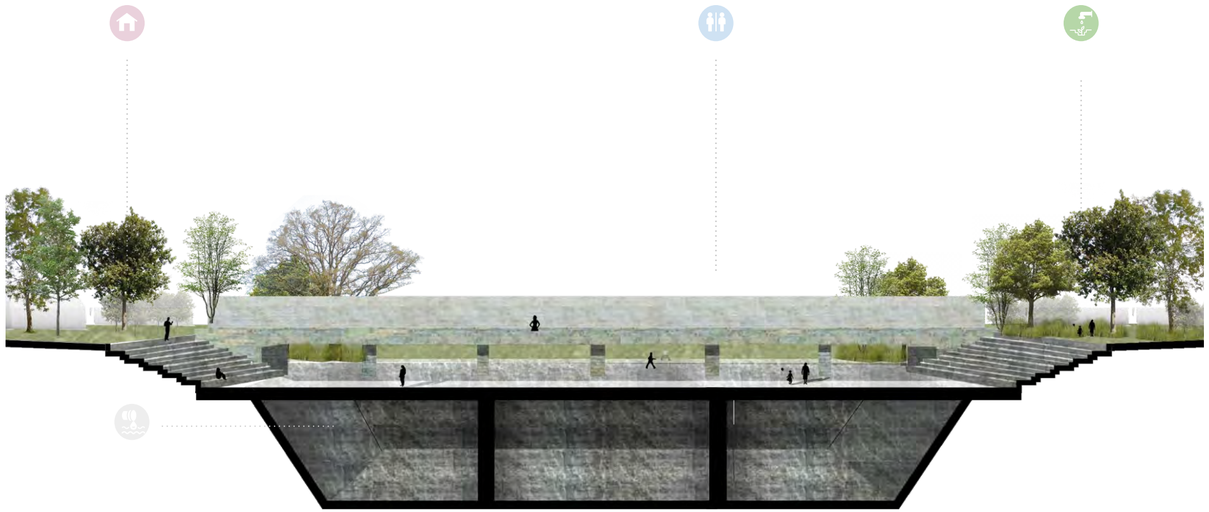


Imagen 107. Corte perspectivado de plaza hídrica y almacenamiento pluvial. Elaboración propia.

Imagen 108. Planta de contexto. Elaboración propia.

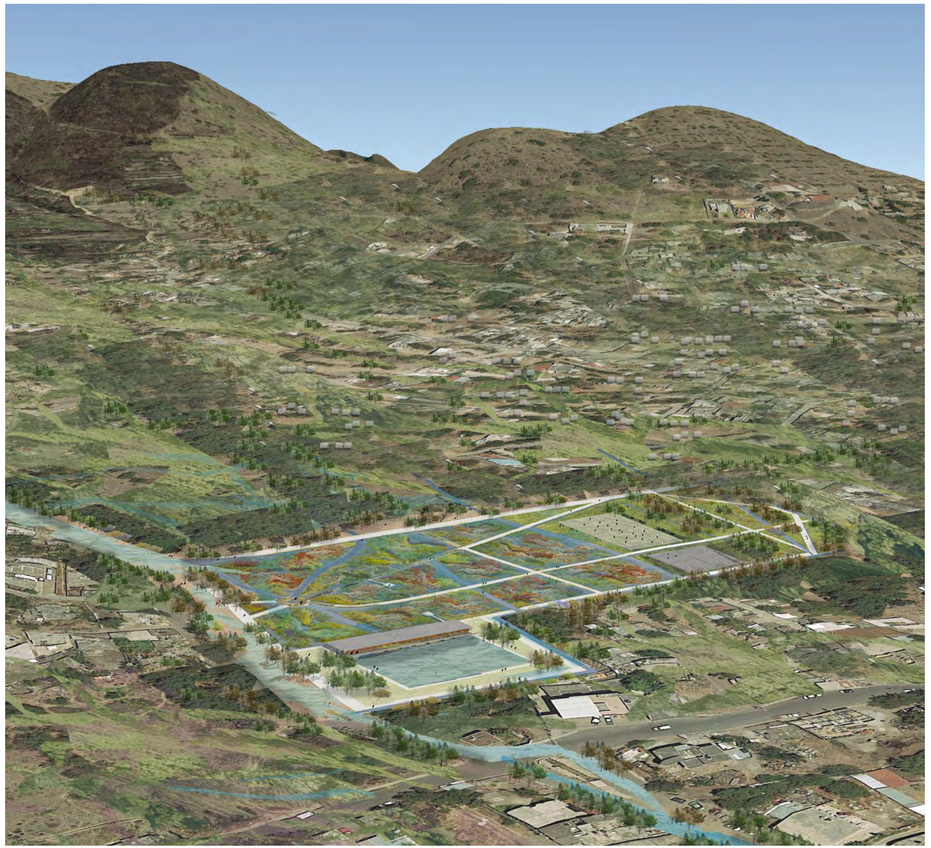


Imagen 109. Imagen objetivo de plaza hídrica y su contexto a 10 años. Elaboración propia.

Centro comunitario

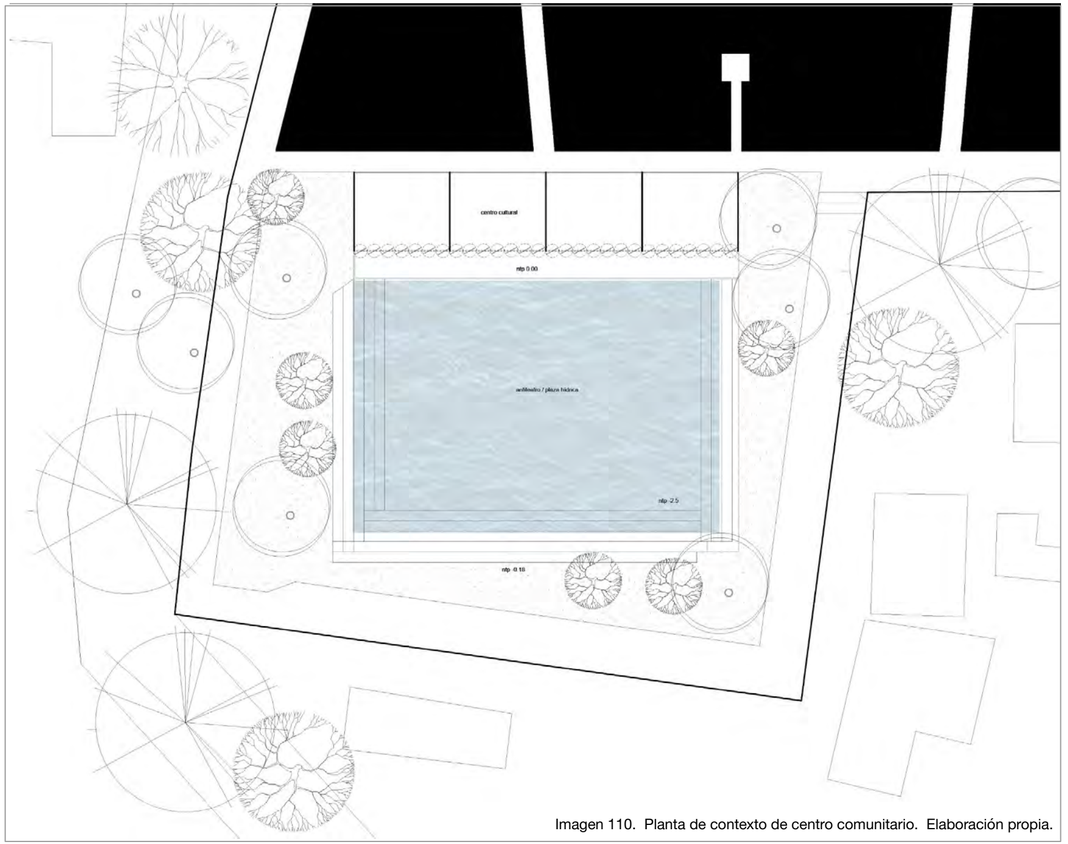
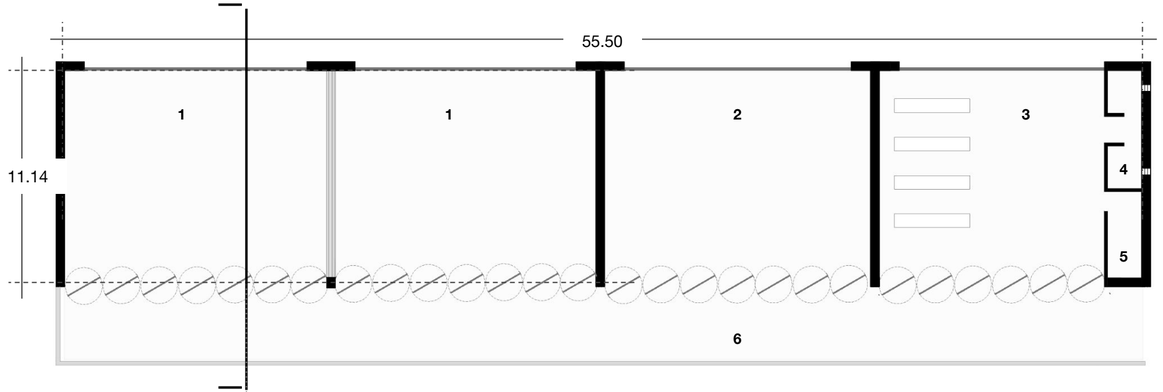


Imagen 110. Planta de contexto de centro comunitario. Elaboración propia.



1. Salas para talleres y exposiciones
2. Sala de cine y reuniones
3. Biblioteca
4. Sanitarios
5. Bodega

Imagen 111. Planta arquitectónica
Elaboración propia.

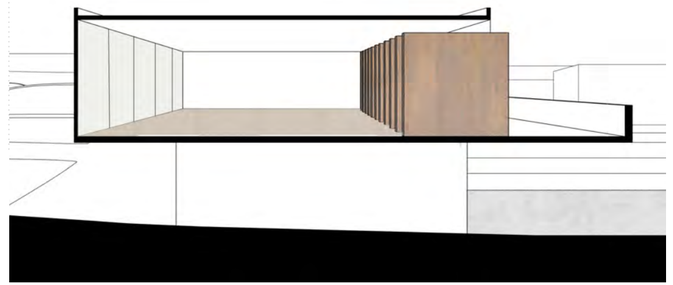


Imagen 112. Corte A-A’
Elaboración propia.

Centro comunitario - Fachada sur

Este edificio juega con una serie de espacios flexibles que dependen según las actividades que los mismos habitantes propongan. La transformación de espacios es a partir de una serie de mamparas y puertas abatibles respondiendo a las necesidades del usuario.

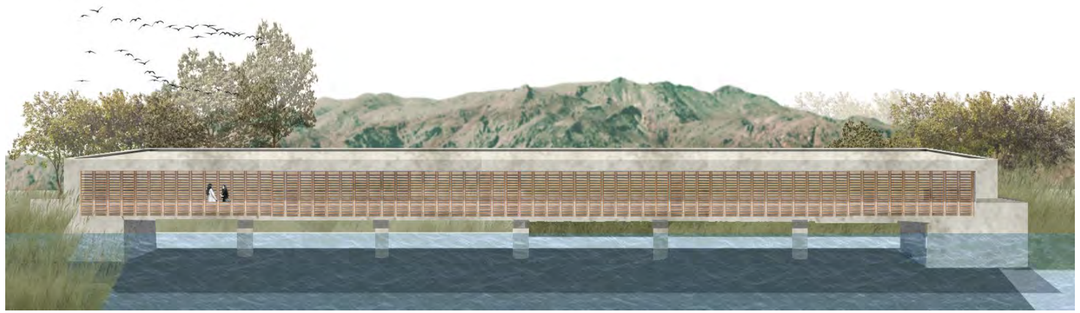


Imagen 113. Fachada sur del centro comunitario con relación exterior-interior.
Elaboración propia.

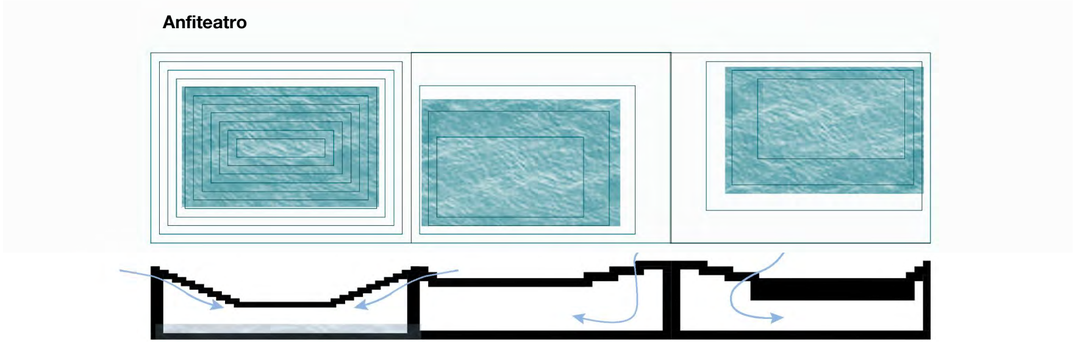


Imagen 114. pruebas de diseño a partir de topografía para mayor almacenamiento de agua en menor tiempo y uso

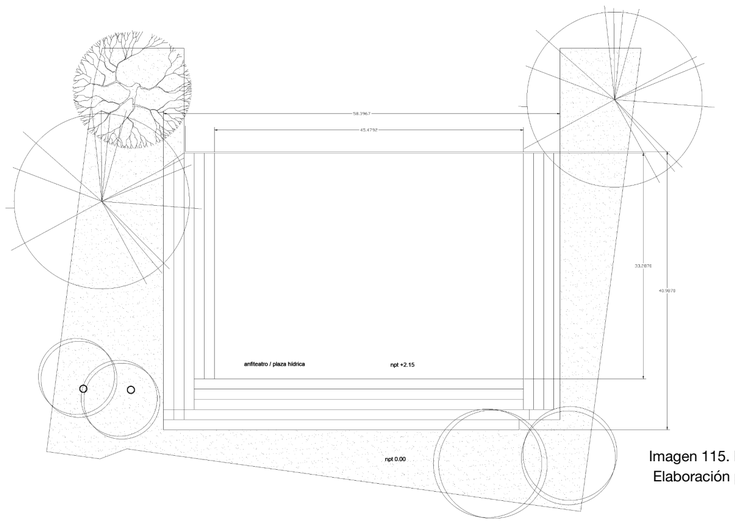


Imagen 115. Plano de conjunto de anfiteatro
Elaboración propia.

VI. PTAR Zitlaltepec

Aunque los humedales son eficientes y una excelente opción para el tratamiento de aguas residuales, también son más vulnerables ante variaciones de los parámetros de calidad del agua. El efluente del Río Cuautitlán está fuertemente contaminado con metales y en caso de que esta agua entre directamente al humedal podría desequilibrar el ecosistema acuático causando la muerte de peces, aves, insectos, vegetación y bacterias, llegando a un punto de quiebre catastrófico y comprometiendo por completo el funcionamiento del mismo. Para resolverlo, proponemos una PTAR diseñada para soportar esas cargas variables de contaminantes que un humedal no podría soportar.

La planta, con dimensión de 4.5 hectáreas, tiene una capacidad instalada de 400 l/s y está diseñada para tener un tiempo de retención de 20 días. Se ubica en el extremo Noroeste del lago de Zumpango, adyacente al Canal de Santo Tomás y considerando los siguientes parámetros: cota topográfica baja, cercanía con cuerpo de agua, accesibilidad con vías de comunicación y con un buffer de 500 metros a la redonda de zonas habitacionales para garantizar seguridad en caso de una fuga de cloro. Además, en caso de ser necesario, el agua se puede almacenar en un tanque de tormenta o permitir que siga su rumbo hacia la PTAR de Atotonilco, ubicada al norte. Para el propósito de dimensionamiento utilizamos como análogo la PTAR Osiris, ubicada en Zacatecas, con una capacidad instalada y procesos similares a la PTAR propuesta en este proyecto (CONAGUA, 2018).

La PTAR tratará las aguas servidas del municipio de Zumpango para su posterior reuso local y para el relleno del lago de Zumpango. No todas las actividades domésticas requieren agua potable para su ejecución. Por ejemplo el agua para uso en sanitarios, riego de áreas verdes y limpieza de pisos pueden sustituir agua potable por agua tratada. Se estima que estas actividades constituyen el 30% del consumo hídrico doméstico (CONAGUA, 2015). El agua tratada también es una alternativa de abastecimiento de agua destinada a usos urbanos como: riego de áreas públicas y campos deportivos, sistemas contra incendios, lavado de calles y actividades comerciales como lavado de vehículos, de vidrios, control del polvo y producción de concreto para proyectos de construcción.

Economía circular derivada de los procesos de tratamiento de aguas residuales

Uno de los problemas en la operación de instalaciones para el tratamiento de aguas, especialmente de PTARs, es el alto costo energético. En Puebla y Tlaxcala se han observado casos en los que obra civil que costó millones de pesos deja de operar porque tan sólo los costos de energía eléctrica oscilan entre los 50 y 300 mil pesos mensuales (Rivas, 2021). El artículo 115 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos otorga a los municipios las atribuciones del tratamiento de aguas y otros servicios públicos. La mayoría de los municipios en México tienen un alto grado de dependencia de las transferencias fiscales de otros órdenes de gobierno pues cuentan con opciones limitadas para el esfuerzo recaudatorio a nivel local (Campos & Ruíz, 2019). Estas condiciones pueden comprometer por completo la continuidad de las operaciones de servicios públicos.

A través de la visión sistémica del enfoque de metabolismo urbano y la ecología industrial, se pueden generar estrategias para hacer frente a las problemáticas mencionadas y poder garantizar una operación correcta y continua de la PTAR. Para ello se proponen las siguientes prácticas:

- Reducir los costos de operación a través de la cogeneración de energía eléctrica con base en el aprovechamiento del metano generado por biodigestión. Esto supone un ahorro de energía eléctrica del orden del 40% al 60%, con un promedio del 43%. (CONAGUA, MAPAS 22).
- Construcción de humedal para post-tratamiento. El humedal no requiere de energía eléctrica y un esquema de piscicultura podría ser una actividad complementaria realizada por privados que podría coadyuvar en la generación de ingresos.
- Aprovechar los lodos para la creación de biosólidos destinados al mejoramiento de suelos y la fertilización. La PTAR está complementada por instalaciones de compostaje con el propósito de generar biosólidos que puedan ser aprovechados bajo el cumplimiento de los parámetros establecidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002. El compostaje destruye patógenos, disminuye malos olores y habilita a los lodos para ser aprovechados en la fertilización o mejora de suelos debido a su alto contenido de nutrientes. La comercialización de la composta puede ayudar a reducir los costos de operación de la PTAR o incluso generar ganancias para el organismo operador. Dicha rentabilidad se ha demostrado en los estudios de (Ramírez et al.,1991) y el caso de estudio de la comercialización de composta Milorganite, en Estados Unidos.

VI. Laguna de pulimento

Una laguna de estabilización es un humedal construido que trata de manera biológica aguas servidas. Al contrario de una planta convencional de tratamiento de aguas, el humedal no requiere energía eléctrica y sus costos de operación son bajos, sin embargo, es necesario contar con terrenos amplios, elemento que las vuelve poco atractivas en entornos urbanos pero sólidas soluciones en entornos rurales. Dentro de la categoría de lagunas de estabilización, las lagunas de maduración o de pulimento son aquellas ubicadas al final del tren de tratamiento y que mejoran el efluente de otros sistemas de tratamiento biológico. Las mejoras a la calidad del efluente son principalmente la eliminación de nutrientes, la clarificación, la remoción de coliformes fecales y mayor oxigenación. A su vez, la laguna también puede funcionar como criadero de peces (CONAGUA, 2007) (Rose, 1999).

Se propone la construcción de laguna de pulimento de 50 hectáreas para otorgar un post tratamiento a los 31,800 m^3/d de efluente de la PTAR y obtener una calidad de agua tratada de contacto directo, de acuerdo a los parámetros establecidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-003-SEMARNAT-1997. La laguna se extiende en el extremo norte del lago, y su acomodo comienza adyacente a la PTAR para recibir de manera directa su efluente. Con esto se busca visibilizar el proceso de tratamiento del agua a través del diseño de un paisaje tectónico que haga evidente sus elementos y sus beneficios.

Un proceso de tratamiento superficial tiene como ventajas una mayor facilidad de disposición y manejo de aguas, características estéticas y paisajísticas que lo convierten en un lugar habitable, la generación de microclimas, la posibilidad de una mejor interacción entre los habitantes de los asentamientos adyacentes, y a través de incentivos productivos, una mayor conciencia en el uso de los espacios y recursos hídricos.

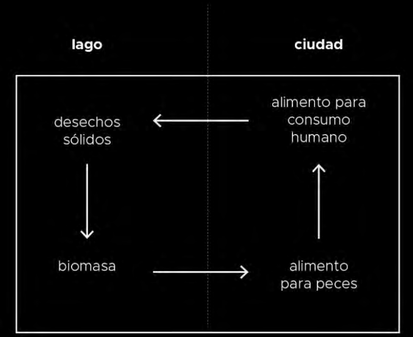


Imagen 116 . Esquema de recuperación y reuso de recursos de una laguna de estabilización. Elaboración propia. con base en Rose (1999).

afluente
sale de la PTAR con calidad de contacto indirecto

la mayor parte de la DBO ha sido reducida

efluente
calidad de contacto directo

remoción de patógenos

en combinación con acuacultura se puede remover la mayoría del fósforo y nitrógeno
(Tilley et. al, 2008)

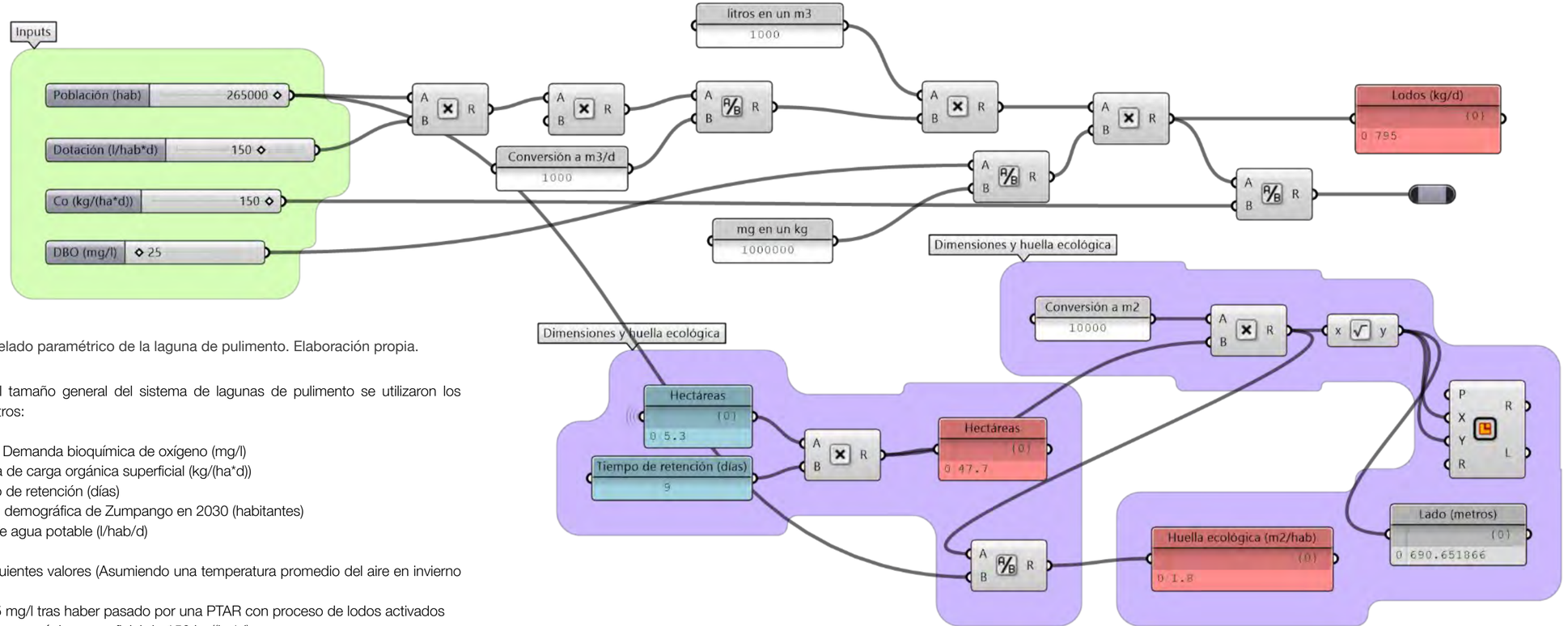


Imagen 117. Modelado paramétrico de la laguna de pulimento. Elaboración propia.

Para determinar el tamaño general del sistema de lagunas de pulimento se utilizaron los siguientes parámetros:

- $DBO_{(5\text{-}20)}$ = Demanda bioquímica de oxígeno (mg/l)
- TCo = Tasa de carga orgánica superficial (kg/(ha*d))
- θ = Tiempo de retención (días)
- Proyección demográfica de Zumpango en 2030 (habitantes)
- Dotación de agua potable (l/hab/d)

Se asumen los siguientes valores (Asumiendo una temperatura promedio del aire en invierno mayor a 15 C.)

- DBO de 25 mg/l tras haber pasado por una PTAR con proceso de lodos activados
- Tasa de carga orgánica superficial de 150 kg/(ha*d)
- Tiempo de retención de 9 días
- Dotación de agua potable de 150 l/hab/d.

Imagen 118. Vista aérea del Lago de Zumpango tomada con Dron. Fotografía: Fernando Zúñiga.

3. Temporalidad y prospectiva

El proyecto no permanece estático, sino que está concebido para adaptarse a las particularidades del periodo estacional de lluvias y el estiaje, mismo que modifica dramáticamente las cualidades urbano-paisajísticas de nuestra intervención. De igual manera, el desarrollo del proyecto se consolidará a lo largo de distintas escalas temporales de corto y mediano plazo.

3.1 Época de lluvias y estiaje

Temporalidad - Estiaje

Las sequías de 2013 y 2020 (Rivera, 2020) disminuyeron de manera alarmante el volumen del Lago de Zumpango. La posibilidad de sequías cada vez más frecuentes y más extremas, nos hacen un llamado a especular sobre la vocación del lago y sus alrededores durante una época de escasez de agua, de manera que se pueda garantizar la supervivencia de éste y se pueda asegurar la resiliencia hídrica de las poblaciones aledañas.

En época de estiaje se convertirá en un espacio flexible que permite una variedad de actividades, entre ellas, actividades productivas orientadas al consumo local. El arrastre de nutrientes del lago de Zumpango a la zona inundable la convierte en un espacio fértil y otorga un espacio familiar para las prácticas agrícolas locales.

Durante un periodo de sequía el lago se puede disponer del agua de la zona inundable. El lago puede ser rellenado con el efluente de una laguna de estabilización, mismo que daría al agua una calidad de contacto directo y podría utilizarse para fines recreativos.De igual manera, la vegetación ayuda a retener el agua y a disminuir la temperatura.

Imagen 119. Planta de contexto en temporada de estiaje. Elaboración propia.

Temporalidad - Lluvias

El Lago de Zumpango tiene una importante función como vaso regulador. Durante la época de lluvias recibe 60 hm^3 de aguas servidas de la Ciudad de México. De igual manera, ante precipitaciones anómalas puede servir como embalse para aguas de presas y ríos, tal y como sucedió en julio de 2021, cuando acomodó un volumen excedente que ponía en peligro a los asentamientos cercanos a la Presa Madín (Rodríguez, 2021). Es importante hacer una gestión adecuada de dicho volumen, pues la probabilidad de peligros por inundación derivados de una lluvia torrencial propició la creación del talud que separa el lago y el pueblo de San Juan.

En caso de alguna lluvia particularmente torrencial, como una de 50 o 100 años, el lago podrá liberar en la zona inundable el excedente de aguas a lo largo del año. En el caso de las aguas servidas que se reciben de la Ciudad de México, la PTAR Zitlaltepec también funge como un *switch* que permitirá el envío de dichas aguas hacia la PTAR de Atotonilco si se cumplen ciertas condiciones.

Imagen 120. Planta de contexto en temporada de lluvias. Elaboración propia.

Temporalidad - Estiaje

La época de lluvias representa un periodo de gran importancia, pues no sólo habilita o fortalece la producción agrícola dentro de la región, sino que también puede suponer la posibilidad de “recarga” del almacenamiento hídrico. Durante esta época los cultivos reciben el vital líquido, indispensable para su desarrollo y las infraestructuras verdes se encargan de dirigir, depurar y canalizar el agua pluvial para el aprovechamiento de los habitantes.

Imagen 121. Imagen objetivo de la vivienda en temporada de estiaje. Elaboración propia.

Temporalidad - Lluvias

La época de lluvias representa un periodo de gran importancia, pues no sólo habilita o fortalece la producción agrícola dentro de la región, sino que también puede suponer la posibilidad de “recarga” del almacenamiento hídrico. Durante esta época los cultivos reciben el vital líquido, indispensable para su desarrollo y las infraestructuras verdes se encargan de dirigir, depurar y canalizar el agua pluvial para el aprovechamiento de los habitantes.

Imagen 122.Imagen objetivo de la vivienda en temporada de lluvias. Elaboración propia.

Temporalidad - Estiaje

En la temporada de estiaje el anfiteatro es un espacio público con una configuración flexible que permite varias actividades.

Las sendas más pequeñas en el parque son transitables y permiten una mayor permeabilidad e interacción.

Imagen 123. Corte esquemático de la represa en temporada de estiaje. Elaboración propia.

Temporalidad - Lluvias

Un jardín de lluvias está compuesto por un cajón con vegetación y arena arcillosa que permite una infiltración lenta del agua pluvial hacia un drenaje. El suelo actúa como un filtro mecánico que remueve contaminantes del agua.

Cada metro cuadrado de jardín puede captar hasta 524 litros de agua pluvial durante todo el año. Este volumen se puede utilizar para el riego, las instalaciones sanitarias del centro comunitario y el abastecimiento de 600 viviendas y de unidades económicas cercanas, para el beneficio de poco más de 9500 habitantes.

En caso de un rebose de aguas una escorrentía secundaria recolecta y redirige el excedente a la escorrentía principal.

Imagen 124. Corte esquemático de la represa en temporada de lluvias. Elaboración propia.

Temporalidad - Estiaje

Imagen 125. Borde permeable en época de estiaje. Elaboración propia.

Al disminuir el nivel del lago en la temporada de estiaje emerge una serie de archipiélagos, que en conjunto con el frente chinampero, se utilizan para la producción agrícola. La PTAR y la laguna de estabilización garantizan un flujo constante de agua, incluso en época de estiaje.

Temporalidad - Lluvias

Imagen 126. Borde permeable en época de lluvias. Elaboración propia.

En época de lluvia los bosques de ribera disminuyen la velocidad de las aguas y fijan el suelo al entrelazar sus raíces. La zona inundable además de dotar al lago capacidad complementaria para almacenamiento de agua servirá también como un espacio de recreación y contemplación. Los bordes del área inundable están delimitados por una serie de elementos vegetales funcionan como una barrera adaptable a las condiciones acuáticas.

3.2 Prospectiva

Imagen 127. Esquema de desarrollo territorial en distintos años. Elaboración propia.

1 año

El talud ha sido removido y el lago ha recuperado sus límites naturales, abarcando la antigua zona inundable. Los humedales comienzan el proceso de depuración de agua y mitigan el riesgo de inundaciones.

Los troncos muertos pueden proveer un entorno propicio y seguro para que el musgo y los líquenes puedan crecer y los insectos puedan depositar sus huevos (Graham, et. al, 2012).

Se aprovechan lotes baldíos para la consolidación de zonas de amortiguamiento y espacios públicos para la creación de un eje paisajístico entre Zitlaltepec, San Juan y Zumpango.

5 años

400 hectáreas de reforestación en Zitlaltepec. La nueva vegetación provee refugio y cobertura para las especies existentes.

Conciliación entre la producción maderera y el cuidado del cerro.

Incremento de retención de agua pluvial. Se reducen la erosión y el peligro por inundaciones pluviales.

Florece un nuevo ecosistema local: las aves de agua comienzan a anidar, los peces se multiplican, serpientes y pequeños lagartos mantienen a raya la población de mosquitos.

10 años

Posibilidad de expansión de actividades productivas. Vecinos y productores monitorean el área con el apoyo de autoridades locales.

Cerro y lago tienen una mayor influencia dentro de San Juan pues se aprovechan los recursos paisajísticos existentes en vez de verlos como obstáculos.

Aumento de la biodiversidad y restauración de nichos ecológicos.

Imagen 128. Vista aérea del proyecto - Fase 10 años. Elaboración propia.

Imagen 129. Islotes del Lago de Zumpango. 2020.
Fotografía: Fernando Zúñiga

Conclusiones

Conclusiones

Las dos principales problemáticas dentro de la zona de estudio son los efectos negativos derivados de los patrones de urbanización durante el último par de décadas y la relación de San Juan con el Lago de Zumpango.

Ambos problemas parten de concepciones rígidas sobre el territorio: 1) la necesidad de construir y habitar lo más lejano posible del agua y 2) la falsa dicotomía entre la "mancha urbana" y el entorno natural intacto.

Al igual que otros municipios en la ZMVM, Zumpango transita hacia escenarios donde un porcentaje considerable de su población verá comprometido el abasto del agua. Esta situación podría ser exacerbada por tres factores: 1) El gradual incremento en la frecuencia, intensidad y duración de las olas de calor y de las sequías; 2) el aumento de la demanda hídrica derivada de la operación del Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles y del desarrollo urbano incentivado por este, y 3) el crecimiento "orgánico" de la población de Zumpango y los municipios adyacentes. El Lago de Zumpango supone una enorme ventana de oportunidad económica y del aprovechamiento de recursos hídricos y energéticos tanto para la cabecera municipal de Zumpango como para San Juan Zitlaltepec.

Ante cambios cada vez más veloces y el perpetuo rezago en hacerles frente, es necesario que los gobiernos locales dejen de lado los planes estáticos y actúen de manera "oportunista" y saquen provecho al máximo de sus ventajas comparativas y de sus flujos de entrada y salida (Yu, 2011). Creemos que ante la burocracia y el desinterés de las autoridades nacionales, los gobiernos locales pueden implementar acciones de mitigación y adaptación al cambio climático, en línea con el quehacer de las ciudades globales (World Economic Forum, 2020).

El planteamiento del ciclo hídrico local se realizó con una postura crítica sobre el uso de la tecnología y las grandes obras ingenieriles como panacea a los problemas, que en primera instancia, han sido creados o exacerbados por la misma tecnología. Sobre esta línea, destacamos que la PTAR de Zitlaltepec fue la infraestructura gris mínima para dotar de viabilidad a nuestro proyecto. Prescindir de ella generaría una situación de riesgo para los habitantes de todo el municipio de Zumpango y para las especies que habitan el Lago.

La construcción de vivienda nueva en un municipio con una gran cantidad de viviendas no habitadas no debería de estar exenta de escrutinios. Si bien, el esquema de vivienda propuesto en esta tesis ayuda a mitigar algunas de las ineficiencias y vulnerabilidades derivadas de la urbanización no planeada, no omitimos preguntarnos si este enfoque es más eficiente que hacer un proceso de reacondicionamiento de la vivienda ya existente en San Juan Zitlaltepec. Sin embargo, es interesante la premisa sobre la cual se basa el proyecto de vivienda: la vivienda como elemento urbano fundamental al estar emplazado sobre una "naturaleza inmaculada" distorsiona la dicotomía territorial entre la concepción de lo "urbano" y lo "rural".

Nuestro proyecto busca disolver los límites, en ocasiones, arbitrarios que definen al territorio. Así, la propuesta urbano y paisajística resulta una *gesamtkunstwerk*[1] arquitectónica que hace un despliegue de intervenciones encaminadas a la creación de una mayor coherencia territorial y espacial. En un mundo donde las propuestas urbanísticas todavía apelan a la creación de cinturones verdes en un vano esfuerzo por contener la expansión del suelo urbano, nosotros apelamos a la creación de un nuevo paisaje, donde exista un beneficio mutuo entre elementos antropogénicos y biogeofísicos.

Esta situación de beneficio mutuo y aprovechamiento es la manera en la que nuestra hipótesis de restaurar el territorio a partir de habitarlo y vivirlo se cumple. Si bien los sistemas -incluidos aquellos que se insertan en el territorio- pueden fallar en cascada, especialmente cuando existe una enrevesada interdependencia entre sus elementos, podemos crear también un proceso de regeneración en el que a través de diseños que solucionan problemas simples emerjan, como consecuencia de segundo orden, condiciones más favorables o la solución a problemas no contemplados en primera instancia. Para ejemplificar lo anterior, podemos ver el caso de la laguna de pulimento. Si bien, su función principal es la de dar un post-tratamiento al efluente de la PTAR, otorga otros beneficios como la posibilidad de implementar piscicultura y la creación de un hábitat para especies locales.

Las intervenciones hasta aquí presentadas son apenas una aproximación somera a las acciones que deben ejecutarse para mitigar algunos de los efectos negativos derivados del cambio climático. Nuestra labor como diseñadores no sólo es incidir en la concepción de nuevos mundos, sino participar activamente en el proceso de su implementación, apelando a la razón antes de que la fuerza de los hechos nos obligue a cambiar de opinión.

[1] Término alemán para *"Obra de arte total"*. Hace referencia a un trabajo en el que se involucran distintas ramas del arte. En este sentido nos referimos a la implementación de obras arquitectónicas, paisajísticas y urbanísticas en conjunto y nutrida por perspectivas desde la ingeniería, la geografía y en menor medida, de la gestión integral de riesgos.

Imagen 130. Presentación repentina. Febrero 2020.

Bibliografía

Introducción
Referencias bibliográficas

Agua.org. (2013). Bajan los niveles de agua de la laguna de Zumpango por sequía prolongada. Recuperado el 21 de enero de 2021 de https://agua.org.mx/biblioteca/bajan-los-niveles-de-agua-de-la-laguna-de-zumpango-por-sequia-prolongada-2/

Araiza-Olivares, G. A. (2022). La isla de calor en la Ciudad de México: Un análisis decadal (1950-2010). *Revista Geográfica de América Central*, (69), 415-436.

Armstrong, H. (1999). Design studios as research: an emerging paradigm for landscape architecture. *Landscape Review*, 5-25.

Bélanger, P. (2013). Landscape infrastructure: urbanism beyond engineering. Wageningen University and Research.

Bélanger, P. (2016). Extraction: Exposición canadiense en la Bienal de Venecia 2016. *ARQ (Santiago)*, (93), 124-131.

Bárcena Ibarra, A., Samaniego, J., Peres, W., & Alatorre, J. E. (2020). *The climate emergency in Latin America and the Caribbean: the path ahead–resignation or action?*. ECLAC.

Carleton, T. A. (2017). Crop-damaging temperatures increase suicide rates in India. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 114*(33), 8746-8751.

Diario Oficial de la Federación. (2012). Ley General de Cambio Climático. Publicado el 6 de junio de 2012.

Diario Oficial de la Federación. (2012). Ley General de Protección Civil. Publicado el 6 de junio de 2012.

Ebi, K. L., Anderson, C. L., Hess, J. J., Kim, S. H., Loladze, I., Neumann, R. B., ... & Wood, R. (2021). Nutritional quality of crops in a high CO2 world: an agenda for research and technology development. *Environmental Research Letters*, 16(6), 064045.

Ebi, K. L., Capon, A., Berry, P., Broderick, C., de Dear, R., Havenith, G., ... & Jay, O. (2021). Hot weather and heat extremes: health risks. *The Lancet*, 398(10301), 698-708.

ENCC. (2013). Estrategia Nacional de Cambio Climático. Visión 10-20-40. Gobierno de la República

Fernandez, M. (2021). Study: Extreme heat is becoming an unignorable global health issue. Axios. Consultado el 28 de septiembre de 2022. Disponible en: https://www.axios.com/2021/08/20/extreme-heat-killed-nearly-400000-people-globally

Fischer-Kowalski, M. (1998). Society's metabolism: the intellectual history of materials flow analysis, Part I, 1860–1970. *Journal of industrial ecology*, 2(1), 61-78.

Foster, J. B. (1999). Marx's theory of metabolic rift: Classical foundations for environmental sociology. *American journal of sociology*, 105(2), 366-405.

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA). (2012). Plan estratégico para la recuperación ambiental de la Laguna de Zumpango. Diagnóstico e identificación de retos, problemas, estrategias, objetivos, acciones y proyectos prioritarios.

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2012). *Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation: special report of the intergovernmental panel on climate change*. Cambridge University Press.

_____.(2014). Climate-resilient pathways: adaptation, mitigation, and sustainable development. Climate change, 1101-1131.

_____.(2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, In press, doi:10.1017/9781009157896

Jiménez de Cisneros, R. (2016). Timothy Morton: una ecología sin naturaleza. Centro de Cultura Contemporánea de Barcelona. Consultado el 28 de septiembre de 2022. Disponible en: https://lab.cccb.org/es/timothy-morton-ecologia-sin-naturaleza/

Koolhaas, R. (1995). Whatever happened to urbanism?. *Design Quarterly*, (164), 28-31.

Lake, I. R., I. A. Gillespie, G. Bentham, G. L. Nichols, C. Lane, G. K. Adak, and E. J. Threlfall. (2009). A re-evaluation of the impact of temperature and climate change on foodborne illness. *Epidemiology & Infection*, 137, 1538-1547

Mostafavi, M. (2012). Why ecological urbanism? Why now?. En *Infrastructure Sustainability and Design* (pp. 320-333). Routledge.

Namkung, V. (2022). "Chilli peppers, coffee, wine: how the climate crisis is causing food shortages". *The Guardian*. Consultado el 11 de septiembre de 2022. Disponible en: https://www.theguardian.com/environment/2022/jun/28/climate-crisis-food-shortages

Nijhuis, S., de Vries, J. (2019). Design as research in landscape architecture. *Landscape Journal*, 38(1-2), 87-103.

Panagariya, A. (2008). *India: The Emerging Giant*. Oxford University Press.

Pettorelli, N., & Hoffmann, M. (2022). The policy consequences of defining rewilding. *Ambio*, 51(1), 93-102.

Ruiz-Angulo, A., López-Espinoza, E. D. (2015). Estimación de la respuesta térmica de la cuenca lacustre del Valle de México en el siglo XVI: un experimento numérico. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 67(2), 215-225.

Salas, M., Sotelo, A. (2022). Inundaciones y encharcamientos en la Ciudad de México: Causas, efectos y propuestas de solución. *Biblioteca Básica de las Metrópolis*. Tomo 9. "De una Ciudad en Riesgos a una Ciudad Segura".

Schumacher, E. F. (2011). Lo pequeño es hermoso (Vol. 7). Ediciones Akal.

UNDRR. (2021). Informe de evaluación regional sobre el riesgo de desastres en América Latina y el Caribe. Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNDRR).

Zhang, Y. (2013). Urban metabolism: A review of research methodologies. *Environmental pollution*, 178, 463-473.

Análisis territorial
Referencias bibliográficas

Cruz, Y. 2013, agosto 19. Devuelven vida a Laguna de Zumpango. Reforma.

Climate Data (2021). Temperatura, Climograma y Tabla Climática para Zumpango de Ocampo. Recuperado el 24 de noviembre de 2021. Disponible en: https://es.climate-data.org/america-del-norte/mexico/mexico/zumpango-de-ocampo-49312/

Bélanger, P. (2016). Extraction: Exposición canadiense en la Bienal de Venecia 2016. ARQ (Santiago), (93), 124-131.

García-Luna, Margarita y Pedro Gutiérrez-Arzaluz (1999), Nezahualcóyotl, monografía municipal, México, Instituto Mexiquense de Cultura-Amecrom-Gobierno del Estado.

González Gómez, J.A. (2014). Proyectos políticos e Identidades étnico-comunitarias: el caso de San Juan Zitlaltepec en Zumpango, Estado de México, México. Ponencia en el XXVIII Congreso Internacional de la Región de los Lagos del Valle de México y su Área de Interacción al Suroeste del Estado de Hidalgo.

H. Ayuntamiento del Municipio de Zumpango, Estado de México. (2003). "Manifestación de impacto ambiental modalidad particular del sector hidráulico. Proyecto ecoturístico Laguna de Zumpango".

Hassig, R. Rutas y caminos de los mexicas, Arqueología Mexicana, núm. 81, pp. 54-59

Hoorman, J. J. (2009). Using cover crops to improve soil and water quality. Lima, Ohio: Agriculture and Natural Resources, The Ohio State University Extension. Disponible en: https://ohioline.osu.edu/factsheet/anr-57

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2020). Censo de Población y Vivienda 2020.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2010). Censo de Población y Vivienda 2010.

Jiménez G., Berenice (2021). Evidencias de tecnología hidráulica en el centro de Xochimilco durante el siglo XVI, Arqueología Mexicana, núm. 86, pp. 84-89.

León-Portilla, M. (2000). Los Aztecas: Disquisiciones sobre un gentilicio. Estudios de cultura Náhuatl, (31), 616.

Maldonado Aranda, Salvador. (2005). Efectos perversos de las políticas hidráulicas en México: desagüe residual del valle de México y la creación de un distrito de riego. Nueva antropología, 19(64), 75-97.

Santoyo-Villa E., Ovando-Shelley, E., Mooser, F., León, E., (2005). Síntesis Geotécnica de la Cuenca del Valle de México: México, D.F., México, TGC Ediciones, 171 p.

Valek-Valdés, Gloria (2000). Agua, reflejo de un valle en el tiempo. México. Universidad Nacional Autónoma de México.

Venegas, P. 2019, diciembre 24. Laguna de Zumpango en grave riesgo de desaparecer. El Sol de Toluca.

Proyecto: Paisajes Líquidos
Referencias bibliográficas

Barkham, P. 9 de marzo de 2016. The miracle of Kolkata's wetlands – and one man's struggle to save them. *The Guardian*. Disponible en: https://www.theguardian.com/cities/2016/mar/09/kolkata-wetlands-india-miracle-environmentalist-flood-defence

Bunting, S. W., Pretty, J., & Edwards, P. (2010). Wastewater-fed aquaculture in the East Kolkata Wetlands, India: anachronism or archetype for resilient ecocultures?. *Reviews in Aquaculture*, 2(3), 138-153.

Campos, M. & Ruíz, L. (2019). De la dependencia fiscal a la corresponsabilidad. *México Evalúa*. Consultado el 30 de enero de 2022. Disponible en: https://www.mexicoevalua.org/la-dependencia-fiscal-a-la-corresponsabilidad

Comisión Nacional del Agua. (2015). Diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales: Tratamiento y disposición de lodos. *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento*, Vol. 32.

Comisión Nacional del Agua (2007). Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Lagunas de Estabilización. *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento*, Vol. 27. p. 55. Consultado el 2 de noviembre de 2021. Disponible en: https://files.conagua.gob.mx/conagua/mapas/SGAPDS-1-15-Libro27.pdf

Edwards, P. (2008) An increasingly secure future for wastewater-fed aquaculture in Kolkata, India?. *Aquaculture Asia*, 13.

Environmental Protection Agency. (2018). Polluted Runoff: Nonpoint Source (NPS) Pollution. junio 19, 2020, de A. Sitio web: https://www.epa.gov/nps/nonpoint-source-urban-areas

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2018). Chinampas of Mexico City were recognized as an Agricultural Heritage System of Global Importance. agosto, 13, 2020. Sitio web: http://www.fao.org/americas/noticias/ver/en/c/1118851/

Granados-Sánchez, D., Hernández-García, M. Á., & López-Ríos, G. F. (2006). Ecología de las Zonas Ribereñas Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente, vol. 12, núm. 1, 2006, pp. 55-69 Universidad Autónoma Chapingo Chapingo, México. Revista Chapingo. *Serie ciencias forestales y del ambiente*, 12(1), 55-69.

International Institute for Applied Systems Analysis. (2021). Flood Resilience Measurement for Communities. Consultado el 19 de febrero de 2022. Disponible en: https://previous.iiasa.ac.at/web/models/FRMC/Flood_Resilience_Measurement_for_Communities_.html

Jongman, B., Ellison, G., & Ozment, S. (2019). Nature-Based Solutions for Disaster Risk Management: Booklet.

Lee, G. F., & Jones-Lee, A. (2005). Eutrophication (excessive fertilization). *Water Encyclopedia*, 3, 107-114.

Ramírez, E., Cardoso, L., & López, S. y. (1991). Estudio de factibilidad para el montaje de un sistema de composteo. Informe interno. Jiutepec, Morelos: IMTA

Rivas, Francisco. (2021) Gasto millonario tirado al caño en Puebla y Tlaxcala. *Aristegui Noticias*. 16 de noviembre de 2021. Consultado el 30 de noviembre de 2021. Disponible en: https://aristeguinoticias.com/1611/mexico/gasto-millonario-tirado-al-cano-en-puebla-y-tlaxcala/

Rivera, Alicia. 2020, 7 de agosto. Prioridad conservar la Laguna de Zumpango: Rodríguez. *Milenio*.

Rose, D.G. (1999): Community-Based Technologies for Domestic Wastewater Treatment and Reuse: Options for urban agriculture. *Cities Feeding People Report Series*, 27. Ottawa: International Development Research Center Canada (IDRC)

Scottish Water. (2022). Council Commits to Reduced Carbon 'Food-Print'. Disponible en: https://www.scottishwater.co.uk/About-Us/News-and-Views/2022/04/040522-Deerdykes

SEMARNAT (1997). Norma Oficial Mexicana NOM-003-SEMARNAT-1997.

SEMARNAT (2002) Norma Oficial Mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002.

Tilley, E. Ulrich, L. Luethi, C. Reymond, P. Zurbruegg, C. (2014): Compendium of Sanitation Systems and Technologies. 2nd Revised Edition. Duebendorf, Switzerland: Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology. Consultado el 25 de noviembre de 2021.

Warwick, F., & Charlesworth, S. (2013). Sustainable drainage devices for carbon mitigation. Management of Environmental Quality: An International Journal.

Temporalidad
Referencias bibliográficas

Graham, A., Day, J., Bray, B., & Mackenzie, S. (2012). Sustainable Drainage Systems: Maximising The Potential For People and Wildlife, A Guide For Local Authorities and Developers. United Kingdom.

Rodríguez, Mario. 2021, 13 de julio. Exceso de agua en Presa Madín es canalizada a Zumpango: OCAVM. *Milenio*.

Conclusiones
Referencias bibliográficas

World Economic Forum. (2020). Look to cities, not nation-states, to solve our biggest challenges. Consultado el 16 de febrero de 2022. Disponible en: https://www.weforum.org/agenda/2020/01/cities-mayors-not-nation-states-challenges-climate/

Yu, K., Wang, S., & Li, D. (2011). The negative approach to urban growth planning of Beijing, China. *Journal of Environmental Planning and Management*, 54(9), 1209-1236.

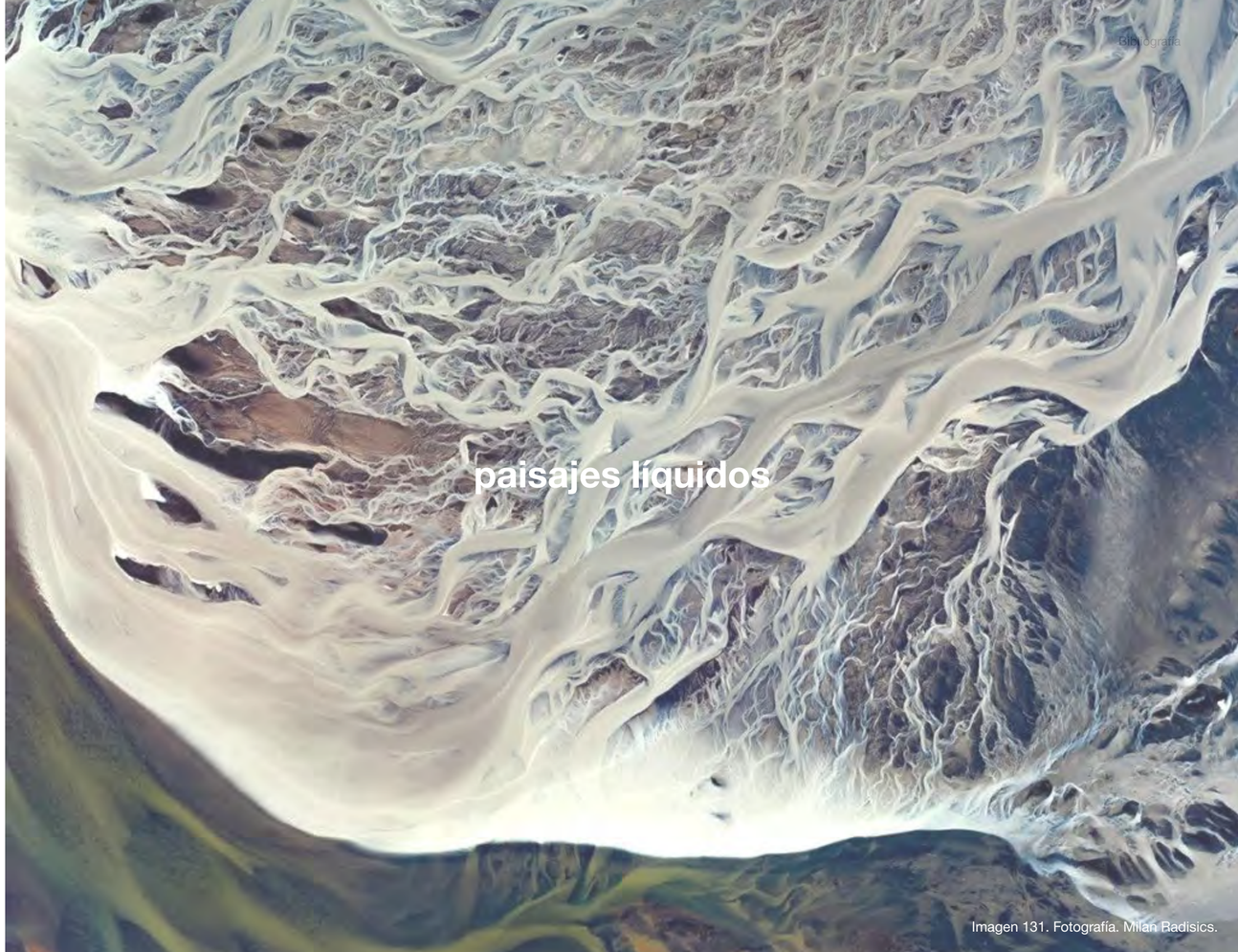


Imagen 131. Fotografía. Milan Badisics.